brockhaus

abc

natur-wissenschaft und technik

ASTRONOMIE · BAUWESEN · CHEMIE · DATENVERARBEITUNG · ELEKTRONIK

FERTIGUNGSTECHNIK · FUNK UND FERNSEHEN · GEOLOGIE · GEOPHYSIK

KYBERNETIK · MASCHINENBAU · PHYSIK · RADAR · RAKETENTECHNIK

RAUMFAHRT · STEUERUNG UND REGELUNG · VERKEHRSTECHNIK U.A.

Brockhaus ABC

Naturwissenschaft und Technik

A-K

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

VORWORT ZUR NEUNTEN AUFLAGE

Seit dem Erscheinen der letzten Auflage dieses Nachschlagewerkes sind sechs Jahre vergangen, in denen sich gerade auf dem Gebiet der Naturwissenschaft und Technik tiefgreifende Veränderungen vollzogen haben und die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung in erhöhtem Maße zur unmittelbaren Voraussetzung des Produktionsprozesses geworden sind. Diese Entwicklung der Wissenschaft zur unmittelbaren Produktivkraft verlangt von allen Werktätigen ein Höchstmaß an Allgemeinwissen und speziellen Kenntnissen und fördert gleichzeitig ein ständig steigendes Informationsbedürfnis breiter Leserkreise, noch tiefer in bestimmte Spezialgebiete einzudringen und sich der Entwicklungsgesetze in Natur und Gesellschaft noch besser bewußt zu werden. In diesem Zusammenhang gesehen soll die vorliegende neunte Auflage des Brockhaus ABC Naturwissenschaft und Technik den Werktätigen unseres Staates helfen, die vor ihnen stehenden großen Aufgaben zu meistern, die sich mit der stürmischen Entwicklung der wissenschaftlich-technischen Revolution für die nächsten Jahre ergeben.

Unter Berücksichtigung der Schwerpunkte, die sich in Wissenschaft und Technik in der letzten Zeit herausgebildet haben, und ausgehend von den prognostischen Einschätzungen hat der Verlag in der vorliegenden Auflage bestimmte Komplexe besonders ausführlich behandelt. Solche Komplexe sind z. B. die Automatisierung und Mechanisierung, die Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik, die Datenerfassung und -verarbeitung, die maschinelle Rechentechnik und die Kybernetik. Unter Berücksichtigung der raschen Fortschritte in der Raketentechnik, der Raumfahrt, der Radartechnik sowie im Fernsehen und unter Berücksichtigung des überaus großen Interesses weitester Kreise für diese Gebiete wurden ferner die entsprechenden Artikel in der neunten Auflage besonders ausführlich gehalten. Auch die Landtechnik wurde erweitert.

In Anbetracht des gewaltigen Umfanges der modernen Naturwissenschaften und der modernen Technik ist sich der Verlag bewußt, daß er in der vorliegenden Neuauflage manches nur in den Grundzügen behandeln konnte und mancher Wunsch offenbleiben wird. Für Hinweise, Ergänzungen und sonstige Anregungen, die der weiteren Vervollkommnung des Werkes dienen, ist der Verlag jederzeit dankbar.

Der Verlag möchte nicht versäumen, den über 250 Fachwissenschaftlern aus Akademie- und Hochschulinstituten, aus den Forschungseinrichtungen der volkseigenen Wirtschaft für ihre Mitwirkung an dieser Auflage, die wie die früheren in enger Zusammenarbeit mit der Verlagsredaktion entstanden ist, aufrichtig zu danken. Besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. Dipl.-Ing. Hans Backe für die Begutachtung des Werkes in vorliegender Fassung.

VEB F. A. BROCKHAUS VERLAG

ABKÜRZUNGEN

Abb.	= Abbildung	Kp.	= Kochpunkt (Siedepunkt)
abg.	= abgekürzt	Kurzz.	= Kurzzeichen
Abk.	= Abkürzung	Lehrb.	= Lehrbuch
Abschn.	= Abschnitt	Lit.	= Literatur
Aufl.	= Auflage	*m*	= Maskulinum
Bd	= Band	*n*	= Neutrum
Bde	= Bände	*Plur.*	= Plural
D.	= Dichte	S.	= Seite
d. h.	= das heißt	*Sing.*	= Singular
d. i.	= das ist	s. u.	= siehe unten
d. s.	= das sind	svw.	= soviel wie
F.	= Fließpunkt (Schmelzpunkt)	Tab.	= Tabelle
f	= Femininum	Taschenb.	= Taschenbuch
GBl	= Gesetzblatt	Tl(e)	= Teile
geb.	= geboren	u. a.	= und andere(s)
gest.	= gestorben	Übers.	= Übersicht
Handb.	= Handbuch	vgl.	= vergleiche
hrsg.	= herausgegeben	v. u. Z.	= vor unserer Zeitrechnung
Jahrb.	= Jahrbuch	Wz.	= Warenzeichen*)
Jh.	= Jahrhundert	z. T.	= zum Teil
Jt.	= Jahrtausend	Ztschr.	= Zeitschrift

*) Das Fehlen dieses Hinweises begründet nicht die Annahme, ein Name sei nicht als Warenzeichen registriert.

HINWEISE FÜR DIE BENUTZUNG

Reihenfolge im ABC. Die Stichwörter sind nach dem Alphabet geordnet. Die Umlaute ä, ö, ü gelten in der alphabetischen Reihenfolge wie die einfachen Buchstaben a, o, u, die Doppelbuchstaben ai, au, äu, ei, eu, ae, oe, ue (auch die wie Umlaute gesprochenen) werden wie getrennte Buchstaben behandelt, ebenso sch, st, sp usw. ß gilt wie ss. So folgen z. B. aufeinander die Stichwörter **Codierung, Coehnsches Aufladungsgesetz, Coelestinblau, cold rubber.** Einem Stichwort vorgesetzte Klein- oder Großbuchstaben sowie griechische Buchstaben bleiben im Alphabet unberücksichtigt. Wörter, die man unter C vermißt, suche man je nach Aussprache unter K oder Z und umgekehrt Wörter, die man unter F vermißt, suche man unter Ph.

Schriftarten. Die Stichwörter sind in **halbfetter Grotesk** gedruckt, Synonyme zum Stichwort (also Wörter, die die gleiche Bedeutung besitzen) und Begriffe, die hervorgehoben werden sollen, in **halbfetter Mediäval.** Zur sachlichen Gliederung der Artikel wird Sperrdruck verwendet, zur Hervorhebung bestimmter Begriffe zum Teil auch *Kursiv* (*Schrägschrift*).

Abkürzungen. Das Stichwort wird im Artikeltext stets mit dem Anfangsbuchstaben abgekürzt. Sonstige Abkürzungen sind aus dem Abkürzungsverzeichnis zu ersehen.

Schreibweise. In vorliegendem Werk wurde bei Wörtern griechischen Ursprungs die Ph-Schreibweise beibehalten, ausgenommen postamtliche Bezeichnungen (Telefon, Telegraf und Zusammensetzungen mit diesen Wörtern). Der Schreibung russischer Namen wurde die Transkription nach Steinitz zugrunde gelegt; so heißt es z. B. Tscherenkow-Strahlung (nicht Čerenkov-Strahlung).

Verweise. Gibt es für einen Begriff ein oder mehrere Synonyme, so steht die Erklärung dazu lediglich unter einer der Bezeichnungen. Die anderen sind an der betreffenden Stelle im Alphabet angeführt; es wird von ihnen aus mit einem Verweispfeil (→) auf das Stichwort verwiesen, unter dem die Erklärung steht, unter Umständen mit dem Zusatz svw. (soviel wie), z. B. **Fertigguß,** svw. → Formguß. Verweise werden ferner gesetzt, wenn bei Erwähnung eines bestimmten Begriffes im Text eines Stichwortes weitere Ausführungen dazu unter einem anderen Stichwort gemacht werden. Oft stellt ein Stichwort einen Oberbegriff für verschiedene andere Begriffe dar. In solchen Fällen werden häufig unter diesem Stichwort die anderen Begriffe mit abgehandelt; an den betreffenden Stellen im Alphabet wird dann jeweils auf den Oberbegriff verwiesen, z. B. **Ottomotor,** ein → Verbrennungsmotor. Bei weniger wichtigen Begriffen ist, um Raum zu sparen, oft auf solche Verweisstichwörter verzichtet worden, insbesondere dann, wenn es sich um Zusammensetzungen mit dem Hauptbegriff handelt. So ist z. B. das Stichwort Analysenquarzlampe nicht vorhanden, dieser Begriff wird unter dem Stichwort Quarzlampe abgehandelt. Kalziumchlorid erscheint nicht unter diesem Stichwort, sondern unter dem Stichwort Kalzium.

Am Schluß wichtiger Artikel werden Literaturangaben gebracht, geordnet nach Autoren. Es wurde nur deutschsprachige Literatur berücksichtigt (einschließlich Übersetzungen).

a, 1) Kurzz. für → Ar. 2) Kurzz. für → Atto. 3) Kurzz. für → Jahr.

A, 1) Kurzz. für → Ampere. 2) im Englischen und Französischen Symbol für → Argon. 3) *A*, Zeichen für → Fläche.

Å, Kurzz. für → Ångström.

Abbauschild, kombinierte Gewinnungs- und Lademaschine, die vor allem im Braunkohlentiefbau eingesetzt wird. Die Kohle wird durch zwei gegenläufige Schrämketten gelöst und auf ein Förderband geladen. Da hinter der Maschine das Hangende zu Bruch geht, ist sie nach hinten durch ein schalenförmiges Stahlschild abgeschlossen. Die Vorwärtsbewegung geschieht mit Hilfe von Winden.

Abbesche Zahl, → Dispersion 1).

Abbildung, 1) Mathematik: im ursprünglichen Sinn die getreue Darstellung räumlicher Gebilde (Körper und Flächen im Raum) in der Ebene, wie sie z. B. für viele Zwecke in der Technik, im Bauwesen, in der Kartographie erforderlich ist. Dieser Begriff der A. wurde wesentlich verallgemeinert und ausgedehnt auf die A.en der Ebene auf sich selbst, des Raumes auf sich selbst und entsprechender höherer Räume auf sich selbst. Anschauliche Bedingungen, wie etwa die, daß der Abstand zweier Punkte des abzubildenden Gegenstandes (Urbilds) der gleiche ist wie der Abstand der ihnen bei der A. entsprechenden Punkte (Unveränderlichkeit oder *Invarianz* des Abstandes gegenüber der A.), wurden durch andere Invarianzbedingungen ersetzt. Allgemein versteht man unter einer A. eine Zuordnung, auf Grund derer jedem Element (Punkt) a einer Menge A ein bestimmtes Element a' einer (anderen oder derselben) Menge A' entspricht; a' heißt das **Bild** des **Urbildes (Originals)** a.

Tritt bei der Zuordnung jedes Element der Menge A' (mindestens einmal) als Bild eines Elements aus A auf, so spricht man von einer A. der Menge A auf die Menge A', andernfalls von einer A. der Menge A in A'. Ist jedem Urbild nur ein Bild zugeordnet, so nennt man die A. *eindeutig*, andernfalls *mehrdeutig*. Hat darüber hinaus jedes Bild nur ein Urbild, so handelt es sich um eine *umkehrbar eindeutige* oder *eineindeutige A*. Zum Beispiel ist die A. der Menge aller natürlichen Zahlen (1, 2, 3, ...) auf die Menge aller geraden Zahlen (2, 4, 6, ...) umkehrbar eindeutig, da jeder natürlichen Zahl n eine gerade Zahl $2n$ zugeordnet werden kann und umgekehrt.

Mit Hilfe einer geeigneten A. ist es möglich, die Untersuchung der Beziehungen zwischen den Elementen einer Menge A zu ersetzen durch das Studium der Verhältnisse zwischen den Elementen einer Menge A', was sich gegebenenfalls als einfacher erweisen kann. So kann man z. B. durch Zentralprojektion eine beliebige Kurve zweiter Ordnung in einen Kreis abbilden.

Die A.en kennzeichnet man im allgemeinen durch die Angabe der durch sie unverändert (invariant) bleibenden Eigenschaften der abzubildenden Menge. So nennt man die A.en einer Ebene oder eines Raumes auf sich selbst, bei denen die Abstände je zweier Punkte unverändert bleiben, → Bewegungen; bleibt dagegen nur das Verhältnis der Abstände je zweier Punktepaare invariant, so spricht man von **affinen A.en** (→ Affinität). Bewegungen und affine A.en bilden je eine Gruppe. Weiteres → konforme Abbildungen; topologische A. → Topologie.

Der Begriff A. ist logisch gleichzusetzen mit den Begriffen → Funktion, → Operator, → Transformation.

2) Optik: die Erzeugung eines Bildes durch einen Spiegel, eine Linse oder ein optisches System. Das Bild entsteht, indem das von einem Punkt P im Dingraum kommende Strahlenbündel durch eine Folge von brechenden oder spiegelnden Flächen an der Stelle P' des Bildraums zu einem Punkt konvergiert. Vom Standpunkt der geometrischen Optik läßt sich ein Strahlenverlauf konstruieren, wobei sich entweder die von P ausgehenden Strahlen oder die Strahlen in ihrer rückwärtigen Verlängerung im Bildpunkt P' schneiden (→ Linse, → Spiegel). Im ersten Fall ist das Bild auffangbar (**reell**, wirklich), im zweiten Fall **virtuell** (scheinbar). Das Verhältnis von Bildgröße zu Gegenstandsgröße heißt linearer **Abbildungsmaßstab** oder **Lateralvergrößerung.**

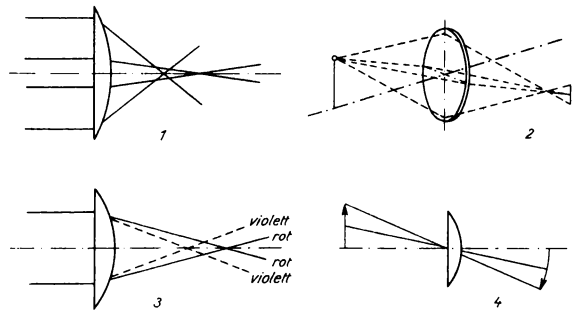
Die Vereinigung der abbildenden Strahlen exakt zu einem Punkt kann streng genommen nicht für alle Punkte des Bildes zugleich erreicht werden (→ Abbildungsfehler). — Die A. eines Raumes erfolgt häufig, z. B. bei der photographischen Kamera, in einer Ebene. Den Bereich der Raumtiefe, innerhalb dessen der Dingraum scharf abgebildet wird, bezeichnet man als Schärfentiefe.

Eine A. kann nicht nur durch Lichtstrahlen, sondern auch durch Elektronenstrahlen mit Hilfe elektronenoptischer Geräte erzeugt werden, → Elektronenoptik.

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

Abbildungsfehler, Aberrationen, die bei der Abbildung durch Linsen oder Linsensysteme auftretenden Fehler. Dabei werden die von einem Dingpunkt ausgehenden Lichtstrahlen nicht streng zu einem Bildpunkt vereinigt. Man unterscheidet folgende A.:

1) **Sphärische Aberration, Öffnungsfehler.** Dieser Fehler tritt in zwei Formen auf: a) Achsenparallele Lichtstrahlen, die in größerem Achsenabstand auf die Linse fallen (Randstrahlen), schneiden sich in einem Punkt, der näher an der Linse liegt als der Schnittpunkt von achsennahen Parallelstrahlen. Man hat also für jede Linsenzone einen anderen Schnittpunkt. Der Fehler läßt sich durch geeignete Zusammenstellung einer Konvexlinse und einer Konkavlinse weitgehend beseitigen (sphärisch korrigiertes System). b) Ein Objektpunkt, der außerhalb der optischen Achse liegt, wird von einem durch den Linsenrand gehenden Strahlenbüschel in größerer Entfernung von der Achse abgebildet als durch ein schmales achsennahes Bündel.



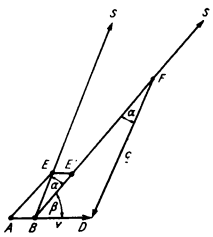
Abbildungsfehler: *1* sphärische Aberration, *2* Astigmatismus, *3* chromatische Aberration, *4* Bildfeldwölbung

2) **Astigmatismus.** Bei Strahlenbündeln, die unter größeren Neigungen gegen die optische Achse auf die Linse treffen, erhält man an Stelle eines Bildpunktes zwei zueinander senkrechte Striche in verschiedenen Abständen von der Linse. Der Astigmatismus wird auch Zweischalenfehler genannt, da bei der Abbildung einer sich senkrecht zur Achse befindlichen Ebene die entstehenden Strichpaare auf zwei verschieden ge-

krümmten, rotationssymmetrischen Hohlflächen (Bildschalen) entstehen. Linsensysteme, bei denen der Astigmatismus beseitigt ist, werden **Anastigmate** (Doppelanastigmate) genannt. Der regelmäßige und unregelmäßige Astigmatismus im menschlichen Auge hat andere Ursachen (→ Brille).

3) **Koma, Asymmetriefehler.** Ein schief gegen die optische Achse auffallendes Strahlenbüschel, das einen großen Öffnungswinkel hat, gibt bei der Abbildung eines Punktes Figuren, die Ähnlichkeit mit einem Kometenschweif haben.

4) **Chromatische Aberration, Farbfehler.** Ein A., der sich aus der Dispersion des weißen Lichtes ergibt. Für blaue Strahlen liegt der Brennpunkt näher an der Linse als für rote Strahlen. Durch Zusammensetzung einer Sammellinse mit einer Zerstreuungslinse aus einem Glas größerer Dispersion läßt sich der Farbfehler für zwei Farben, z. B. Rot und Grün, aufheben. Ein solches Linsensystem bezeichnet man als **Achromat.** Durch kompliziertere Linsensysteme kann man den Farbfehler auch für drei Farben aufheben **(Apochromat).** Die Eigenschaft eines Linsensystems, daß der Farbfehler behoben ist, heißt **Achromasie.**



Aberration (Astronomie)

5) **Bildfeldwölbung.** Das Bild einer ebenen Fläche ist nicht eben, sondern gewölbt.

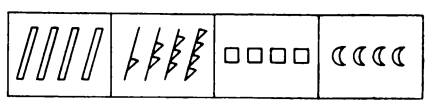
6) **Verzeichnung.** Der Abbildungsmaßstab ist nicht für die gesamte Objektebene gleich. Eine quadratische Figur kann kissenförmig oder tonnenförmig verzerrt sein. Verzeichnung und Astigmatismus bei photographischen Objektiven bewirken → Verzerrungen in den Bildecken.

Es ist nicht möglich, Linsensysteme zu konstruieren, bei denen alle A. streng beseitigt sind. In der Praxis werden die Linsensysteme so zusammengesetzt, daß die A. dem Verwendungszweck entsprechend auf ein erträgliches Maß herabgesetzt werden.

Lit. Brockhaus ABC der Optik (Leipzig 1961).

Abbinden, 1) Baustoffkunde: veraltet für das Erstarren und Erhärten von → Bindemitteln.

2) Hochbau: das Zuschneiden und Anpassen der Konstruktionshölzer einer Balkenlage auf dem Schnürboden sowie das Kennzeichnen der Teile mit römischen Ziffern und Bundzeichen, nach denen die Teile auf dem Bau verlegt oder gerichtet werden.



Bundzeichen

Abblasung, svw. → Deflation.

Abbrand, in der Metallurgie Verlust an Metall, der sich durch Verbrennen, Vergasen, Verspritzen oder Verschlacken ergibt. Formen des A.s sind z. B. die Oxidschicht, die beim Schmelzen von Metallen, besonders von Buntmetallen, auf der Oberfläche der Schmelze schwimmt, oder Oxide, die sich beim Erwärmen unedler Metalle an deren Oberfläche bilden, → Zunder.

Abbund, 1) svw. → Abbinden. 2) Bezeichnung für die zusammengehörenden, abgelängten und zugerichteten Holzteile einer Decken-, Dachkonstruktion, Brücke u. ä.

ABC-Geräte, → Tauchergeräte.

ABC-Waffen, → KBC-Waffen.

Abdampf, aus Kraftanlagen oder Industrieöfen abströmender Dampf, der ungenutzt ins Freie tritt oder zur Verwertung der Restwärme für verschiedene technische Zwecke verwendet wird (→ Abwärme).

Abdampfen, svw. → Eindampfen.

Abdrift, der Winkel zwischen der Kielrichtung eines Schiffes und dem Weg durch das Wasser bzw. der Winkel zwischen der Längsachse eines Flugzeugs und dem tatsächlichen Weg durch die Luft. Die A. entsteht durch seitlichen Winddruck.

ABEG, Abk. für aerodynamisches → Bodeneffektgerät.

Abendpunkt, svw. → Westpunkt.

Aberration, 1) Astronomie: eine durch die endliche Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes und die Bewegung der Erde hervorgerufene scheinbare Verschiebung eines Gestirns in Richtung der Bewegung des Beobachters (Abb.). Ein in Richtung S stehendes Gestirn wird vom Punkt B aus in Richtung S' gesehen, wenn sich der Beobachter in diesem Augenblick mit der Geschwindigkeit $v = BD$ bewegt (Lichtgeschwindigkeit $c = FD$). Wenn der von S kommende Lichtstrahl das Objektiv in E erreicht hat, ist die Lage des Fernrohrs durch EA gegeben. Infolge der Bewegung des Beobachtungsstandpunkts wird das Fernrohr parallel verschoben und nimmt, wenn der Lichtstrahl an das Okular gelangt, die Lage $E'B$ ein, so daß sich der von E nach B laufende Lichtstrahl in jedem Augenblick längs der optischen Achse fortpflanzt.

Für den **Aberrationswinkel** α gilt $\sin\alpha = \frac{v}{c}\sin\beta$ (β = Winkel zwischen Fernrohrachse und Bewegungsrichtung). Da das Verhältnis $v:c$ bei den vorkommenden Geschwindigkeiten v von der Größenordnung 10^{-4} ist, wird der Aberrationswinkel sehr klein.

Gemäß der dreifachen Bewegung der Erde (Drehung um die Rotationsachse, Umlauf um die Sonne, Bewegung mit der Sonne relativ zu den benachbarten Sternen) werden unterschieden die **tägliche A.,** die nur bei sehr genauen Messungen zu berücksichtigen ist, die **jährliche A.** der Fixsterne und die **säkulare A.,** die eine Verschiebung der Sternörter in Richtung auf den Sonnenapex zur Folge hat. Bei Planetenbeobachtungen ist die **Planetenaberration** zu berücksichtigen.

2) Optik: svw. → Abbildungsfehler.

Abfallen, → Segeln.

Abfluß, die Gesamtheit aller Vorgänge, durch die das aus der Atmosphäre als Niederschlag auf die Landoberfläche gelangte Wasser in tiefer gelegene Sammelbecken — insbesondere die Ozeane — zurückkehrt, denen es durch die Verdunstung entzogen wurde. Der A. erfolgt größtenteils durch die Flüsse. Der jährliche Gesamtabfluß auf den Festländern der Erde ist mit etwa 37 000 km³ berechnet worden.

Abflußgebiete der Erde sind die *Einzugsgebiete* der einzelnen Ozeane, d. h. die gegen diese gerichteten Abdachungen der Festländer, vermindert um die abflußlosen Gebiete. Sie werden getrennt durch die *Wasserscheiden,* d. s. mehr oder weniger deutliche Linien im Gelände, von denen aus das Wasser nach verschiedenen Richtungen abfließt. **Abflußlose Gebiete** sind entweder infolge mangelnder Niederschläge gänzlich flußlos, z. B. große Teile der Sahara, oder es sind Gebiete des ariden Klimas, in denen die Flüsse schnell verdunsten, versickern oder ihr Wasser in Binnenseen, den Endseen, sammeln.

Abgas, das bei Verbrennungsvorgängen von flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen in Feuerungsanlagen, Verbrennungskraftmaschinen u. dgl. abgehende heiße Gas, das bereits den größten Teil des Wärmeinhalts für Wärmeenergiezwecke (Wärme, Krafterzeugung) abgegeben hat. Der Wärmerest im A. kann bei ausreichender Temperatur und Menge zum Vorwärmen der Verbrennungsluft oder zur Erzeugung von Dampf und Warmwasser ausgenutzt werden; nicht ausnutzbar ist der Teil des Wärme-

inhalts, der für die Abführung oder den Auftrieb des Abgases bei einer über dem Taupunkt liegenden Temperatur (Vermeidung der Kondensation des Wasserdampfes) benötigt wird.

Die **Abgasturbine** (→ Gasturbinenanlage) verwertet die Wärmeenergie der A.e (Auspuffgase) von Verbrennungsmotoren für den Antrieb eines Turbogebläses, das die Verbrennungsluft vorverdichtet (→ Aufladung).

Abgleichen, in der Funktechnik im engeren Sinne das Einstellen von Widerständen, Kondensatoren oder Spulen auf den richtigen elektrischen Wert. Bei Widerständen geschieht dies im allgemeinen durch dreh- oder verschiebbare Abgriffe, bei Kondensatoren (Trimmer, Drehkondensator) durch Änderung des Abstandes der leitenden Beläge und bei Spulen z. B. durch Einführung von Ferrit-, Metall- oder Massekernen, durch Annäherung von Kurzschlußringen, durch Änderung des Abstandes der einzelnen Windungen oder der gegenseitigen Kopplung von Spulenteilen. Im weiteren Sinne wird der Begriff A. verwendet für die richtige Einstellung der Resonanzfrequenz von Schwingkreisen in einem Empfänger derart, daß sich die geforderten Empfängereigenschaften (z. B. Selektion und Empfindlichkeit) ergeben. Im Unterschied zum → Abstimmen wird der Abgleich vom Herstellerwerk vorgenommen.

Ableiten, → Absinken.

Abgraten, ein Fertigungsverfahren zum Trennen des Grates z. B. von Gesenkschmiedestücken. Es erfolgt mit einem **Abgratschnitt,** bestehend aus Stempel und Schnittplatte.

Abhauen, Abhau, Fallort, ein Grubenbau von Streckenquerschnitt, der in geneigter Lagerstätte von oben nach unten in der Fallinie oder schräg (Schrägabhauen) aufgefahren wird. Unterschied: → Aufhauen.

Abhebung, svw. → Deflation.

Abhitze, svw. → Abwärme.

Abietinsäure, $C_{20}H_{30}O_2$, die wichtigste Verbindung der trizyklischen Diterpene. A. bildet den Hauptbestandteil des Kolophoniums, aus dem sie durch Destillation gewonnen wird (F. 173 bis 175 °C). Verwendet wird sie zur Herstellung von Estern, Lacken, Seifen, Firnissen und Plastwerkstoffen.

Abkanten, ein Biegeverfahren zum gleichzeitigen Biegen von Blechen über die gesamte geradlinige Biegekante. Das A. wird auf einer Abkantpresse oder Abkantmaschine vorgenommen. Bei der **Abkantpresse** (Kurbel- oder hydraulische Presse) liegt das Blech auf dem Abkantgesenk (Biegegesenk) auf und wird durch den Biegestempel in das Gesenk gedrückt. Das Biegegesenk ist meist als Mehrfachwerkzeug mit allseitig ausgearbeiteten Biegeformen ausgeführt, so daß nach Wenden des Gesenkes und Anordnung einer entsprechenden Stempelform ein veränderter Biegewinkel hergestellt werden kann. Bei der **Abkantmaschine** ist das Blech einseitig zwischen Ober- und Unterwange gespannt und wird durch Schwenken der hydraulisch oder mechanisch betätigten Biegewange abgekantet.

Lit. Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951).

Abklingen, in der Physik das allmähliche Verschwinden einer Eigenschaft oder eines Vorgangs, insbesondere der Amplitude einer Schwingung (an gedämpften Schwingkreisen gut zu beobachten) und der Intensität einer Strahlung (z. B. bei der Phosphoreszenz). Die **Abklingungskurve** ist oft eine Exponentialfunktion. Ist z. B. A die Amplitude einer abklingenden Schwingung, so ändert sie sich nach dem Gesetz $A = A_0 \exp. -\frac{t}{\tau}$, wobei exp. = Exponentialfunktion, t = Zeit, τ = Abklingzeit, A_0 = Ausgangsamplitude bei $t = 0$.

Radioaktive Spaltprodukte werden bis zum A. ihrer Strahlungsaktivität in Abklingbehältern aufbewahrt, die z. B. aus rostfreiem Stahl bestehen, um eine Zerstörung des Behälters durch äußere Einflüsse (Feuchtigkeit u. a.) zu verhindern.

Abkühlung, 1) Meteorologie: die zeitliche Abnahme der Temperatur durch a) langwellige Ausstrahlung (→ Strahlung) vor allem der festen Körper, z. B. Erdoberfläche, Dunstschichten, b) Zufuhr kühler Luftmassen, c) **dynamische A. (adiabatische A.),** d. h. A. der Luft bei Druckerniedrigung unter gleichzeitiger Zunahme der relativen Feuchtigkeit. Druckerniedrigung tritt ein bei Druckfall und bei Aufsteigen der Luft. Dabei dehnt sich die Luft adiabatisch aus und kühlt sich bis zur Erreichung von 100 % relativer Luftfeuchtigkeit je 100 m Höhenunterschied um etwa 1 grd ab. Bei weiterer A. kondensiert der Wasserdampf, es bilden sich Wolken, und die Luft kühlt sich bei weiterer Hebung nur noch um etwa $^1/_3$ grd je 100 m ab. Absteigende Luft wird durch den ansteigenden Luftdruck verdichtet und erwärmt sich adiabatisch: *dynamische Erwärmung* (Föhn).

2) Biologie: der Wärmeverlust der Organismen durch Wärmestrahlung, Wärmeleitung und Scheinleitung. Maßgröße ist die **Abkühlungsgröße,** d. i. diejenige Wärmemenge, die die Flächeneinheit eines bestimmten physikalischen Körpers von der Temperatur 36,5 °C (Bluttemperatur) unter Einwirkung meteorologischer Faktoren (Temperatur, Wind, Feuchtigkeit u. a.) in der Zeiteinheit abgibt. Die Abkühlungsgröße wird mit dem Katathermometer oder dem Frigorimeter bestimmt und in $\text{mcal} \cdot \text{cm}^{-2}\,\text{s}^{-1}$ gemessen.

3) physikalische Chemie: → Kühlung.

Ablagerung, Sedimentation, das Absetzen von Gesteinsmaterial, das durch Verwitterung zerstört und durch die Kräfte der Abtragung fortbewegt worden ist, und von Material abgestorbener Organismen, von chemischen Ausfällungen (z. B. Salze) sowie vulkanischen Auswurfmassen. Das Material, das man oft auch selbst als A. oder **Sediment** bezeichnet, wird in der Regel in horizontalen Schichten abgesetzt, und zwar bei nachlassender Transportkraft des Wassers oder Windes zuerst die groben Korngrößen und dann nach und nach die feineren, so daß die A. verschiedene Ausbildung (→ Fazies) zeigt.

Bei den im Meer entstandenen A.en unterscheidet man: 1) **Flachseeablagerungen**: a) litorale (Gerölle, Sand), b) neritische (in kälteren Meeresräumen Sand, Schlick, Mudd, in wärmeren durch Einschaltung kalkschaliger Organismen Kalksand, Kalkschlick, Oolithsand, Riffkalk), c) bathyale (Schlick, Faulschlamm, Glaukonitsand); 2) **Tiefseeablagerungen**: a) hemipelagische (Blauschlick, Grünschlick und -sand), b) eupelagische (Globigerinen-, Pteropoden-, Diatomeen- und in großen Tiefen Radiolarienschlamm sowie Roter Ton). Auf dem Festland lagern 1) Flüsse den aus ihrem Einzugsgebiet mitgebrachten Schutt beim Nachlassen der Transportkraft zu Sandbänken, Schuttkegeln, bei Hochwasser zu Uferwällen, Terrassen und beim Eintreten in stehendes Wasser zu Deltas ab, 2) Gletscher den vom Eis vorwärtsgeschobenen Gesteinsschutt (Geschiebe) zu Moränen, in denen das Gesteinsmaterial im Unterschied zu den anderen A.en ungeschichtet ist, 3) der Wind den mitgeführten Staub und Sand als Löß oder Decksand.

Ablaufberg, bei Rangierbahnhöfen eine Erhöhung, von der aus die Wagen in die einzelnen Richtungsgleise rollen. In Flachbahnhöfen (→ Bahnhof) wird der eingefahrene Zug von einer Rangierlokomotive stetig über den A. vorgedrückt, wobei die vorher abgekuppelten Wagen

infolge der Schwerkraft von selbst ablaufen. Auf Gefällebahnhöfen wird der eingefahrene Zug durch Handbremsen oder durch ferngesteuerte Zulaufbremsen, die kurz vor dem Ablaufpunkt in den durchgehend geneigten Ablaufgleisen liegen, festgehalten. Beim Öffnen der Bremsen überwinden die vorher gestauchten Wagen durch die in den Pufferfedern aufgespeicherten Kräfte den hohen Anlaufwiderstand und laufen selbsttätig ab. Um die überschüssige Laufenergie (bei Gutläufern) zu vernichten, sind → Gleisbremsen erforderlich. Bei größeren Anlagen ermöglichen elektrische Speicherstellwerke, daß jeder ablaufende Wagen durch Befahren von Kontakten an den Schienen selbsttätig die Weichen für den folgenden Wagen stellt. Zur Automatisierung gehört ferner die selbsttätige Geschwindigkeitsregelung. Über den Ablaufweg sind Geschwindigkeitsmeßanlagen und kleine Bremsen verteilt, die den Lauf der Fahrzeuge beeinflussen (geführter Ablauf). Die Steuerung erfolgt mit Hilfe von Rechenautomaten. Zur Regelung der Abdrückgeschwindigkeit werden ferngesteuerte Lokomotiven eingesetzt. Nach Einführung der Mittelpufferkupplung (→ Kupplung) kann der Ablaufbetrieb völlig automatisiert werden.

Lit. Potthoff: Verkehrsströmungslehre, Bd 2 (Berlin 1963).

Ableitung, in der Mathematik 1) der Differentialquotient (→ Differentialrechnung), 2) **A. einer Menge,** die Menge ihrer Häufungspunkte, falls es solche gibt.

Abmaß, → Toleranz.

A-Bombe, Abk. für Atombombe, → Kernwaffen.

Abplattung, bei Himmelskörpern die durch hohe Rotationsgeschwindigkeiten hervorgerufene Abweichung von der Kugelform. Sie wird angegeben durch das Verhältnis der Differenz von Äquator- und Poldurchmesser zu Äquatordurchmesser. A. der Planeten → Planet, Übers.

Abrasion, die durch die Brandung eingeleitete weitgreifende Abtragung von Küsten, an denen das Meer infolge Senkung des Landes oder steigenden Meeresspiegels landeinwärts dringt (Transgressionsküsten).

Abraumförderbrücke (Tafel 20), ein Fördermittel für Tagebaue mit annähernd horizontaler Flözlagerung zum stetigen Transport des Abraums von der Baggerseite zur Kippe (Abb. → Tagebau). Die A. besteht aus einer oder mehreren Brücken in Stahlkonstruktion, einer Hauptbrücke und einer oder mehreren Nebenbrücken als Quer-, Zwischen- oder Zubringerbrücken, in deren innerem Teil ein oder mehrere → Gurtbandförderer angeordnet sind. Die Hauptbrücke ruht auf einer festen und einer beweglichen Stütze, die in Längsrichtung der Brücke verfahrbar ist. Die A. ist mit Fahrwerken (Schienen- oder Raupenfahrwerke) versehen und kann um etwa ±20° um ihre Längsachse schwenken. Die Stützweite zwischen den Stützen kann bis 270 m, die Auslegerlänge bis 190 m betragen. Mit den Nebenbrücken zusammen ergeben sich Gesamtlängen für A.n bis 500 m. Mit A.n können bis etwa 23 000 m³/h transportiert werden.

Abraumpflug, → Tagebau.

Abreißen, → Zerteilen.

Abreißspannung, → Gasentladung.

Abrichten, in der Fertigungstechnik 1) das Formen von Schleifkörperprofilen durch Abtrennen von Schleifkörnern bei umlaufenden Schleifkörpern (Abrichtgeschwindigkeit kleiner als Schleifgeschwindigkeit). Das A. erfolgt mit Abrichtdiamanten oder diamantfreien Abrichtwerkzeugen, z. B. Rollen aus Hartgußstahl.

2) eine Art des → Schabens.

Abscheiden, das Entfernen von flüssigen oder festen Teilchen aus Gasen und Dämpfen oder von festen Teilen aus Flüssigkeiten durch Abscheider unter Ausnutzung von Fliehkraft, Schwerkraft, Stoß, Adhäsion oder elektrischen oder magnetischen Kräften, z. B. bei der Öl-, Teer- oder Staubabscheidung.

Abscheren, das Aufheben des Stoffzusammenhalts innerhalb eines Querschnitts durch Wirkung von Scher- oder Schubspannungen, deren Größen die → Scherfestigkeit des Werkstoffs übersteigen. Das A. kann auch bei Bolzenverbindungen durch Überbeanspruchung der Scherkräfte auftreten. In der Fertigungstechnik wird das A. als Trennverfahren zur Herstellung bestimmter Werkstückformen, besonders bei Blechprofilen, angewendet.

Lit. Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951).

Abschiebung, eine → Verwerfung.

Abschirmung, 1) Funktechnik: a) **künstliche A.,** der Schutz von Bauelementen (z. B. von Schwingkreisen, Röhren oder Transistoren), empfindlichen Geräten oder ganzen Räumen gegen die Einwirkung störender Felder. Man unterscheidet dabei zwischen elektrostatischer und magnetischer A. Bei der elektrostatischen A. verwendet man als Abschirmmaterial vorwiegend dünne Folien aus Nichteisenmetallen, z. B. Kupfer und Aluminium. Bei der magnetischen A. werden ferromagnetische Materialien, z. B. Eisen, benutzt, wobei die Wandstärke größer als die Eindringtiefe des magnetischen Feldes sein muß. Grundsätzlich ist eine A. um so wirksamer, je besser die elektrische bzw. magnetische Leitfähigkeit des Abschirmmaterials ist. Bei hohen Frequenzen und großen Flächen wird vielfach auch Material mit Öffnungen verwendet, z. B. Wabenmaterial und Maschendraht. Dabei muß beachtet werden, daß die Öffnungen sehr klein gegenüber der Wellenlänge sind. b) **natürliche A.,** die Störung der ungehinderten Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen hoher Frequenz (etwa ab Ultrakurzwellen) durch Hindernisse, z. B. Berge und Gebäude.

2) Kerntechnik: → Strahlenschutz.

Abschneiden, ein Fertigungsverfahren zum Trennen eines Körperabschnitts vom Anfangskörper längs einer offenen Trennlinie, eine Form des Scherschneidens (→ Zerteilen).

Abschrecken, das beschleunigte Abkühlen eines metallischen Werkstücks in einem Abschreckmittel (Luft, Öl, Wasser u. a.), um bestimmte Werkstoffeigenschaften, z. B. Härte, Festigkeit, zu erreichen.

Absenk- und Hebe-Anlage, eine Anlage zum Absenken neugebauter oder reparierter Schiffe ins Wasser bzw. zum Trockenstellen von Schiffen für Reparatur u. a. Das Schiff ruht auf mehreren Bühnen, die hydraulisch oder mittels Seilwinden bewegt werden.

Absetzen, Sedimentieren, das mechanische Abtrennen von Feststoffteilchen aus Flüssigkeiten oder Gasen in Eindickern, Dekantierapparaten, Schlammabscheidern oder Staubkammern unter Einwirkung der Schwerkraft bzw. in Zentrifugen oder Zyklonen unter Fliehkrafteinfluß auf Grund der höheren Dichte des Feststoffs. Man bezeichnet diesen Vorgang als **Klären,** wenn man die Flüssigkeit gewinnen oder reinigen will (z. B. → Abwasser), und als **Eindicken,** wenn man den Feststoff gewinnen will.

Absetzer, ein Fördermittel hauptsächlich zum Verkippen, Aufschütten und Absetzen von Schüttgut. Der A. ist auf Schienen- oder Raupenfahrwerken verfahrbar. Sein wesentlichstes Merkmal ist ein bis 180 m langer Ausleger mit einem → Gurtbandförderer. An der Spitze des Auslegers werden die Massen über Kopf abgeworfen. A. sind heute als **Bandabsetzer** ausgeführt, sie übernehmen das abzusetzende Schüttgut von einem Gurtbandförderer oder aus einem Graben mittels einer Eimerkette oder mit einem Schaufelrad. Die Aufnahmegeräte sind mit den Abwurfgeräten vereint zu einem Gerät oder aber

getrennt angeordnet; im letzteren Falle transportieren Zwischen-Gurtbandförderer das Schüttgut vom Aufnahmegerät zum eigentlichen A. Bandabsetzer ohne Aufnahmegeräte erhalten das Fördergut über Gurtbandanlagen und Bandwagen (auf Raupenfahrwerken fahrbare und schwenkbare Zwischen-Gurtbandförderer) direkt zugeführt. A. werden hauptsächlich in Tagebauen zum Auffüllen (Verkippen) des ausgekohlten Raumes mit Abraum eingesetzt, ferner auf größeren Erdbaustellen, z. B. zum Aufschütten von Dämmen. Neuerdings verwendet man A. auch auf großen Lagerplätzen zum Einlagern von Schüttgütern, ferner als Mehrzweckgeräte, bei denen an der Auslegerspitze ein Schaufelrad zum Aufnehmen von Schüttgut angeordnet ist, zum Ein- und Auslagern von Schüttgütern auf Lagerplätzen. Mit A.n können bis 15000 m³/h verkippt werden.

Absinken, in der Meteorologie das Abwärtsströmen von Luft, die sich dabei erwärmt. Dabei bilden sich häufig → Inversionen aus, vorhandene Wolken lösen sich meist auf. Das A. ist überwiegend kleinräumig, wobei die Abwärtsgeschwindigkeit größer oder wesentlich größer als die Horizontalbewegung ist. Im Gegensatz zum A. ist das **Abgleiten** überwiegend großräumig, wobei die Abwärtsbewegung wesentlich geringer als die Horizontalbewegung ist.

absolut, für sich betrachtet, unabhängig. **A.e Höhe,** die Erhebung eines Punktes der Erdoberfläche über das Meeresniveau, → Normalnull. **A.es Maßsystem,** → Einheiten, → Einheitensysteme. **Absolute Temperatur,** vom a.en Nullpunkt (−273,15 °C) gerechnete → Temperatur.

Absolutbetrag, (absoluter) Betrag, Zeichen ||, in der Mathematik 1) der A. einer reellen Zahl, der positive Wert dieser Zahl, z. B. $|+7| = +7$, $|-5| = +5$, $|+3| = |-3| = +3$; 2) der A. (auch Modul) einer komplexen Zahl $a + b\,i$, die reelle Zahl $+\sqrt{a^2 + b^2}$; sie entspricht in der komplexen oder Gaußschen Zahlenebene der Länge des Radiusvektors, der den Abstand des der komplexen Zahl entsprechenden Punkts vom Nullpunkt darstellt; 3) der A. $|\mathfrak{a}|$ eines Vektors $\mathfrak{a}$. Er ist gleich der Länge dieses Vektors: $|\mathfrak{a}| = a$.

absolute Altersbestimmung, svw. → physikalische Altersbestimmung.

absolutes Glied, in einer Gleichung das Glied, das keine Veränderlichen oder Unbekannten enthält, z. B. die Größe c in der Gleichung $ax^2 + bx + c = 0$.

Absonderung, die Zerteilung von Gesteinsmassen in Stücke, wodurch ein Gesteinsgroßgefüge, entweder Primär- oder Sekundärgefüge, entsteht. 1) Bei Ergußgesteinen entsteht Primärgefüge durch die Schrumpfung beim Abkühlen der Gesteinsmasse. Je nach Anordnung der dadurch entstehenden Schrumpfungsrisse ist die A. bankig, dünn- oder dickplattig, kugelig, kissenförmig oder säulig. Das Sekundärgefüge entsteht besonders in Plutonen durch tektonische Vorgänge (Zug-, Druck- und Scherkräfte), die zu Rißbildung führen (→ Kluft). 2) In Sedimentgesteinen ist die Schichtung (→ Schicht) Primärgefüge. Durch verschiedene Eigenschaften (z. B. Härte) der übereinanderliegenden Schichten entsteht bankige A. Das Sekundärgefüge entsteht durch tektonische Vorgänge, wie Klüftung oder Schieferung, oder durch Wasserverlust bei Tongesteinen (Schrumpfungsrisse). Durch unterschiedlichen Verlauf der Gefügeelemente zueinander entstehen verschiedene Absonderungsformen, z. B. polyedrische, parallelepipedische, quaderförmige, plattige oder griffelige A. Die A. ist für die Bearbeitung der Gesteine von Nutzen, weil dadurch massige Gesteine (z. B. Granit) gespalten werden können.

Absorber, → Kernreaktor.

Absorption, 1) Physik: die Schwächung der Strahlungsintensität beim Durchgang durch feste, flüssige bzw. gasförmige Körper. Eine A. findet sowohl bei elektromagnetischen Wellen als auch bei Korpuskularstrahlen statt. Sie beruht z. T. auf einer Umwandlung der Strahlungsenergie in andere Energieformen, wie Wärmeenergie, inneratomare Energie, oder Übertragung von Energie auf Elektronen (eigentliche A.), z. T. auf Richtungsänderung, → Streuung. Im sichtbaren Gebiet und im anschließenden langwelligen Spektralbereich der elektromagnetischen Wellen wird die einfallende Strahlung vorwiegend in Wärme umgewandelt, also in mechanische Energie der Moleküle. Bei höheren Frequenzen, z. B. im Bereich der Röntgen-, Gamma- und Höhenstrahlung, findet A. durch lichtelektrischen Effekt, Compton-Effekt und Paarbildung statt. Beim → lichtelektrischen Effekt wird die absorbierte Energie in kinetische Energie der ausgelösten Photoelektronen verwandelt, beim → Compton-Effekt in kinetische Energie der Compton-Elektronen und bei der Paarbildung in Ruhmasse plus kinetische Energie eines Elektron-Positron-Paares. A. von Korpuskularstrahlen findet z. B. bei der Höhenstrahlung und bei Neutronenstrahlen (→ Kernreaktor) statt.

Das Verhältnis von absorbierter zu auffallender Strahlungsleistung heißt **Absorptionsvermögen (Absorptionsgrad)** im Unterschied zur optischen → Durchlässigkeit.

Bei A. in einer Schicht der Dicke d wird die einfallende Strahlungsenergie E_0 auf den Betrag $E = E_0 \cdot e^{-\mu d}$ geschwächt. Der Faktor μ heißt **Absorptionskoeffizient**; e ist die Basis der natürlichen Logarithmen. Bei A. in Lösungen wächst μ in der Regel proportional der Konzentration (Lambert-Beersches Gesetz). Im übrigen ist μ stark frequenzabhängig. Bei Flüssigkeiten und Festkörpern wächst μ in bestimmten Frequenzbereichen stark an **(Absorptionsbanden)**, während in Gasen A. bei diskreten Frequenzen eintritt, so daß das Spektrum der Strahlung, die durch ein Gas hindurchgegangen ist, eine Reihe dunkler Linien aufweist **(Absorptionsspektrum,** → Spektrum). Im Röntgenabsorptionsspektrum ändert sich der Absorptionskoeffizient sprunghaft **(Absorptionskanten).**

2) physikalische Chemie: → Sorption.

Absorptionsfilter, ein → optisches Filter.

Abspantechnik, → spanende Formung, → Zerspanen.

Absperrorgane, zusammenfassende Bezeichnung für Bauteile zur teilweisen oder völligen Drosselung von Stoffen in Rohrleitungen. Hierzu gehören Ventil, Schieber, Hahn, Drosselklappe u. a. An die A. müssen folgende Forderungen gestellt werden: 1) die Strömung muß sich ständig vollkommen absperren lassen; 2) bei geschlossenem Absperrorgan soll kein Medium mehr durch die Absperrstelle treten; 3) nach völligem Öffnen der Absperrstelle soll der Strömungsvorgang durch das Absperrorgan wenig behindert werden und sich dem Rohrleitungsquerschnitt anpassen.

Abstand, in der Mathematik die Entfernung zweier Punkte voneinander, auch die kürzeste Entfernung einer Geraden oder einer Ebene von einem Punkt. Unter Zugrundelegung eines rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystems ergibt sich für den A. zweier Punkte P_1 und P_2 der Ebene mit den Koordinaten x_1, y_1 und x_2, y_2 der Wert $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$.

Allgemein versteht man unter dem A. zweier Punktmengen A und B im Raum die untere Grenze der Abstände der Punkte aus A von den Punkten aus B. Beispiel: Besteht die Punktmenge A aus dem einen Punkt P, während B eine Gerade g ist, so ist der A. des Punktes P von der Geraden g die Länge des Lotes von P auf g.

Abstechen, 1) Fertigungstechnik: ein Verfahren zum Abtrennen von Stücken bestimmter Länge von Stangen oder Rohren mit Hilfe eines Stechmeißels. Es wird auf normalen Drehmaschinen ausgeführt oder auf besonderen **Abstechmaschinen,** die ähnlich aufgebaut sind, jedoch kein Bett und keinen normalen Werkzeugschlitten aufweisen. Abstechmaschinen für dünnwandige Rohre haben ein oder zwei am Spindelstock angebrachte und somit umlaufende Stechmeißel. Bei Abstechmaschinen für dickwandige Rohre und für Stangen stehen die Werkzeuge still, und das Werkstück dreht sich. Die Maschinen sind meist mit stufenlos regelbarem Antrieb ausgerüstet, um die Schnittgeschwindigkeit während des Schnittes konstant zu halten. Zum Teil ist ein weiterer Meißel angebracht, der zum Anfasen der Rohre oder Stangen dient.

2) Metallurgie: svw. → Abstich.

Abstich, 1) das Ablassen (Abstechen) der Schmelze aus metallurgischen Öfen durch Öffnen des Abstichlochs.

2) eine Öffnung an metallurgischen Öfen zum Ablassen, z. B. des flüssigen Eisens (**Eisenabstich**) und/oder der flüssigen Schlacke (**Schlakkenabstich,** Tafel 26).

Abstimmanzeige, eine vorwiegend bei Empfängern benutzte Einrichtung, die die richtige Abstimmung auf die gewünschte Senderfrequenz vorzugsweise auf optischem, aber auch auf akustischem und mechanischem Wege zur Anzeige bringt. Am gebräuchlichsten ist die → Abstimmanzeigeröhre.

Abstimmanzeigeröhre, eine Elektronenröhre, bei der Elektronen — durch Steuerstege abgelenkt — auf einen Leuchtschirm auftreffen und dabei ein grünliches Leuchten verursachen. Aus der Größe des Leuchtbildes läßt sich auf die Höhe der anliegenden Spannung schließen. Je nach Form des Leuchtschirmes spricht man z. B. vom *Magischen Auge, Magischen Fächer* oder *Magischen Strich.* A.n dienen z. B. in Rundfunkempfängern zur genauen Abstimmung auf einen Sender, in Tonbandgeräten zur Aussteuerungskontrolle und in der Meßtechnik als Nullindikator.

Abstimmen, in der Funktechnik das Einstellen eines Empfängers, Senders oder einer Antenne auf die gewünschte Frequenz. Im Unterschied zum → Abgleichen wird dieser Vorgang vom Benutzer ausgelöst. Im allgemeinen wird zuerst eine Grob-, dann die Feinabstimmung vorgenommen. Das A. kann sowohl von Hand (Schalter, Regler in Form von Bedienungsknöpfen) als auch automatisch (durch Motoren bzw. Röhren- oder Halbleiterschaltungen) erfolgen. Eine Zwischenstellung nimmt die **Tastenabstimmung** ein, wo eine Anzahl vorgewählter Frequenzen mechanisch oder elektrisch gespeichert ist und z. B. durch Druck auf eine Taste eingeschaltet wird.

Abszisse, eine der → Koordinaten.

Abteufen, das Herstellen eines → Schachts von oben nach unten. Unterschied: → Hochbrechen.

Abtragen, eine Gruppe von Fertigungsverfahren (→ Trennen) zur Änderung der Werkstückgestalt durch nichtmechanische Wirkmedien. Vorwiegend durch chemische, elektrische, thermische oder elektrochemische Einwirkungen werden kleine Stoffteilchen vom Werkstück gelöst. Verfahren des A.s sind Brennschneiden, Schmelzsägen, Elektroerodieren, Ätzen, Elysieren, Strahlungsabtragen (z. B. durch Elektronen- oder Laserstrahlen).

Abtragung, eine auf die Einebnung der Oberflächenformen des Festlandes hinwirkende Massenverlagerung des durch die Verwitterung aufbereiteten Gesteinsmaterials durch Schwerkraft, Wind (→ Deflation), Wasser (→ Erosion, → Brandung) und Eis (→ Gletscher). Eine flächenhafte A. und die sich daraus ergebende Einebnung der Erdoberfläche wird als **Denudation** bezeichnet.

Abtreiben, svw. → Treibarbeit.

Abtrieb, die in einer Maschine erzeugte oder in einem Getriebe umgeformte und in seinem Endglied, dem **Abtriebsglied,** wirksam werdende **Bewegung oder Kraft.** Bei Kurbelgetrieben ist das Abtriebsglied oftmals eine sich um einen festen Drehpunkt bewegende → Schwinge. **Abtriebswelle,** eine Welle in einem Getriebe oder in einer Arbeitsmaschine, von der ein Drehmoment abgenommen wird. Gegensatz: → Antrieb.

Abwärme, Abhitze, die aus Kraftanlagen oder Industrieöfen abströmende Wärme (Abdampf und Abgas), die für verschiedene technische Zwecke ausgenutzt wird. Auf Grund des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre kann jede Wärmekraftmaschine nur einen Teil der im Brennstoff zugeführten Wärme in mechanische Energie umwandeln, der Rest muß als A. an die Umgebung abgegeben werden. Durch geeignete Schaltung der Kraftmaschine (→ Dampfturbine) wird erreicht, daß die A. mit einer für die verschiedenen technischen Zwecke benötigten genügend hohen Temperatur anfällt.

In Industriebetrieben dient die A. zum Heizen, Kochen, Trocknen, Eindampfen u. a. Die Heizkraftwerke, die in steigendem Maße zur Fernwärmeversorgung dicht besiedelter Großstadtviertel errichtet werden, erzielen eine besonders günstige Ausnutzung der Brennstoffe, da sowohl elektrische Energie als auch Wärme abgegeben wird. Bei Lokomotiven wird der Abdampf zur Zugheizung benutzt. An jeder größeren Kesselanlage wird die A. aus den Kesselabgasen in einem Ekonomiser zur Vorwärmung des Speisewassers verwertet, in großen Anlagen außerdem zur Gewinnung von Warmluft für die Verbrennung im Luftvorwärmer. Die heißen Abgase des Verbrennungsmotors erwärmen in einem Wärmeaustauscher Luft, die dann zur Beheizung von Kraftwagen dient. Über die Brüdenverwertung → Brüden.

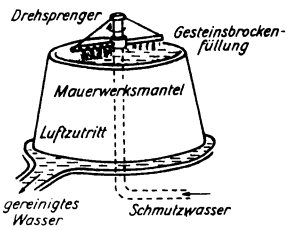
Lit. Schlicke: Abwärmeverwertung in Industrie und Wirtschaft (Leipzig 1950); Semjonenkow: Abwärmeverwertung (dtsch Leipzig 1954); → Wärmewirtschaft.

Abwasser, ein durch häuslichen, gewerblichen oder industriellen Gebrauch mit chemischen Schmutzstoffen angereichertes und in seiner physikalischen und biologischen Beschaffenheit nachteilig verändertes Wasser.

A. kann sowohl anorganische, organische als auch gemischt anorganisch-organische Schmutzstoffe enthalten. Die Untersuchung von *anorganisch* verunreinigten Abwässern zur Beurteilung ihres Verschmutzungsgrades ist mit Hilfe der üblichen chemischen quantitativen Analysenverfahren möglich. Bei der Untersuchung eines *organisch* verschmutzten Wassers kann — abgesehen von einigen speziellen Methoden, z. B. der Chromatographie — nur eine komplexe Bestimmung erfolgen. Der *chemische Sauerstoffbedarf* eines Wassers wird meist durch seinen Verbrauch an Permanganat oder Dichromat ermittelt. Zur Bestimmung des *biochemischen Sauerstoffbedarfs* (abg. BSB) wird eine bestimmte Abwassermenge einer genau bemessenen, sauerstoffgesättigten Wasserprobe zugeführt, die adaptierte Bakterien enthält. Die gegen Luftsauerstoffzutritt abgeschlossene Wasserprobe wird in einer Flasche bei einer konstanten Temperatur von 22 °C bebrütet. Die in der Probe enthaltenen Bakterien „verbrennen" die Schmutzstoffe unter Zuhilfenahme des gelösten Sauerstoffs der Probe je nach Abbaubarkeit. Nach einer bestimmten Zeit, meist nach 5 Tagen, wird der BSB (in diesem Fall als BSB_5 bezeichnet) in mg/l aus dem Differenzbetrag zwischen ursprünglichem und verbliebenem Sauerstoffgehalt unter Berücksichtigung der angewandten Wassermenge ermittelt und danach der Grad der Ver-

schmutzung festgestellt. Eine andere, vom BSB_5-Wert abgeleitete Bezugsgröße ist der *Einwohnergleichwert*. Man versteht darunter diejenige biochemisch abbaubare Schmutzstoffmenge — bemessen nach der Menge biochemischen Sauerstoffbedarfs in Tagen —, die von einem Einwohner täglich erzeugt wird. Der Einwohnergleichwert „1" entspricht einer Schmutzmenge, die zu ihrem biochemischen Abbau in 5 Tagen 54 g BSB benötigt.

Die **Abwasserreinigung** erfolgt nach physikalischen, chemischen und biochemischen Verfahren. Zu den *physikalischen* Verfahren gehören Absetzvorgänge, Schwimmstoffabscheidung (z. B. Flotation), Eindampfen von Abwässern, Verbrennen von Abwasserinhaltsstoffen, Ausfrierverfahren, Extraktion, Elektrolyse- und Elektroosmose-Verfahren u. a. Zur *chemischen* Reinigung von A. mit vorwiegend anorganischen Bestandteilen werden Oxydations- und Adsorptionsverfahren verwendet. Als Oxydationsmittel eignen sich Luftsauerstoff, Chlor, in besonderen Fällen Ozon. Gelöste anorganische Bestandteile, wie Eisen, Chrom, werden durch Fällung mit Kalk, Natriumhydroxid oder Soda beseitigt. Zur Reinigung von Abwässern mit vorwiegend organischen Bestandteilen werden neben chemischen und physikalischen Reinigungsverfahren vorwiegend *biochemische* Verfahren angewendet. Beim *Tropfkörperverfahren* werden gut durchlüftete Rundbehälter (hierzu zählen auch die



Tropfkörper

20 m hohen Turmtropfkörper) mit Schlacke oder Lavatuffbrocken oder ähnlichen porösen Materialien gefüllt. Während diese Tropfkörperfüllung von oben mit A. berieselt wird, bildet sich auf den Brocken ein biologischer Rasen, der die Abwasserinhaltsstoffe abbaut. Beim *Belebungsverfahren* (*Schlammbelebungsverfahren, Belebtschlammverfahren*) erfolgt eine Reinigung der Abwässer durch belebte Flocken. Die organischen Abwasserinhaltsstoffe werden dabei in eine grobdisperse Form gebracht und lassen sich anschließend in Absetzanlagen (z. B. *Emscherbrunnen, Dortmundbrunnen*) durch Sedimentation vom gereinigten A. abtrennen. Die gereinigten Abwässer kann man auf großen Flächen verrieseln (→ Rieselfeld) oder in die angrenzenden Vorfluter einleiten. In Faulkammern oder Behältern werden Abwasserschlämme oder häusliche Abwässer unter Luftabschluß bei Temperaturen zwischen 30 und 35 °C in schwach alkalischem Medium mit Hilfe bestimmter Bakterienarten zersetzt und damit gereinigt, wobei erhebliche Mengen Methangas gewonnen werden können, das zum Betrieb des Faulprozesses verwendet wird und als Treibgas für Motoren dient (*Wertstoffgewinnung*).

Abwasserschäden werden durch nicht oder nur ungenügend gereinigtes, eingeleitetes A. mittelbar oder unmittelbar hervorgerufen. Wiederholt sind durch → Infiltration von A. nachteilige Einwirkungen auf die Grundwasserqualität beobachtet worden, so daß die Wasserversorgung größerer Städte mit einwandfreiem Trinkwasser gefährdet war. Unmittelbare Abwasserschäden sind Korrosion, Geruchsbelästigungen, Schaumbildung. Häufig vertretene Abwassergiftstoffe sind z. B. Zyanide, Schwefelwasserstoff, Phenole, Ammoniak, Detergenzien, Chlor, radioaktive Abfallstoffe, Kupfer-, Chrom-, Kadmium- und Bleisalze. Sauerstoffmangel wird hervorgerufen durch Eiweiß, Alkohole, Zucker, bestimmte Phenole, Aldehyde, Fettsäuren, Sulfide, Sulfite, Nitrite.

Abweitung, → Länge 1).

abwickelbare Fläche, eine Fläche, die sich in eine Ebene abwickeln läßt, d. h. die, ohne Falten oder Risse zu bilden, auf eine Ebene ausgebreitet werden kann. Zum Beispiel lassen sich ein Kegelmantel oder ein Zylindermantel in eine Ebene abwickeln. Nicht abwickelbar in eine Ebene ist z. B. die Oberfläche einer Kugel. Die längentreue Abbildung eines krummen Flächenstücks auf eine Ebene ist nur möglich, wenn es sich um eine a. F. handelt; dagegen weist z. B. jede topographische Karte der Erdkugel Längenverzerrungen auf.

abyssal, abyssisch, auf große Tiefen, insbesondere die Tiefsee, bezüglich.

Abziehen, 1) Fertigungstechnik: 1) in der Metallbearbeitung ein Verfahren zum Abtrennen von schartigen Graten an metallischen (Schneid-)Kanten. Es erfolgt mittels feinkörniger, stabförmiger **Abziehsteine.** Abziehsteine, die zum A. mit Öl benetzt werden, bezeichnet man als Ölsteine.

2) in der Holzbearbeitung das Glätten von Hartholzoberflächen, z. B. Parkettfußboden, von furnierten und lackierten Holzoberflächen durch spanabhebendes Bearbeiten mit gerader Schnittbewegung mit der Ziehklinge.

2) Textilchemie: svw. → Entfärben.

Abzweigung, bei elektrischen Leitungen die Verbindung verschiedener Leitungswege. Der A. von Innenleitungen zur Steckdose oder Lampe dient die **Abzweigdose,** für Verlegung auf Putz werden in trockenen Räumen Dosen aus Preßstoff, in feuchten Räumen aus Sonderpreßstoff oder Gußeisen, für Verlegung unter Putz meist Dosen aus Preßstoff oder verbleitem Stahlblech verwendet. Der Deckel ist abnehmbar, die Verbindung der Leitungen wird über Kontaktplatten durch Klemmen und Kontaktschrauben hergestellt. Kabel werden in **Abzweigmuffen** abgezweigt, d. s. zweiteilige, hohle gußeiserne Verschlußstücke in T-Form, die nach Verschrauben beider Hälften mit Isoliermasse ausgegossen werden. Für starke Kabel und den Anschluß zahlreicher A.en an einer Leitungsstelle benutzt man **Abzweigkästen.**

Ac, Symbol für → Aktinium.

ACC, → Flugsicherung.

Achat, eine Varietät des → Quarzes.

Acheson-Verfahren, → Graphit.

Achroit, eine Varietät des → Turmalins.

Achromasie, 1) die Freiheit von Farbfehlern bei optischen Systemen, → Abbildungsfehler. 2) beim menschlichen Auge die Farbenfehlsichtigkeit, d. h. das Unvermögen, bunte Farben wahrzunehmen.

Achromat, ein Linsensystem, dessen Farbfehler für zwei Farben beseitigt ist, → Abbildungsfehler.

Achsdruck, svw. → Achslast.

Achse, 1) allgemein: Symmetrie-, Mittellinie, gedachte Gerade des Raumes, um die alle Teile einer Figur oder eines Körpers symmetrisch angeordnet sind oder die bei einer Drehung fest bleibt (**Drehachse** in der Mechanik), z. B. Erdachse.

2) Mathematik: eine besonders ausgezeichnete Gerade, z. B. die Koordinatenachse, die Symmetrieachse.

3) Optik: **optische A.,** bei optischen Instrumenten die Verbindungsgerade durch die Krümmungsmittelpunkte der Linsen und Hohlspiegel. In der Kristalloptik versteht man unter A. diejenige

Richtung in einem doppelbrechenden Kristall, in der ordentlicher und außerordentlicher Strahl zusammenfallen; → Doppelbrechung.

4) Kristallographie: **Kristallachse,** → Kristall.

5) Technik: ein Maschinenelement, auf dem sich umlaufende oder schwingende Maschinenteile (Räder, Rollen, Hebel) abstützen. Im Gegensatz zur Welle überträgt die A. kein Drehmoment; sie wird vorwiegend auf Biegung beansprucht. Bei der **umlaufenden A.** ist das von ihr zu tragende Maschinenteil fest mit ihr verbunden und dreht sich mit ihr, wobei die Achszapfen in am Gestell befestigten Lagern laufen, z. B. bei Eisenbahnwagenachsen. Bei der **feststehenden A.** dreht sich das von ihr zu tragende Maschinenteil auf dem Achszapfen, während die A. selbst am Gestell befestigt ist, z. B. bei Fuhrwerks- und Kraftwagenachsen.

Achsschenkel sind die bei der Kraftwagenvorderachse schwenkbar mit der eigentlichen A. über **Achsgabeln** verbundenen **Achszapfen.** Unter **Achsstand** versteht man den Abstand der am weitesten voneinander entfernten Radachsen eines Fahrzeuges. Über **Achssturz** → Sturz.

Lit. Bauer, Schneider, Kaltofen: A.n, Wellen, Lager, Kupplungen (4. Aufl. Leipzig 1964).

Achshalter, Maschinenteil zur Verhinderung der Drehbewegung zylindrischer, meist nur kurzer Achsen, die in Blechen oder Profilstählen gelagert sind. Anwendung z. B. bei Laufradachsen in der Fördertechnik.

Achslast, bei einem Fahrzeug der Anteil der Gesamtmasse, der auf jede Achse entfällt, besonders wichtig bei den Treibrädern von Kraftfahrzeugen und Lokomotiven. Je größer die A., um so größer die Reibungskraft (→ Reibung) zwischen Rad und Fahrbahnoberfläche (Kraftschluß mit Straße oder Gleis), um so größer daher die vom Rad auf die Fahrbahn übertragbaren Kräfte (Trieb-, Brems-, Spurhaltungskräfte). Anderseits darf die A. mit Rücksicht auf die Tragfähigkeit der Fahrbahn oder des Gleisunterbaues vorgeschriebene Höchstwerte (Achshöchstlasten) nicht überschreiten. Diese betragen bei Kraftfahrzeugen bis 9 Mp, bei den europäischen Eisenbahnen z. Zt. 21 Mp für Hauptstrecken.

Achsmotor, eine Antriebsart elektrischer Triebfahrzeuge, bei der der Anker des Fahrmotors entweder direkt auf der Achswelle oder auf einer diese umschließenden Hohlwelle sitzt. Dadurch erübrigt sich ein Getriebe. Je Achse kann jedoch nur eine geringe Leistung untergebracht werden, die Ausnutzung des Motors ist bei den heute üblichen Geschwindigkeiten schlecht. Der A. hat daher im modernen Triebfahrzeugbau keine Verbreitung gefunden.

Achszähler, in der Eisenbahnsicherungstechnik eine Vorrichtung an Gleisen, die auf mechanischem, optischem oder elektrischem Wege die Fahrzeugachsen zählt, die über einen bestimmten Punkt des Gleises hinwegrollen. Der moderne **magnetische A.** wird so neben der Schiene angeordnet, daß der Radkranz zwischen dem A. und dem Schienenkopf hindurchrollt. Dadurch ändern sich Größe und Richtung des Magnetfeldes, und ein Kontakt schließt. A. können z. B. zur → Gleisfreimeldung ausgenutzt werden, indem die Anzahl der Achsen, die in einen Streckenabschnitt hineinfahren, gezählt, eingespeichert und automatisch verglichen wird mit der Zahl der Achsen, die den Abschnitt wieder verlassen.

Achter, in der Nachrichtentechnik die Zusammenschaltung zweier → Vierer zu einem neuen Stromweg im Telegrafenbetrieb. Der A. besteht aus acht einzelnen Adern.

Ackerschiene, → Anbausystem.

Ackerschlepper, → Traktor.

Ackerstriegel, → Egge.

Acraminfarbstoffe, Wz. (DDR), Pigmentfarbstoffe der Anthrachinonreihe. Die A. werden mit Hilfe eines Kunstharzbindemittels auf Textilgewebe fixiert. Auf Baumwoll-, Woll-, Chemiefasergewebe u. dgl. ergeben sie einen vorzüglichen Farbdruck hoher Wasch- und Lichtechtheit.

ACTH, Abk. für Adrenokortikotropin, → Hormone.

Adamsachse, eine Laufachse für Lokomotiven, die seitenverschieblich ist und dabei eine Drehung vollführt, so daß sie sich in Gleiskrümmungen radial einstellt. Anwendung bei beschränkten Raumverhältnissen, z. B. hinter der Feuerbüchse, wo Drehgestelle nicht möglich sind. Bei höheren Geschwindigkeiten eignet sich die A. nicht als führende Achse.

Adamsit, Deckbezeichnung für als chemischer Kampfstoff verwendetes Phenarsazinchlorid, ein Nasen-Rachen-Reizstoff.

Adaptation, Anpassung, insbesondere die des Auges an Änderungen der Helligkeit der wahrgenommenen Umgebung. Sie erfolgt durch Umschalten von den auf verhältnismäßig hohe Beleuchtungsstärken ansprechenden lichtempfindlichen Elementen der Netzhaut, den Zapfen, auf die bei sehr niedrigen Beleuchtungsstärken wirksamen, hochempfindlichen Stäbchen und umgekehrt, durch Empfindlichkeitsveränderungen der Zapfen und Stäbchen, durch Zusammenschluß oder Trennung in der nervlichen Ableitung der Stäbchen sowie durch Erweiterung oder Verengung der Augenpupille.

Adapter, 1) Phototechnik: ein Zusatzgerät zu photographischen Kameras, das die Verwendung von Platten bei Rollfilmkameras oder von Rollfilmen bei Plattenkameras ermöglicht. Der A. erlaubt auch die Verwendung eines andersformatigen Films und wird meist an der Rückwand der Kamera angesetzt. **Mattscheibenadapter** enthalten eine Mattscheibe und ermöglichen die Schärfeneinstellung auf dieser.

2) Funktechnik: ein Hilfsgerät zur leichten Prüfung und Überwachung einer Funkanlage, ohne Eingriffe in das Gerät vornehmen zu müssen, z. B. Zwischensockel zur Messung der Ströme einer Elektronenröhre.

Adcock-Antenne, → Funkpeiler.

Addition, 1) Mathematik: eine der vier Grundrechenarten; in der Elementarmathematik das Zusammenzählen **(Addieren),** z. B. $5 + 3 = 8$, allgemein: $a + b = c$. a und b bezeichnet man als *Summanden*, c als die *Summe* von a und b. Für die A. gelten das → Kommutativgesetz und das → Assoziativgesetz. Die aus der A. durch Umkehrung entstehende Rechenart ist die → Subtraktion.

Die A. ist in der Mathematik nicht auf die Verknüpfung von Zahlengrößen beschränkt, man definiert z. B. auch eine A. von → Vektoren.

2) organische Chemie: der Zusammentritt zweier Moleküle zu einer neuen Verbindung, wobei mindestens ein Reaktionspartner ungesättigt sein muß. In der Technik sind solche Reaktionen von großer Bedeutung, z. B. in der → Azetylenchemie und bei der Fetthärtung. Entstehen bei der A. Makromoleküle, so spricht man von → Polyaddition oder → Polymerisation.

Additionstheorem, in der Mathematik eine Formel, die es ermöglicht, die Funktion einer Summe zweier Argumente $f(x_1 + x_2)$ mit den Funktionen der einzelnen Summanden $f(x_1)$, $f(x_2)$ auszudrücken: $f(x_1 + x_2) = F[f(x_1), f(x_2)]$. Zum Beispiel besitzen die trigonometrischen Funktionen A.e (→ Trigonometrie).

Additives, Stoffe, die man in sehr geringen Mengen Mineralölprodukten aller Art zusetzt, um deren unerwünschte Eigenschaften abzuschwächen oder erwünschte zu verstärken. Am bekanntesten unter den A. ist das Bleitetraäthyl $Pb(C_2H_5)_4$, das die Oktanzahl von Vergaserkraftstoffen erhöht.

Vor allem auf dem Schmierölgebiet wurden in den letzten Jahren zahlreiche A. entwickelt: 1) **Oxydationsinhibitoren (Antioxydanzien)**, die die Autoxydation von Schmiermitteln unterbinden oder verzögern sollen. Weite Verbreitung hierfür haben Dialkyldithiophosphate für Motorenöle und 2,6-Di-tert.butyl-p-kresol für Turbinen-, Schalter- und Transformatorenöle gefunden; 2) **DD-Additives (Detergents-Dispersants)**, die Ablagerungen von Ruß und hochmolekularen Alterungsprodukten als Lack oder Ölkohle auf Zylinderwandungen, Kolbenboden und Kolbenringen verhindern sollen. Vor allem Salze der Alkylarylsulfonsäuren erfüllen diesen Zweck; 3) **HD-Additives (heavy-duty-Additives)**, die ähnliche Aufgaben wie die DD-Additives zu erfüllen haben. Sie werden für schwer belastete Motoren, vor allem beim Betrieb mit stark schwefelhaltigen Dieselkraftstoffen, verwendet; 4) **Stockpunkterniedriger**, die bei tieferen Temperaturen in Schmierölen das Entstehen von Paraffinkristallen verhindern sollen. Diese Paraffinkristalle umhüllen die Ölbestandteile, so daß schließlich das gesamte Öl vorzeitig zum Erstarren kommt. Hochalkylierte Naphthalinderivate aus Chloralkanen und Naphthalin (Paraflow) sind hierfür besonders geeignet; 5) **Viskositäts-Temperatur-Verbesserer**, die dem mit steigender Temperatur einsetzenden störenden Viskositätsabfall der Schmieröle entgegenwirken. Geeignet hierfür sind hochpolymere Verbindungen, z. B. Polyisobutylen; 6) **EP-Additives (extreme-pressure-Additives)**, die Getriebeölen beigefügt werden. Sie sind zumeist durch einen hohen Schwefel- oder Phosphorgehalt gekennzeichnet. Beim Einsatz in schwerbelasteten Getrieben wird durch den Schwefel- oder Phosphorzusatz ein Sulfid- oder Phosphidfilm an den Metalloberflächen ausgebildet, der ein Festfressen beider Flächen verhindert.

Lit. → Kraftstoffe.

Adermin, Vitamin B_6, → Vitamine.

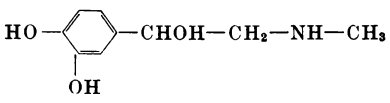
Adhäsion, das Haften von Stoffen aneinander, z. B. der Kreide an der Tafel, des Wassers an eingetauchten Gegenständen und das Aufeinanderhaften zweier Glasscheiben. Die A. beruht auf Kräften, die die Moleküle verschiedener Stoffe aufeinander ausüben, wenn sie sich sehr nahe kommen. Sie wird ausgenutzt beim Auftragen von Anstrichschichten auf den zu schützenden Untergrund, beim Verkleben von Klebern, Kitten, Leimen, beim Aufbringen von Druckfarben auf Papier u. ä. Unterschied: → Kohäsion.

Adiabate, → Zustandsänderung.

Adipinsäure, $HOOC-(CH_2)_4-COOH$, eine Dikarbonsäure. Sie kristallisiert in farblosen Prismen (F. 153 °C). Technisch gewinnt man sie aus Zyklohexanol oder Zyklohexanon durch Oxydation mit Salpetersäure oder durch Verseifen des Adipinsäuredinitrils $NC-(CH_2)_4-CN$, das man aus Äthin über 1,4-Butandiol, Tetrahydrofuran und 1,4-Dichlorbutan erhält. A. ist ein wichtiger Ausgangsstoff für Polyamide, Polyester und Polyurethane. Die Ester der A. sind als Weichmacher, Gelatiniermittel und in der Parfümerie verwendbar.

Adjustage, eine Abteilung des → Walzwerks.

Adrenalin, Epinephrin, Hormon des Nebennierenmarks, Derivat des Brenzkatechins, chemisch 1-(3',4'-Dihydroxyphenyl)-2-methylaminoäthanol. Die Biosynthese des A.s verläuft über die Aminosäure Tyrosin. Es fördert den Stoffwechsel, bes. den Kohlenhydratstoffwechsel, erhöht den Blutzuckergehalt durch Abbau des in der Leber gespeicherten Glykogens zu Glukose (Traubenzucker), verengt die Blutgefäße, steigert den Blutdruck, hemmt die Darmbewegung, löst den Bronchialmuskelkrampf (Asthma). A. wird bei starker körperlicher Beanspruchung in erhöhtem Maße gebildet.



Neben A. wird im Nebennierenmark etwa gleichviel **Noradrenalin (Arterenol)** gebildet, das eine NH_2-Gruppe an Stelle der $NH-CH_3$-Gruppe enthält. In der Wirkung entsprechen beide Hormone einer Reizung des Sympathikus; sie dienen in den Nervenendplatten des sympathischen Nervensystems als chemische Vermittler von Reizen.

Adrenokortikotropin, ein → Hormon.

Adressiermaschine, eine Maschine zum mechanischen Druck häufig wiederkehrender Adressen u. dgl., z. B. im Zeitungsversand, auf Beitragsquittungen, Lohnlisten, in der Werbung u. a. Die Schriftzeichen werden mittels einer speziellen Prägemaschine in Druckplatten, z. B. aus Zinkblech, geprägt oder mit Schreibmaschine auf Faserstoff oder Umdruckschablone geschrieben. Von diesen Druckträgern werden die Texte auf die Zeitungen, Quittungen, Listen, Briefumschläge u. dgl. mittels eines Druckwerkes in einem handbetriebenen Gerät oder einer selbsttätig arbeitenden A. gedruckt. Dabei wählen die A.n die mit Sortierzeichen versehenen Druckplatten nach entsprechender Einstellung dieses Zeichens selbsttätig aus. Die Leistung beträgt bei Motorantrieb bis zu 6000 Drucke/h. Der Einsatz von A.n erfolgt häufig in geschlossenen Bearbeitungssystemen zusammen mit Falz-, Briefschließ- und Frankiermaschinen.

Adsorbenzien, → Ionenaustauscher.

Adsorption, → Sorption.

Adsorptionsanalyse, → Chromatographie.

Adsorptionsfallen, → Kühlfallen.

Adular, → Feldspäte.

A/D-Umsetzer, Abk. für Analog/Digital-Umsetzer.

Advektion, die horizontale Bewegung von Luftmassen. Gegensatz: → Konvektion.

AE, 1) Kurzz. für → astronomische Einheit. 2) altes Kurzz. für Ångström-Einheit, → Ångström.

AeDTA, → Komplexone.

AeDTE, → Komplexone.

Aerodynamik, die Lehre von den Bewegungen der Gase bei der Umströmung von Körpern, ein Teilgebiet der Strömungslehre. Die A. untersucht Strömungen um schnelle Fahrzeuge (Kraftwagen, Schienenfahrzeuge, Rennschlitten u. a.), vorwiegend aber um Luftfahrtgeräte. Durch solche Strömungen entstehen die auf das Fahrzeug wirkenden Luftkräfte (Auftrieb, Widerstand, Querkraft) und Luftkraftmomente. Hauptaufgabe der A. ist es, Körperformen zu entwickeln, die bei möglichst geringem Strömungswiderstand (Kraft entgegen der Bewegungsrichtung des Körpers) die betreffenden Funktionen und Eigenschaften des Gerätes erfüllen. So hat z. B. beim Flugzeug der Tragflügel den notwendigen dynamischen Auftrieb zu liefern, darf aber auch nicht zu dünn sein, um bei tragbarer Baumasse die statische Konstruktion unterzubringen. Der Rumpf muß zur Aufnahme von Ausrüstung und Transportgut ausreichendes Volumen haben, die Steuerorgane müssen bei geringem Widerstand die notwendigen Flugbewegungen ermöglichen. Für den günstigsten Kompromiß sind meist umfangreiche theoretische und experimentelle Untersuchungen notwendig, z. B. im → Windkanal. Besonders aufwendig sind Untersuchungen bei Überschallströmung.

Lit. Aronin u. Nadjoshin: Praktische A. (dtsch Berlin 1960); Arshanikow u. Malzew: A. (dtsch Berlin 1958); Meyer: Elementare A. und Flugphysik (Leipzig

1955); Seidler: ABC des Fliegens, Heft 1 (Neuenhagen bei Berlin 1959); Wassiljew, Lyssenko, Mikirtumow: A. und Flugmechanik bei schallnahen Geschwindigkeiten (dtsch Berlin 1959).

Aeroelektrik, → Geoelektrik.

Aerologie, ein Teilgebiet der Meteorologie, die Wissenschaft von der Erforschung der physikalischen und chemischen Zustände und Zusammenhänge in der Erdatmosphäre (→ Höhenforschung). Zur direkten Erforschung werden mit Drachen, Ballonen, Wetterflugzeugen, Meßraketen, Wettersatelliten Meßgeräte in die zu untersuchenden Schichten gebracht. Zur indirekten Untersuchung werden freifliegende Körper (aufsteigende Pilot- oder Registrierballone, quasihorizontal fahrende Transosonden oder langsam sinkende Materialien, z. B. Aluminiumflitter) mit Radiotheodoliten, Radargeräten oder Meßflugzeugen verfolgt, oder es wird z. B. die Ausbreitung von Schallwellen oder elektromagnetischen Wellen bestimmt (Wetterradargeräte, KW- und UKW-Ausbreitung).

Seit dem Aufkommen der Luftfahrt hat sich die A. rasch entwickelt. Gegenwärtig besteht ein ausgedehntes Netz aerologischer Stationen bis in die Polarregionen.

Aeronomie, die Lehre von Entstehung, Aufbau und Eigenschaften der elektrisch leitenden Regionen in der hohen Atmosphäre.

Aerophotogrammetrie (Tafel 53), **Luftbildmessung,** das Hauptanwendungsgebiet der → Photogrammetrie, bei dem die Erdoberfläche oder Objekte auf dieser von einem Flugkörper (meist einem Flugzeug, aber auch einem Ballon oder einer Rakete) aus photographisch aufgenommen werden. Zur Aufnahme der photographischen Bilder oder → Meßbilder dienen spezielle Kameras (→ Reihenmeßkammer), mit denen einzelne Bilder oder auch ganze Bildreihen aufgenommen werden, → Luftbild.

Hauptaufgabe der A. ist die Herstellung topographischer Karten.

Lit. → Photogrammetrie.

Aerosol, ein kolloides System, bei dem in einem gasförmigen Dispersionsmittel feste oder flüssige Stoffe als disperse Phase verteilt sind. A.e sind z. B. natürlicher oder künstlicher Staub in Luft, Verbrennungsrückstände in Gasen (Rauche), Flüssigkeitströpfchen in Gasen (Nebel). Die Größenordnung der schwebefähigen Aerosolteilchen liegt allgemein zwischen 10^{-6} bis 10^{-3} cm. A. entsteht durch Abrieb oder Verwitterung, Zerstäubung durch Düsen (Dispersionsverfahren), chemische Reaktion oder Abkühlung von Dämpfen (Kondensationsverfahren).

Die Anwendung von A.en umfaßt die Gebiete Medizin (Inhalation), Landwirtschaft (Schädlings- und Unkrautbekämpfung), Technik (Prüfaerosole für Filtrationsmittel, Farbspritznebel, Gegenaerosole zum Staubniederschlag) und Militärtechnik (Kampfstoffnebel). Dem Schutz gegen A.e dienen Maßnahmen der technischen Industrieentstaubung (Verwendung von Zyklonen, Filtern, Elektrofiltern) und die Verwendung von Atemschutzgeräten (Masken mit Schwebstoffilter).

Aerotriangulation, → Bildtriangulation.

Affinierung, Affination, Trennung von Gold und Silber durch heiße konzentrierte Schwefelsäure. Das Silber löst sich dabei zu Silbersulfat, das Gold bleibt zurück.

Affinität, 1) Chemie: die Triebkraft einer chemischen Reaktion, d. h. das Bestreben der Stoffe, sich (durch eine chemische Reaktion) miteinander umzusetzen. Im Verlauf der Reaktion wird die A. immer kleiner, bis sie im chemischen Gleichgewicht gleich Null ist. Ist die A. negativ, so läuft die Reaktion in umgekehrter Richtung ab. Die A. wird in der Thermodynamik quantitativ erfaßt durch die maximale Arbeit, die man bei reversibler Führung der Reaktion erhält. Bei konstantem Volumen ergibt sich die A. als Änderung der freien Energie und bei konstantem Druck als Änderung der freien Enthalpie des Systems. Sie läßt sich bei der Kenntnis von Reaktionswärme und Entropieänderung der Reaktion berechnen oder in Einzelfällen (für Reaktionen, die bei Stromlieferung in galvanischen Ketten ablaufen) auch messen.

2) Mathematik: die geometrische Abhängigkeit (geometrische Verwandtschaft) zwischen zwei Figuren, die durch Parallelprojektion auseinander hervorgehen. Zum Beispiel ist die Ellipse das affine Bild des Kreises. Bei zwei **affinen Figuren,** d. s. durch eine affine Abbildung auseinander hervorgegangene Figuren, entspricht jedem Punkt wieder ein Punkt und jeder Geraden wieder eine Gerade; die Verbindungsgeraden einander entsprechender Punkte, die Projektionsstrahlen, sind parallel (*Affinitätsstrahlen*), und einander entsprechende Geraden schneiden sich auf ein und derselben Geraden, der *Affinitätsachse*. Bei affinen Abbildungen bleiben Parallelität sowie das Verhältnis von Strecken auf einer Geraden unverändert (invariant). Man bezeichnet deshalb die A. auch als Parallelverwandtschaft.

AfS, Abk. für Amt für → Standardisierung.

Ag, Symbol für → Silber.

Agfacolor-Verfahren, → Farbenphotographie.

Agglomerieren, feinkörnige Erze durch oberflächliches Sintern oder Schmelzen stückigmachen und damit für den Einsatz in Schachtöfen vorbereiten. Wichtig sind die Porosität und die Festigkeit des gebildeten Agglomerats. Das A. wird auf Sinteranlagen durchgeführt, → Sintern.

Aggregat, 1) Technik: ein aus mehreren Maschinen bestehender Maschinensatz, z. B. Turbo-Aggregat, Dampfturbine mit Generator gekoppelt.

2) Mathematik: ein mehrgliedriger Ausdruck, dessen Glieder nur durch + und − verknüpft sind. Ein A. aus zwei Gliedern heißt *Binom*, aus drei Gliedern *Trinom*, aus mehr als drei Gliedern *Polynom*.

Aggregation, Zusammenballung von Molekülen durch Kohäsion.

Aggregatzustand, Formart, durch die im molekularen Bereich verschieden große Bindungsfestigkeit bedingte Erscheinungsform der Materie in drei Haupttypen: *fest*, d. h. formbeständig, *flüssig*, d. h. volumenbeständig, und *gasförmig*, d. h. form- und volumenunbeständig. Im festen A. schwingen die Atome oder Moleküle um ihre Ruhelagen, z. B. um die Gitterpunkte in Kristallen. Bei Erwärmung verstärkt sich diese Bewegung der Teilchen, bis sie ihre Ruhelage verlassen: der Körper schmilzt. Die Anziehungskräfte der Teilchen untereinander sind aber noch so groß, daß die Flüssigkeit zusammenhält. Bei weiterer Erwärmung verstärken sich die Teilchenbewegungen dermaßen, daß im Vergleich zu ihnen die Anziehungskräfte verschwindend klein werden: die Flüssigkeit siedet, d. h. alle Atome oder Moleküle bewegen sich frei nach allen Richtungen. Daher hat ein Gas das Bestreben, sich unbegrenzt auszudehnen. Die drei Aggregatzustände sind durch kontinuierliche Übergänge miteinander verbunden; die Grenzziehung ist nicht ganz eindeutig. Experimentell läßt sich durch Änderung der äußeren Bedingungen (Druck, Temperatur) ein bestimmter Stoff in einen anderen A. überführen. Man unterscheidet zwei ideale, d. h. nicht völlig zu verwirklichende Extreme, den Zustand idealer Ordnung, wie er – angenähert von den Kristallen (Raumgitterstruktur) – bei 0 °K und höchsten Drücken erreicht wird, und den Zustand extremster Unordnung (ideale Gase), dem die realen Gase bei höchsten Temperaturen und niedrigsten Drücken nahekommen. Die Grenze fest–flüssig wird überbrückt durch die flüssigen Kristalle. Dabei faßt man die amorphen

festen Stoffe, z. B. Glas, als unterkühlte Schmelzen auf, die ein metastabiles Gleichgewicht darstellen. Die Grenze Gas-Flüssigkeit ist eine Eigentümlichkeit der Niederdruckwelt, in der wir leben. Am kritischen Punkt (→ kritische Daten) wird eine Unterscheidung unmöglich. Der A. von kolloidalen Lösungen wird weniger von den Eigenschaften der einzelnen Stoffe als von der Stoffverteilung (Dispersion) bestimmt. Die Molekülschichten an Grenzflächen zeigen vom eigentlichen A. abweichende Eigenschaften; deshalb ist bei den festen und flüssigen Aggregatzuständen die Betrachtung der Grenzflächenerscheinungen wichtig. In thermodynamischen Systemen stehen im allgemeinen mehrere Phasen (meist mit verschiedenen Aggregatzuständen) miteinander im Gleichgewicht. Dieses wird durch das *Gibbssche Phasengesetz* (→ Phase) näher festgelegt. Geht ein Stoff unmittelbar von dem festen in den gasförmigen Zustand über und umgekehrt, spricht man von → Sublimation. Als vierter A. wird das → Plasma bezeichnet. (→ Festkörper, → Flüssigkeit, → Gas; über superflüssigen A. → Helium).

Ägirin, ein → Augit.

Agloporit, → Zuschläge 2).

Aglykone, Nichtzuckeranteile in den → Glykosiden.

Agon, → Fermente.

Agrarflug, → Wirtschaftsflug.

Agrarmeteorologie, ein Teilgebiet der Meteorologie, untersucht die Auswirkungen des Klimas und des Wetters auf Pflanze und Tier sowie deren Anspruch an Feuchtigkeit und Wärme. Man stellt hierzu fest, wie die jeweils herrschenden klimatischen Verhältnisse am besten auszunutzen sind, welche ackerbaulichen Maßnahmen getroffen werden müssen und welche technischen Einrichtungen notwendig sind, um optimale Entwicklungsbedingungen für Tiere und Pflanzen zu gewährleisten und die Witterungsschäden einzuschränken. Die A. erforscht dabei das für das Pflanzenwachstum wichtige → Mikroklima sowie das künstliche Klima in Gewächshäusern, Ställen, Mieten und Kellern. Bei den Untersuchungen erfaßt man insbesondere Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit, Strahlung und Taufall mit Hilfe der üblichen meteorologischen Meßinstrumente, führt phänologische Beobachtungen durch und stellt langjährige Beobachtungsreihen auf. Das Mikroklima kann durch Kulturmaßnahmen wie Bodenbearbeitung und -bedeckung, Anlegen von Windschutzpflanzungen, Frostschutzmaßnahmen u. a. beeinflußt werden, wodurch z. T. bedeutende Ertragssteigerungen möglich sind.

Lit. → Meteorologie.

Agrartechnik, svw. → Landtechnik.

Agrikulturchemie, ein Zweig der angewandten Chemie, der sich vor allem mit der Pflanzen- und Tierernährung, der Düngerlehre und Bodenkunde, der Schädlings- und Unkrautvernichtung sowie der Untersuchung landwirtschaftlicher Erzeugnisse befaßt. Die Begründer der wissenschaftlichen A. waren Liebig und Sprengel.

Lit. Lüthke: Lehrb. der Chemie für die Fachschulen für Landwirtschaft (4. Aufl. Berlin 1963); Metge: Laboratoriumsbuch für Agrikulturchemiker bei Feststellungen von Art und Güte landwirtschaftlicher Stoffe (4. Aufl. Halle 1951); Nehring: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden für Dünge- und Futtermittel, Böden und Milch (3. Aufl. Hamburg, Berlin 1960); Scheffer, Welte, Ulrich: Lehrb. der A. und Bodenkunde (Stuttgart ab 1955).

Agrotechnik, svw. → Landtechnik.

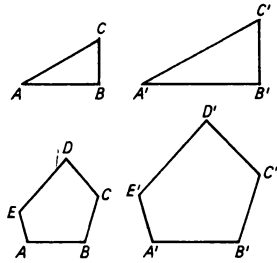
AG-Synchrotron, → Protonensynchrotron.

Ah, Kurzz. für → Amperestunde.

Ahming *f*, svw. Tiefgangsmarke, → Tiefgang.

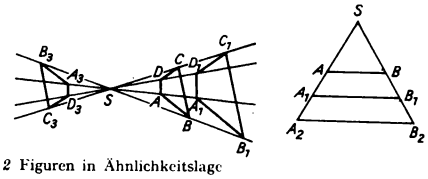
Ähnlichkeit, in der Geometrie Gleichheit der Form bzw. Gestalt. Zwei ebene, geradlinig begrenzte Figuren nennt man ähnlich, Zeichen ∼, wenn sie in den entsprechenden Winkeln übereinstimmen und das Größenverhältnis entsprechender Seiten gleich ist.

Ähnliche Figuren lassen sich durch Verschiebung, Drehung oder Umklappung (Spiegelung) in **Ähnlichkeitslage** bringen. Dabei verlaufen entsprechende Seiten parallel, entsprechende Punkte



1 Ähnliche Figuren: Dreieck $ABC \sim A'B'C'$, Fünfeck $ABCDE \sim A'B'C'D'E'$

liegen jeweils auf demselben Strahl eines Strahlenbüschels (*Ähnlichkeitsstrahlen*). Der Scheitel *S* des Strahlenbüschels heißt *Ähnlichkeitspunkt.*



2 Figuren in Ähnlichkeitslage

Die hinreichenden Bedingungen für die Ä. von Dreiecken sind in den vier **Ähnlichkeitssätzen** zusammengefaßt: Dreiecke sind ähnlich, wenn sie übereinstimmen 1) in zwei Winkeln oder 2) im Verhältnis zweier Seiten und dem eingeschlossenen Winkel oder 3) im Verhältnis zweier Seiten und dem Gegenwinkel der größeren Seite oder 4) im Verhältnis der drei Seiten.

Unter einer **Ähnlichkeitstransformation** versteht man eine Abbildung, die ein zu dem Original (Urbild) ähnliches Bild liefert.

Ähnlichkeitsmechanik, Modelltechnik, untersucht an geometrisch verkleinerten oder vergrößerten Modellen physikalische Vorgänge, die durch mathematische Methoden nur unter großem Aufwand oder überhaupt nicht dargestellt werden können oder deren Untersuchung am Original zu aufwendig ist. Die Ä. findet Anwendung im Schiffbau (z. B. Schlepprinne für Schiffsmodelle), in der Luftfahrttechnik (z. B. Flugzeugmodelle im Windkanal), in der Statik (z. B. Spannungsoptik), bei thermischen und vielen anderen Problemen.

Bei Umrechnung der Ergebnisse auf die Originalgröße sind die betreffenden Modellgesetze zu beachten. Schwierigkeiten treten oft bei mehreren gleichzeitig zu beachtenden Modellgesetzen auf, z. B. wenn bei einem Flugzeugmodell im Windkanal gleichzeitig Machzahl und Reynoldssche Zahl Einfluß auf die Strömungsvorgänge haben.

Ahrensprisma, → Nicolsches Prisma.

AH-Salz, → Hexamethylendiamin.

Akanthit, → Argentit.

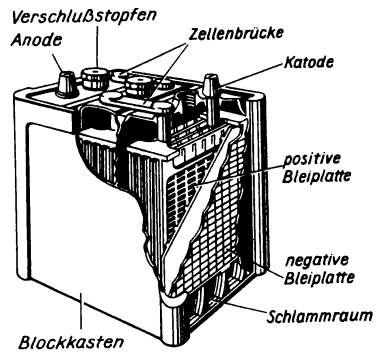
Akarizide, chemische Mittel zur Bekämpfung der Spinnmilben und ihrer Brut. Wichtige in der DDR im Handel befindliche A. sind z. B. Chlorfenson (p-Chlorphenyl-p-chlorbenzolsulfonat), Fenson (p-Chlorphenyl-benzolsulfonat) und das Amiton (Thiophosphorsäure-O,O-diäthyl-S-äthyl-N-diäthylaminoester).

Akkommodation, die Scharfeinstellung des Auges auf verschiedene Entfernungen. Sie wird im

wesentlichen durch eine Veränderung der Flächenkrümmung und des Brechungsindex der Augenlinse bewirkt.

Akkumulator, 1) abg. **Akku,** oft auch als **Batterie** bezeichnet, eine Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie auf elektrochemischem Wege. Die elektrische Energie wird beim Laden, d. h. beim Zuführen von Gleichstrom, in chemische Energie umgewandelt. Beim Entladen verläuft dieser Vorgang umgekehrt, und dadurch wird die elektrische Energie wieder nutzbar gemacht. Man gewinnt allerdings die zugeführte Energie nicht voll wieder, da etwa 20 bis 25 % durch Leitungsverluste u. ä. verlorengehen. Die Voraussetzungen, die für die praktische Verwendbarkeit eines A.s vorliegen müssen, sind vor allem große Aufnahmefähigkeit für elektrische Energie bei möglichst geringer Zellenmasse, große Klemmenspannungen (1 bis 2 V) und hoher energetischer Nutzeffekt.

1) Der **Bleiakkumulator** ist die gebräuchlichste Form. Er besteht aus mehreren Zellen von je zwei Bleiplatten, die in 20- bis 30 %ige Schwefelsäure H_2SO_4 der Dichte 1,15 bis 1,22 eintauchen. In geladenem Zustand ist der negative Pol, die Katode, mit einer porösen Schicht von Bleischwamm Pb, der positive Pol, die Anode, mit Bleidioxid PbO_2 bedeckt. Der Entladungsvorgang besteht in einer Reduktion des vierwertigen Bleis an der Anode zum zweiwertigen und in einer Oxydation des metallischen Bleis an der Katode zu gleichfalls zweiwertigem Blei, wobei die bei der Oxydation $Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$ frei werdenden Elektronen über den äußeren Teil des Stromkreises (im einfachsten Fall ein metallischer Leiter, der Anode und Katode miteinander verbindet) zur Anode gelangen und dort bei der Reduktion $Pb^{4+} + 2e^- \rightleftharpoons Pb^{2+}$ verbraucht werden (Primärreaktion). Als Sekundärreaktion verbinden sich in beiden Fällen die Pb^{2+}-Ionen mit den Sulfationen der Schwefelsäure zu schwerlöslichem Bleisulfat $PbSO_4$. Der Gesamtvorgang an der Anode gehorcht der Gleichung $PbO_2 + SO_4^{2-} + 4\,H^+ + 2e \rightleftharpoons PbSO_4 + 2\,H_2O$. Beim Laden wird ein Strom entgegengesetzter Richtung durch den A. geschickt und so ein Ablauf der angeführten Reaktionen in umgekehrter Richtung erzwungen. Zusammengefaßt ergibt sich als umkehrbare Gesamtreaktion $PbO_2 + Pb + 2\,H_2SO_4 \underset{\text{Laden}}{\overset{\text{Entladen}}{\rightleftharpoons}} 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O$. Die Beendigung des Ladungsvorganges erkennt man an der elektrolytischen Wasserzersetzung („Gasen" des A.s) und an einem Ansteigen der Klemmenspannung.



Bleiakkumulator

Die praktisch abnehmbare Klemmenspannung beträgt während des Hauptteils der Entladungsdauer ungefähr 2 V und darf gegen Ende nicht unter 1,7 bis 1,8 V absinken, wenn eine Schädigung des A.s vermieden werden soll. Um die Spannung des A.s zu erhöhen, werden mehrere Zellen hintereinandergeschaltet; dadurch wird die Gesamtspannung des A.s gleich der Summe der Spannungen, die die einzelnen Zellen liefern, z. B. sind in einem 12-V-Akkumulator (z. B. in Schleppern, mitunter auch in Kraftwagen) sechs Bleischwefelsäurezellen hintereinandergeschaltet. Der Nutzeffekt (Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener Energie) beträgt etwa 80 %.

2) Der **Edison-Akkumulator,** auch **NiFe-** oder **Stahlakkumulator** genannt, ist nach dem Bleiakkumulator der am meisten verwendete A. Er enthält in geladenem Zustand Eisen in feinverteilter Form in Taschen aus vernickeltem Stahlblech als negativen Pol und Nickel(III)-hydroxid in vernickelten Stahlröhren als positiven Pol. Als Elektrolyt dient etwa 20 %ige Kalilauge. Beim Entladen wird an der Katode das metallische Eisen zur zweiwertigen Stufe, zu Eisen(II)-hydroxid, oxydiert. An der Anode wird das dreiwertige Nickel zum zweiwertigen reduziert. Für die Gesamtreaktion ergibt sich: $Fe + 2\,Ni(OH)_3 \underset{\text{Laden}}{\overset{\text{Entladen}}{\rightleftharpoons}} Fe(OH)_2 + 2\,Ni(OH)_2$. Die Entladespannung nimmt von anfänglich 1,4 V auf durchschnittlich 1,2 V ab. Der Edison-Akkumulator zeichnet sich durch Unempfindlichkeit gegenüber mechanischen Erschütterungen und geringe Masse aus; ferner gestattet er die Entnahme großer Stromstärken und ein längeres Lagern ohne Stromentnahme. Sein Nutzeffekt liegt bei nur 50 %.

3) Die gleichen Vorteile besitzt der von Jungner entwickelte **Nickel-Kadmium-Akkumulator.** Er ist außerdem kälteunempfindlich und in vollkommen geschlossener, gasdichter Ausführung herstellbar. Sein Nutzeffekt liegt bei 57 %.

4) Der **Silber-Zink-Akkumulator** ist ein von André entwickelter Leicht-Akkumulator, der in neuerer Zeit Bedeutung gewonnen hat. Der elektrochemische Vorgang verläuft nach der Gleichung $Ag_2O_2 + 2\,Zn + H_2O \underset{\text{Entladen}}{\overset{\text{Laden}}{\rightleftharpoons}} 2\,Ag + ZnO + Zn(OH)_2$. Die Entladungsspannung sinkt von 1,7 bis 1,8 V für längere Zeit auf 1,5 V. Der große Vorteil dieses A.s liegt in seiner geringen Masse, die bei gleicher Leistung nur $^1/_3$ der Masse des Bleiakkumulators beträgt.

Die elektrische *Ladungsmenge,* die ein A. aufnehmen kann, wird in Amperestunden, abg. Ah, gemessen. Dieses Aufnahmevermögen, die *Kapazität* eines A.s, liegt bei den verschiedenen A.en zwischen 10 und mehr als 10000 Ah.

Ortsfeste Akkumulatorenbatterien werden in Kraftwerken zur Sicherung der Stromversorgung bei Betriebsstörungen, zur Speicherung überschüssiger Energie und bei Anlagen mit sprunghaft wechselnder Belastung verwendet, z. B. in Straßenbahnkraftwerken zum Ausgleich der Stromstöße, ferner in größtem Umfange in Telegrafen-, Fernsprech- und Signalanlagen. Ortsbewegliche A.en verwendet man zum Antrieb von Fahrzeugen, zur Beleuchtung und zum Anlassen von Kraftfahrzeugen, kleine A.en für Rundfunkgeräte, Taschenlampen, Nachrichtengeräte u. ä.

Lit. Stohn: A.en und Akkumulatoranlagen (Berlin 1959).

2) hydraulischer A., eine Vorrichtung zum Speichern von Druckwasser (in Hochbehältern oder Speicherbecken), das zum Antrieb von Arbeitsmaschinen, z. B. hydraulischen Hämmern, und zur Krafterzeugung in Turbinen dient.

Akridin, eine heterozyklische Verbindung. A. bildet farblose Nadeln (F. 109 °C) und wird aus dem Steinkohlenteer gewonnen. Es ist der Grund-

körper einer Reihe von Heilmitteln und Farbstoffen (**Akridinfarbstoffe**).

Akrolein, Akrylaldehyd, Allylaldehyd, Propenal, $CH_2{=}CH{-}CHO$, eine farblose, giftige Flüssigkeit von unerträglichem, stechendem Geruch (Kp. 53 °C). Technisch gewinnt man A. z. B. durch Oxydation von Propen mit Sauerstoff und verwendet es für organische Synthesen und pharmazeutische Präparate.

Akrylaldehyd, svw. → Akrolein.

Akrylharze, svw. → Polyakrylate.

Akrylnitril, Akrylsäurenitril, Vinylzyanid, Propennitril, $CH_2{=}CH{-}C{\equiv}N$, eine farblose, unangenehm riechende, giftige Flüssigkeit (Kp. 78 °C). A. ist nur nach Zugabe von Stabilisatoren haltbar, sonst polymerisiert es. Technisch gewinnt man A. meist aus Äthin und Blausäure. A. ist Ausgangsprodukt für das technisch äußerst wichtige Polyakrylnitril. Es dient ferner zu Mischpolymerisation mit Butadien.

Akrylsäure, Propensäure, $CH_2{=}CH{-}COOH$, eine ungesättigte Monokarbonsäure. A. ist eine farblose, stechend riechende Flüssigkeit (Kp. 141 °C), die leicht polymerisiert. Ihre Salze und Ester heißen **Akrylate**. A. wird technisch aus Äthylenoxid und Blausäure gewonnen und zur Herstellung von Plasten und Lacken verwendet.

Aktinide, eine Gruppe chemisch verwandter, radioaktiver Elemente der Ordnungszahlen 90 (Thorium) bis 103 (Lawrentium). Die A. haben sämtlich ähnliche chemische Eigenschaften, da sie in den beiden äußersten Elektronenschalen die gleiche Anzahl von Elektronen aufweisen.

Aktinium, Symbol **Ac,** radioaktives chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, Anfangsglied der Gruppe der Aktinide; Ordnungszahl 89, Massenzahlen der Isotope 221 bis 230 (das stabilste Isotop $^{227}_{89}Ac$ hat eine Halbwertszeit von 21,6 Jahren), Wertigkeit III, D. 10,1 g cm^{-3}, F. 1050 °C; 1899 von Debierne entdeckt. A. ist der Abzweigpunkt der Uran-Aktinium-Zerfallsreihe (→ Radioaktivität). Es kommt in sehr geringen Mengen in Uranerzen vor und konnte in neuerer Zeit künstlich durch Neutronenbeschuß des Radiums hergestellt werden.

Aktinolith, ein → Amphibol.

Aktinometrie, die Messung der Aktinität, d. h. der photochemischen Wirksamkeit einer Lichtquelle, insbesondere der Sonne bei verschiedenem Höhenstand. Dabei dient die Wirkung der Strahlen auf eine bestimmte lichtempfindliche Schicht (photographische Emulsion) oder auf eine Photozelle als Vergleichsmaßstab. Gemessen wird mit einem **Aktinometer** oder dem selbstregistrierenden **Aktinographen**. Als Aktinometer dienen Kalorimeter oder thermoelektrische Instrumente (→ Wärmestrahlung). Mit Aktinometern kann man z. B. die Solarkonstante bestimmen.

Aktionspotential, in der Medizin ein elektrisches Potential erregter Teile reizempfindlichen (irritablen) Gewebes gegenüber einem im ruhenden (unerregten) Teil desselben befindlichen Bezugspunkt. Irritable Gewebe sind Bestandteile lebender Nerven- und Muskelsysteme bzw. bestimmter Organe. Im Gegensatz zum A. stellt das **Ruhepotential** ein elektrisches Potential des Innern (negativ) unerregten reizempfindlichen Gewebes gegenüber einem auf der unverletzten Oberfläche desselben befindlichen Bezugspunkt dar.

Die Potentialdifferenz zwischen erregten (negativ) und ruhenden Teilen irritabler Gewebe heißt *Aktionsspannung*. Im erweiterten Sinn wird auch die Potentialdifferenz zwischen verschieden stark erregten Teilen irritabler Gewebe als Aktionsspannung bezeichnet. Im Gegensatz zur Aktionsspannung stellt die *Ruhespannung* die Potentialdifferenz zwischen dem Innern und der unverletzten Oberfläche unerregter irritabler Gewebe dar. Die Ruhespannung beträgt bei verschiedenen Geweben etwa 20 bis 80 mV (Millivolt).

Die Aufzeichnung abgeleiteter A.e (Aktionsspannungen) in Abhängigkeit von der Zeit heißt *Aktionsspannungskurve*. Der durch Aktionsspannungen im elektrisch leitenden Körper oder in einem Meßkreis hervorgerufene Strom elektrischer Ladungsträger heißt *Aktionsstrom*.

Aktionsradius, die Strecke, die ein motorgetriebenes Land-, Luft- oder Wasserfahrzeug ohne Ergänzung seines Kraftstoffes unter normalen Verhältnissen zurücklegen kann.

Aktionsspannung, → Aktionspotential.

Aktionsstrom, → Aktionspotential.

aktive Zone, → Kernreaktor, Abschn. III.

aktivieren, anregen, erregen, besonders von chemischen Reaktionen. Als **Aktivierungsenergie (Aktivierungswärme)** bezeichnet man den Mehrbetrag an Energie, der über den durchschnittlichen Energiegehalt der Atome oder Moleküle hinaus notwendig ist, um eine chemische Reaktion auszulösen. Je größer die Aktivierungsenergie ist, um so höher wird die Geschwindigkeit der Reaktion mit der Temperatur.

Aktivierung, die Umwandlung stabiler Atomkerne in radioaktive durch Einwirkung von Gamma- oder Korpuskularstrahlung.

Aktivierungsanalyse, eine Methode der Radiochemie zur qualitativen und quantitativen Bestimmung unbekannter, in kleinsten Mengen vorhandener Elemente. Die zu untersuchende Substanz wird mit solchen Elementarteilchen beschossen (vor allem mit Neutronen), die den Atomkern des gesuchten Elements umwandeln. Wird dabei das zu analysierende Element (künstlich) radioaktiv oder in ein anderes künstlich radioaktives Element umgewandelt, so kann es durch seine Radioaktivität und die empfindlichen Meßmethoden hierfür leicht nachgewiesen werden. Die A. ist geeignet zur Bestimmung kleinster Verunreinigungen (Spurenanalyse). Von den radioaktiven Elementen können unwägbare Substanzmengen quantitativ bestimmt werden. Die Anwendbarkeit der Methode setzt voraus, daß die Umwandlungswahrscheinlichkeit groß, die Zerfallszeit des gebildeten radioaktiven Elements nicht zu kurz und die emittierte Strahlung gut meßbar ist.

Lit. Herforth u. Koch: Radiophysikalisches und radiochemisches Grundpraktikum (Berlin 1959).

Aktivität, 1) → Radioaktivität.

2) → optische Aktivität.

Aktivitätskoeffizient, in der physikalischen Chemie ein Korrekturfaktor, der den nur für ideale Systeme gültigen Gesetzen (→ Massenwirkungsgesetz, Nernstsche Gleichung für Potentiale von galvanischen Ketten) auch in solchen Konzentrationsbereichen Gültigkeit verleiht, in denen kein ideales Verhalten mehr vorliegt. Es muß dann die Konzentration c [Mol l^{-1}] bzw. der Molenbruch x mit dem A. f_i multipliziert werden. Die Produkte $f_i c$ (bzw. $f_i x$) nennt man **Aktivität**. Ist der Partialdruck p das Konzentrationsmaß (bei Gasreaktionen), so nennt man das Produkt $f_i p$ auch **Fugazität**. Eng mit dem A. hängt der *osmotische Koeffizient* f_0 zusammen. Er ist das Verhältnis zwischen gemessenem und nach dem van 'tHoffschen Gesetz für ideal verdünnte Lösungen berechnetem osmotischem Druck. f_0 läßt sich auf f_i zurückführen.

Akustik, die Lehre vom → Schall. Die A. umfaßt die physikalischen Vorgänge (Erzeugung und Ausbreitung) und die Wirkung des Schalls auf den Menschen (physiologische und psychologische A.). Die Wechselbeziehungen zwischen akustischen und elektrischen Vorgängen werden in der → Elektroakustik behandelt.

Unter A. wird oft speziell die **Raumakustik** verstanden, die die Schallausbreitung und die Hörsamkeit in geschlossenen Räumen behandelt. Wichtig für gute Verständlichkeit und Musikdarbietungen ist eine geeignete Raumform.

Akustiklogverfahren

Daneben spielen besonders Reflexionen und Absorption des Schalls an den Raumbegrenzungsflächen und Gegenständen im Raum eine wichtige Rolle. Die für den jeweiligen Verwendungszweck günstigste Nachhallzeit (→ Nachhall) wird durch → Schallabsorption erreicht. Durch geeignete Formgebung müssen → Echos vermieden oder durch absorbierende Verkleidung reflektierender Flächen unwirksam gemacht werden.

Die **Bauakustik** befaßt sich mit den akustischen Eigenschaften von Baustoffen und -konstruktionen mit dem Ziel, die Luft-, Tritt- und Körperschallübertragung zwischen verschiedenen Räumen und Bauteilen durch zweckmäßige Schalldämmung zu vermeiden.

Lit. Cremer: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik (Bd I Stuttgart 1948, Bd II Stuttgart 1961, Bd III Leipzig 1950); Skudrzyk: Grundlagen der A. (Wien 1954); Trendelenburg: Einführung in die A. (Berlin 1950).

Akustiklogverfahren, → Bohrlochmessungen.

Akustikplatte, ein Bauelement zur Verbesserung der Hörsamkeit von Räumen. → Schallabsorption.

akustisches Ohm, nicht gesetzliche Einheit der akustischen Impedanz. 1 akustisches Ohm $= 1 \frac{\mu\text{bar}}{\text{cm}^3\,\text{s}^{-1}} \left(\frac{\text{Mikrobar}}{\text{Kubikzentimeter/Sekunde}} \right) = 10^5$ Ns m^{-5} (Newtonsekunde/Meter^5).

Akzeptor, → Donator.

Akzessorien, akzessorische Minerale, → Gestein.

Akzidenz, Druckerzeugnisse kleineren Umfangs in der verschiedenartigsten Ausführung.

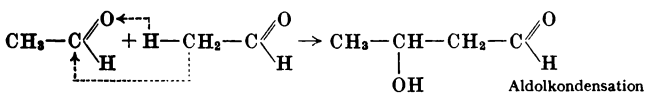
Al, Symbol für → Aluminium.

Ala, Abk. für → Alanin.

Alabaster, eine Varietät des → Gipses.

Alanate, Mischhydride des Aluminiums vom Typ $MeH_n \cdot n\,AlH_3 = Me(AlH_4)_n$, wobei Me z. B. Be, Li, Mg oder Sn sein kann. Besonders Lithiumalanat $Li(AlH_4)$ hat als gutes und spezifisches Reduktionsmittel anorganischer und organischer Verbindungen große Bedeutung.

Alanin, abg. **Ala,** α-Aminopropionsäure, eine der wichtigsten Aminosäuren. **α-Alanin,** $CH_3-CH(NH_2)-COOH$, ist in den meisten Eiweißstoffen enthalten und steht im Mittelpunkt des intermediären Stoffwechsels. **β-Alanin,** $NH_2-CH_2-CH_2-COOH$, ist die wichtigste der wenigen bisher in Naturstoffen aufgefundenen β-Aminosäuren und kommt besonders in der Pantothensäure und im Koferment A vor.



Aldolkondensation

Alaune, Doppelsalze mit der allgemeinen Formel $Me^{I}Me^{III}(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$. Als einwertiges Metall können die A. Na, K, Rb, Cs, Tl sowie auch das Ammoniumion NH_4^+ enthalten, während als dreiwertiges Metall Al, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ga und In auftreten können. Die A. kristallisieren sämtlich in Oktaedern oder Würfeln von oftmals beträchtlicher Größe. Der bekannteste Vertreter dieser Verbindungsgruppe, nach dem diese Salze benannt wurden, ist der **Kaliumaluminiumalaun** $KAl(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$. Er kommt in der Natur als Alunit (Alaunstein) und als Kalialaun vor. Synthetisch wird er durch Behandeln von Ton mit heißer konzentrierter Schwefelsäure hergestellt. Man verwendet ihn bei der Papierherstellung zum Tintenfestmachen der Papiere, in der Färberei und Gerberei sowie in der Medizin als Adstringens und mildes Ätzmittel. **Chromalaun (Kaliumchromalaun)** $KCr(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$, ein tiefviolettes Salz, dient zum Härten von Gelatine und zum Gerben. Die Eisenalaune **Ammoniumeisenalaun** $(NH_4)Fe(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$ und **Kaliumeisenalaun** $KFe(SO_4)_2 \cdot 12\,H_2O$ werden in der analytischen Chemie, als Beizmittel in der Färberei und zur Bereitung von Bädern für Schwarzweiß-Photos verwendet.

Alaunschiefer, → Tonschiefer.

Albedo *f*, das Verhältnis der Lichtmenge, die von einer nichtspiegelnden Fläche zurückgeworfen wird, zu der gesamten Lichtmenge, die auf die Fläche fällt **(geometrische A.)**. Sie beträgt für Kreide 1,00, Schnee 0,78, Kalk 0,42, Ackererde 0,08. Von astronomischem Interesse ist die A. der Planeten und Monde; sie wird für diese kugelförmigen Körper definiert als das Verhältnis der in den Vollraum reflektierten Strahlungsmenge zu der vom Querschnitt aufgefangenen **(sphärische A.)**. Himmelskörper mit dichter Atmosphäre haben immer größere Albedowerte: Merkur 0,069, Venus 0,59, Mars 0,13, Jupiter 0,49, Saturn 0,60, Mond 0,073.

Albertole, → Plaste, Übers.

Albit, → Feldspäte.

Albumine, → Proteine.

Aldehyde, Kohlenwasserstoffderivate, die als charakteristisches Merkmal die chemisch sehr reaktionsfähige Gruppe $-C\begin{matrix}O\\H\end{matrix}$, gebunden an Kohlenstoff oder Wasserstoff, tragen. Der Name A. ist eine Abkürzung für Alkohol dehydrogenatus, also dehydrierten Alkohol. Die einzelnen Glieder werden nach den bei ihrer Oxydation entstehenden Karbonsäuren benannt, z. B. Formaldehyd nach der Ameisensäure (Acidum formicicum). Die gesättigten, aliphatischen A. werden nach der Genfer Nomenklatur auch als **Alkanale** bezeichnet, z. B. Methanal (Formaldehyd), Äthanal (Azetaldehyd). Der einfachste aromatische Aldehyd ist Benzaldehyd. Die A. sind sehr reaktionsfähig: Durch Additions- und Kondensationsreaktionen entstehen aus A.n Zwischenprodukte für technisch wichtige Stoffe, z. B. für Alkohole, Amine, Nitrile, Karbon-, Hydroxy- und Aminosäuren. Charakteristisch ist die starke Reduktionswirkung der A. Man erhält A. im allg. durch Oxydation primärer Alkohole und verwendet sie als Plastrohstoffe und Riechstoffe.

Aldole, → Aldolkondensation.

Aldolkondensation, Aldoladdition, Aldolisation, Aldehyddimerisation, eine meist bei aliphatischen Aldehyden, die an dem der Aldehydgruppe benachbarten Kohlenstoffatom ein Wasserstoffatom tragen, unter dem katalytischen Einfluß von Basen oder Säuren eintretende Addition zu β-Hydroxyaldehyden (Aldole). So entsteht aus zwei Molekülen Azetaldehyd das Azetaldol (Formelgleichung linke Spalte). Die A. ist z. B. von Bedeutung bei der Herstellung von Butadien zu synthetischem Kautschuk.

Aldosen, einfache → Kohlenhydrate.

Aldosteron, → Kortikosteroide.

Aldrey, eine Aluminiumlegierung mit wenig Magnesium und Silizium. A. wird für Freileitungen verwendet, da es neben guter elektrischer Leitfähigkeit eine höhere Zugfestigkeit als reines Aluminium hat.

Alembertsches Prinzip, → d'Alembertsches Prinzip.

Alexandrit, eine Varietät des → Chrysoberylls.

Algebra, eines der großen Teilgebiete der Mathematik; benannt nach dem Titelanfang eines Lehrbuches des Mathematikers al-Chwarismi (9. Jh. u. Z.) über Gleichungen. Die Grundaufgabe der **(klassischen) A.** besteht in der Auflösung einer zwischen bekannten Elementen $a_1, \ldots, a_n$ und unbekannten Elementen x mittels der vier elementaren Rechenoperationen gebildeten → Gleichung $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_n = 0$ nach den unbekannten Elementen. Dabei stehen weniger die aus den Gleichungen zu berechnenden Größen

im Mittelpunkt der Betrachtung als vielmehr der Prozeß des Auflösens selbst, d. h. die Entwicklung allgemeiner formaler Methoden, nach denen man die Gleichungen auflösen kann.

In der **modernen A.** sind die zur Lösung der klassischen Aufgabe eingeführten Begriffe, wie Körper, Gruppe, Ring u. dgl., selbst in den Mittelpunkt der Betrachtungen gerückt und haben zur Entwicklung umfangreicher Theorien geführt. Die moderne A. kann man deshalb bezeichnen als Wissenschaft von den allgemeinen algebraischen Methoden, als Lehre von den formalen Rechenbereichen, wie Körpern, Gruppen, Ringen u. dgl., mit der Hauptaufgabe, die Struktur solcher Bereiche zu untersuchen. Die Bedeutung der modernen A. geht deshalb weit über den Rahmen der Theorie der Gleichungen hinaus. Sie wird mannigfach angewandt in Analysis, Geometrie, Physik und anderen Naturwissenschaften.

Die Lösungen der Gleichungen 1. und 2. Grades waren schon im Altertum bekannt; die alten Ägypter und Babylonier wurden durch ihre gesellschaftlichen Bedürfnisse (Handel, Baukunst u. dgl.) zur Aufstellung und Lösung von Gleichungen geführt; die Griechen erwarben sich Verdienste durch die geometrische Lösung von Gleichungen. Die Ergebnisse der algebraischen Untersuchungen der Antike und des Orients gelangten durch die Araber nach Europa. Im 16. Jh. setzte hier ein starker Aufschwung der A. ein (Tartaglia, Cardano, Ferrari, Ferro); man fand die Lösungen der Gleichungen 3. und 4. Grades. Durch die Einführung von Buchstaben als allgemeine Zahlzeichen (1591) schuf Vieta eine wichtige Voraussetzung für die schnelle Weiterentwicklung der A. 1799 bewies Gauß, daß jede algebraische Gleichung n-ten Grades n Lösungen hat (**Fundamentalsatz der A.**). Zu Beginn des 19. Jh. zeigten Abel und Galois, daß die Lösungen der Gleichungen von höherem als 4. Grad in ihrer allgemeinen Form nicht durch Radikale, d. h. durch ineinandergeschachtelte Wurzelzeichen, ausgedrückt werden können. — Algebraische Fläche → Fläche, algebraische Funktion → Funktion, algebraische Gleichung → Gleichung, algebraische Kurve → Kurve, algebraische Zahlen → Zahl.

Lit. Hasse: Höhere A., 2 Bde (Sammlung Göschen); Kochendörffer: Einführung in die A. (3. Aufl. Berlin 1966); Kuros: Vorlesungen über allgemeine A. (dtsch Leipzig 1964); Lenz: Grundlagen der Elementarmathematik (2. Aufl. Berlin 1966); Lugowski: Grundzüge der A., 3 Tle (Leipzig 1958—64); Mangoldt-Knopp: Einführung in die höhere Mathematik, Bd 1 (12. Aufl. Leipzig 1965); Enzyklopädie der Elementarmathematik, Bd 2 (3. Aufl. dtsch Berlin 1966).

Alginsäure, Algensäure, ein vor allem aus D-Mannuronsäure bestehendes Polysacharid, das durch alkalische Extraktion von Meeresalgen und Tangen gewonnen wird. Beim Verspinnen des alkalischen Extraktes in ein Schwefelsäure enthaltendes Bad erhält man **Alginatseide.** Die daraus geschnittenen **Alginatfasern** dienen als Effektfäden, die nachträglich wieder aus dem Gewebe herausgelöst werden, und in der Chirurgie als resorbierbares Nahtmaterial. A. wird auf Grund ihrer leichten Verdaulichkeit hauptsächlich in der Lebensmittelindustrie verwendet, z. B. zur Herstellung eßbarer Wursthüllen, ferner in der pharmazeutischen und kosmetischen Industrie sowie zur Herstellung von Entfettungsmitteln. In Zukunft dürfte A. eine der wichtigsten Nahrungsmittelreserven des Menschen sein. — Die Salze und Ester der A. heißen **Alginate.**

ALGOL, → Programmierung.

Algonkium, → Präkambrium.

Algorithmus, eine eindeutige Vorschrift zur schrittweisen Lösung eines gegebenen Problems. Die Vorschrift besteht aus Rechen- oder Umformungsregeln und gibt für jeden Operationsschritt eindeutig an, welche Regel unter welchen Bedingungen beim nächsten Schritt anzuwenden ist. Jede Aufgabe, deren Lösungsverfahren durch einen A. beschreibbar ist, kann prinzipiell auch auf einem → Digitalrechenautomaten gelöst werden.

Ein A. zur Bildung des skalaren Produkts zweier Vektoren $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{b}$ mit den Komponenten $a_1, a_2, \ldots, a_n$ bzw. $b_1, b_2, \ldots, b_n$ z. B. lautet: 1) setze die erste Teilsumme gleich 0, 2) beginne mit $i = 1$, 3) berechne das Produkt $a_i \cdot b_i$, 4) addiere es zur Teilsumme, 5) prüfe, ob bereits $i = n$ ist, 6a) wenn ja, dann ist die letzte Teilsumme das Ergebnis, 6b) wenn nein, dann nimm das nächsthöhere i (nämlich $i + 1$), 7) kehre zurück zu 3).

Andere Algorithmen sind z. B. der **euklidische A.** zur Bestimmung des größten gemeinsamen → Teilers zweier natürlicher Zahlen, der **Gaußsche A.** zur Auflösung linearer Gleichungssysteme, Verfahren zur iterativen Berechnung der Kubikwurzel, Vorschriften zur → Maschinenübersetzung von Texten aus einer bestimmten Sprache in eine andere (restlos zufriedenstellende Algorithmen hierfür existieren heute noch nicht).

Für die meisten mathematischen Aufgaben sind Algorithmen entwickelt; damit ist die Möglichkeit zur Automatisierung der Lösungsverfahren gegeben, da im Prinzip jeder A. in einer Maschine realisiert werden kann (→ Turing-Maschine). Das Streben der Mathematiker geht danach, für immer allgemeinere mathematische Aufgaben Algorithmen zu finden. Jedoch ist nachgewiesen worden, daß es Klassen von Problemen gibt, für die sich kein A. aufstellen läßt, die also auch von den kompliziertesten Rechenautomaten nicht gelöst werden können. Die Bedeutung des Algorithmusbegriffs ist nicht auf die Mathematik beschränkt. Auch andere Bereiche menschlicher Tätigkeiten können algorithmisch erfaßt werden. Viele Vorgänge und Erscheinungen der verschiedensten Wissenschaftsgebiete lassen sich bei geeigneter Abstraktion durch Algorithmen beschreiben. Das ist von grundlegender Bedeutung für das Problem der Automatisierung, da sich nur solche Prozesse automatisieren lassen, für die ein A. existiert.

Alhidade, → Theodolit.

aliphatisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Alitieren, ein Verfahren zur Herstellung einer Oberflächenschutzschicht aus Eisen-Aluminium-Mischkristallen auf Stahl und Gußeisen mit hoher Zunderbeständigkeit, insbesondere gegen heiße Feuerungsgase. Hierbei entsteht eine Oberflächensättigung des Stahls und Gußeisens mit Aluminium. Beim **Kalorisieren** erhitzt man das Werkstück in Aluminium- oder in Eisen-Aluminium-Legierungspulver unter Zusatz von Ammoniumchlorid- und Tonerdepulver bei 850 bis 1050 °C, so daß das Aluminium aufdiffundiert wird. Beim **Tauchalitieren** wird das Werkstück in Aluminiumschmelzen von 700 bis 800 °C eingetaucht. Beim **Spritzalitieren (Alumetieren)** spritzt man mit der Spritzpistole geschmolzenes Aluminium auf die Oberfläche des Werkstückes (→ Metallspritzen), das dann diffusionsgeglüht wird. Weniger Bedeutung haben die Abscheidung von Aluminium über die Gasphase (Aluminiumchlorid $AlCl_3$) oder elektrolytisch aus Salzschmelzen. Wird lediglich ein Aluminiumüberzug ohne Diffusionsschicht aufgebracht, spricht man von **Aluminieren** oder **Veraluminieren.**

Alizarin, 1,2-Dihydroxy-anthrachinon, ein Farbstoff. A. bildet orangefarbene, rhombische Nadeln oder Prismen (F. 289 °C). Es war bereits im Altertum als Farbdroge bekannt, 1826 wurde es erstmals aus Krapp, der Wurzel der Färberröte Rubia tinctorum, isoliert und 1868 von Graebe und Liebermann erstmalig aus dem Anthrazen des Steinkohlenteers synthetisiert. Vom A. leiten sich strukturell die **Alizarinfarbstoffe** ab. Als

Beizenfarbstoff hat A. nur noch geringe Bedeutung. Es wird heute in der mikroskopischen Technik und in der Metallanalyse, ferner zur Herstellung von Krapplack sowie als Künstler- und Druckfarbe verwendet.

alizyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Alkalien, die Verbindungen der Alkalimetalle, insbesondere des Natriums und Kaliums, mit der Hydroxylgruppe —OH. Kalium- und Natriumhydroxid nennt man ihrer stark ätzenden Eigenschaften wegen auch **Ätzalkalien** oder **kaustische A.**, also Ätznatron NaOH und Ätzkali KOH, ihre Lösungen **(Ätz-) Laugen.** Zu den A. zählt auch das Ammoniumhydroxid NH_4OH, das einen den Hydroxiden der Alkalimetalle analogen Molekülbau hat und sich chemisch ähnlich verhält. Die wäßrigen Lösungen aller A. reagieren alkalisch oder basisch: Sie färben rotes Lackmuspapier blau, gelbes Kurkumapapier braun. Die Auflösung in Wasser erfolgt unter erheblicher Wärmeentwicklung. Man gewinnt die A. (außer Ammoniumhydroxid) durch Chloralkalielektrolyse.

Alkalimetalle, die in der I. Hauptgruppe des Periodensystems stehenden einwertigen Leichtmetalle Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium, Zäsium, Frankium. Sie zeichnen sich durch geringe Dichte, niedrige Schmelz- und Siedepunkte, große Atomvolumina und damit durch starke Tendenz zur Bildung positiver Ionen aus. Ihre Hydroxide heißen → Alkalien.

Alkalimetrie, Methode der → Neutralisationsanalyse.

Alkalisinterphosphat, → Phosphorsäuredüngemittel.

Alkalizelle, eine → Photozelle.

Alkaloide, in Pflanzen vorkommende basische Naturstoffe, die ein oder mehrere meist heterozyklisch eingebaute Stickstoffatome enthalten. Es sind Abkömmlinge z. B. des Pyridins, Chinolins, Isochinolins und Imidazols, die in der Natur an Äpfelsäure, Zitronensäure, Chinasäure oder andere organische Säuren gebunden sind und meist starke physiologische Wirkung (Heil-, Anregungs-, Betäubungsmittel, Rauschgifte, Gifte) aufweisen. Nach ihrer chemischen Struktur lassen sich die A. in folgende Gruppen einteilen: Piperidin- und Pyridinalkaloide, z. B. Lobelin, Nikotin; Tropanalkaloide, z. B. Atropin, Skopolamin, Kokain; Chinolinalkaloide, z. B. Chinin; Isochinolinalkaloide, z. B. Anhaloniumalkaloide; Benzylisochinolinalkaloide, z. B. Narkotin, Papaverin, D-Tubokurarin; Morphinalkaloide, z. B. Kodein, Morphin; Indolalkaloide, z. B. Mutterkornalkaloide; Purinalkaloide, z. B. Koffein, Theobromin, Theophyllin; Karbolinalkaloide, z. B. Strychnin; Chinolizidinalkaloide, z. B. Spartein; ferner die Pyrrolidin-, Pyrrolizidin-, Steroid- und Diterpenalkaloide. Hauptvorkommen sind im Mohn (Narkotin, Kodein, Morphin), in der Chinarinde (Chinin), im Kokastrauch (Kokain), in Nachtschattengewächsen (Atropin, Nikotin), in Strychnosarten (Strychnin), in Kaffeebohnen und Teeblättern (Koffein).

Viele A. können auch synthetisch hergestellt werden, z. B. Nikotin, Chinin und Koffein.

Lit. Boit: Fortschritte der Alkaloidchemie seit 1933 (Berlin 1950), Ergebnisse der Alkaloid-Chemie bis 1960 unter besonderer Berücksichtigung der Fortschritte seit 1950 (Berlin 1961); Woker: Die Chemie der natürlichen A. (Stuttgart 1953). Döpke: Einführung in die Chemie der A. (Berlin 1967).

Alkanale, gesättigte, aliphatische → Aldehyde.

Alkane, Paraffine, Grenzkohlenwasserstoffe, aliphatische gesättigte Kohlenwasserstoffe mit der allgemeinen Formel C_nH_{2n+2}. Ringförmige A. heißen **Zykloalkane (Zykloparaffine, Naphthene).** Die ersten unverzweigten Glieder der homologen Alkanreihe sind: Methan CH_4, Äthan C_2H_6, Propan C_3H_8, Butan C_4H_{10}, Pentan C_5H_{12}, Hexan C_6H_{14}, Heptan C_7H_{16}, Oktan C_8H_{18} usw. Vom Butan ab existiert jedes Glied in Isomeren, die als **Isoalkane (Isoparaffine)** bezeichnet werden. Durch Abspaltung eines H-Atoms sind von den A.n die einwertigen Alkylreste ableitbar: $—CH_3$ Methylrest, $—C_2H_5$ Äthylrest usw. Die niedrigsten Glieder der Reihe bis zum Butan sind bei gewöhnlicher Temperatur Gase, die mittleren bis C_{16} farblose Flüssigkeiten, die höheren Glieder ab C_{17}, die eigentlichen Paraffine, feste Körper. Die A. finden sich im Erdgas, im Erdöl und seinen Destillaten, in den Destillationsprodukten des Holzes, des Torfs, der bituminösen Schiefer, der Braun- und Steinkohle, ferner im Asphalt und Erdwachs. Sie werden durch Destillation aus den genannten Naturprodukten gewonnen, außerdem durch Hydrierung von Braunkohle und nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren. Im Labor stellt man die A. durch Hydrierung von Alkenen und Alkinen dar. Von Bedeutung für den Aufbau der A. ist die Wurtzsche Synthese, die auf der Abspaltung von Halogen aus Alkylhalogeniden beruht, z. B. entsteht aus 2 Molekülen Methyljodid Äthan: $2\,CH_3J + 2\,Na \rightarrow C_2H_6 + 2\,NaJ$. Ferner stellt man A. durch Elektrolyse von konzentrierten Lösungen der Alkalisalze von Karbonsäuren nach Kolbe her, Natriumazetat ergibt z. B. Äthan: $2\,CH_3COONa \rightarrow 2\,CO_2 + 2\,Na^+ + C_2H_6$.

Die gasförmigen und niedrig siedenden A. sind für die petrolchemische Industrie als Rohstoffe von Bedeutung. Die flüssigen Gemische werden als Treib-, Schmier- und Brennstoffe sowie als Speziallösungsmittel verwendet.

Alkanole, die von den Alkanen abgeleiteten einwertigen Alkohole der allgemeinen Formel $C_nH_{2n+1}OH$.

Alkanone, die gesättigten, aliphatischen → Ketone.

Alkansäuren, → Karbonsäuren.

Alkazidverfahren, → Haber-Bosch-Verfahren.

Alkene, Alkylene, Olefine, aliphatische, ungesättigte Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Formel C_nH_{2n}, die eine C=C-Doppelbindung aufweisen. Kohlenstoffketten mit zwei Doppelbindungen werden als → Diene bezeichnet. Ringförmige A. heißen **Zykloalkene (Zykloalkylene, Zykloolefine).** Die ersten unverzweigten Glieder der homologen Alkenreihe sind Äthen C_2H_4, Propen C_3H_6, Buten C_4H_8 usw. Vom Buten ab existiert jedes Glied in Isomeren, die als **Isoalkene** bezeichnet werden. Die niederen Glieder bis zum Buten sind gasförmig, die mittleren bis C_{16} flüssig und die höheren fest. Infolge ihres ungesättigten Charakters sind für A. Additions- und Polymerisationsreaktionen typisch. Die A. finden sich vor allem im Erdöl und Erdgas, aus denen sie durch Destillation gewonnen werden.

Lit. Asinger: Chemie und Technologie der Monoolefine (Berlin 1957).

Alkenyl..., Bezeichnung für die einwertige Atomgruppierung C_nH_{2n-1}, die entweder als Fragment eines Moleküls oder als instabiles freies Radikal auftreten kann. Hierzu gehören z. B. Äthenyl... (Vinyl...) $CH_2=CH—$, Propenyl... $CH_3—CH=CH—$ und Allyl... $CH_2=CH—CH_2—$.

Alkine, Azetylene, aliphatische, ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit der allgemeinen Formel C_nH_{2n-2}, die eine C≡C-Dreifachbindung enthalten. Die ersten unverzweigten Glieder der homologen Alkinreihe sind Äthin (Azetylen) $HC{\equiv}CH$, Propin (Methyläthin) $CH_3—C{\equiv}CH$, Butin-(1) (Äthyläthin) $CH_3—CH_2—C{\equiv}CH$. In der Technik wird in größerem Umfang nur das → Äthin gewonnen.

Alkohol, → Alkohole; häufig auch Bezeichnung für → Äthanol.

Alkoholate, salzartige Verbindungen der Alkohole, in denen das H-Atom der OH-Gruppe durch

ein Metall ersetzt ist. Die A. der Alkalimetalle erhält man im allgemeinen durch Umsetzung von Alkalimetall mit den wasserfreien Alkoholen, z. B. Natriumäthylat: $C_2H_5OH + Na \rightarrow C_2H_5ONa + {}^1/_2\,H_2$.

Alkohole, organische Verbindungen, die eine Hydroxylgruppe —OH oder mehrere Gruppen **(Polyalkohole** oder **Polyole)** im Molekül enthalten. Formal lassen sie sich von Kohlenwasserstoffen ableiten, in denen Wasserstoffatome durch die Hydroxylgruppe substituiert sind, z. B. leiten sich von den Alkanen die Alkanole ab. Je nachdem, ob das die OH-Gruppe tragende C-Atom mit einem, zwei oder drei anderen Kohlenstoffatomen verbunden ist, spricht man von primären, sekundären und tertiären A.n. Primäre A. sind durch die Gruppierung $R—CH_2OH$, sekundäre durch R_1R_2CHOH und tertiäre durch $R_1R_2R_3COH$ charakterisiert. Von mehrwertigen A.n spricht man, wenn in einem Molekül mehrere Hydroxylgruppen vorhanden sind. Das Glyzerin $CH_2OH—CHOH—CH_2OH$ ist beispielsweise ein dreiwertiger Alkohol, der zwei primäre und eine sekundäre OH-Gruppe enthält. Eine weitere Unterscheidung ist die zwischen aliphatischen, aromatischen, heterozyklischen, gesättigten und ungesättigten A.n. Ist die Hydroxylgruppe unmittelbar am aromatischen Kern gebunden, so liegen Phenole vor, die auf Grund ihrer besonderen Eigenschaften nicht zu den A.n gerechnet werden. Die A. wurden früher mit Trivialnamen bezeichnet (Holzgeist, Weingeist u. a.), heute ist bei den einfacheren Verbindungen der Zusatz „Alkohol" zu dem Alkylrest gebräuchlich (Methyl-, Äthyl-, Butylalkohol). Nach der Genfer Nomenklatur wird der Name durch Anhängen der Silbe „ol" an den zugrunde liegenden Kohlenwasserstoff gebildet, z. B. Methanol, Äthanol.

Die niederen A. sind flüchtige, meist angenehm riechende, in Wasser lösliche Flüssigkeiten, die folgenden dickliche, meist unangenehm riechende (z. B. Pentanol), die höher molekularen A. sind feste Körper. Charakteristisch ist die Zunahme des süßen Geschmackes mit der Anzahl der OH-Gruppen. Chemisch sind die A. recht reaktionsfähig. Mit Metallen werden Alkoholate gebildet. Die Umsetzung mit anorganischen oder organischen Säuren oder mit Säurechloriden führt zu Estern. Bei der Oxydation ergeben primäre A. Aldehyde und weiter Karbonsäuren, sekundäre A. können zu Ketonen oxydiert werden, während tertiäre A. im allgemeinen keine definierten Oxydationsprodukte liefern. Die technische Gewinnung der A. erfolgt in großem Umfang (→ Methanol, → Äthanol; → Oxosynthese). In der Natur sind die A. in Form von Estern wichtige Bestandteile der ätherischen Öle, Fette und Wachse. Wichtigste A. sind Methanol, Äthanol, Propanole, Butanole und Pentanole, verschiedene Fettalkohole sowie die mehrwertigen A. Glykol, Glyzerin, Mannit, Sorbit und Pentaerythrit.

Alkoholometrie, die Ermittlung des Alkoholgehalts wäßrig-alkoholischer Lösungen mit dem Alkoholometer, einem in Vol. % Alkohol geeichten → Aräometer.

Alkydharze, Kunstharze, die zur Gruppe der Polyester gehören und durch Polykondensation mehrwertiger Alkohole, z. B. Glyzerin und Glykol, mit Dikarbonsäuren hergestellt werden. A. mit Phthal- bzw. Maleinsäure als Säurekomponente nennt man **Phthalatharze** bzw. **Maleinatharze,** solche aus Glyzerin und Phthalsäure **Glyptalharze.** Durch Einbau weiterer Komponenten in das — meist linear aufgebaute — Polyestermolekül entstehen **modifizierte A.** Bei *fettsäure-modifizierten A.n* dienen Vorlaufsäuren der Paraffinoxydation, bei *ölmodifizierten A.n* (*Ölalkyde*) vor allem Linol- oder Rizinusölsäure, bei *harz-modifizierten A.n* (*Harzalkyde*) Harzsäuren, z. B. Abietinsäure, bei *Phenalkyden* Phenolderivate als modifizierende Komponenten. Als *styrolisierte A.* bezeichnet man Kombinationen von Styrol mit A.n. Die große Auswahl an mehrwertigen Alkoholen sowie aliphatischen und aromatischen Dikarbonsäuren als Ausgangsstoffe und der verschiedenen modifizierenden Mittel ergibt reiche Variationsmöglichkeiten. Bis auf wenige härtende A. sind die A. in vielen organischen Lösungsmitteln löslich und besitzen meist thermoplastischen Charakter. A. werden hauptsächlich als Lackrohstoffe, ferner zur Herstellung von Druckfarben, Klebstoffen, Isoliermaterialien, Vergußmassen, als Mittel zur Textilveredlung und als Fußbodenbelag eingesetzt.

Alkyl..., abg. **R,** Bezeichnung für die einwertige Atomgruppierung C_nH_{2n+1}, die entweder als Fragment eines Moleküls oder als instabiles freies Radikal auftreten kann. Hierzu gehören Methyl... $—CH_3$, Äthyl... $—C_2H_5$, Propyl... $—C_3H_7$, Butyl... $—C_4H_9$, Pentyl... $—C_5H_{11}$, Hexyl... $—C_6H_{13}$, Heptyl... $—C_7H_{15}$, Oktyl... $—C_8H_{17}$, Nonyl... $—C_9H_{19}$, Dezyl... $—C_{10}H_{21}$ usw.

Alkylene, svw. → Alkene.

Alkylierung, die Einführung von Alkylgruppen (Methyl-, CH_3-, Äthyl-, C_2H_5- u. a.) in organische Verbindungen. Alkylierungsmittel sind vor allem Alkylhalogenide und Dialkylsulfate.

allitisch, Bezeichnung für eine → Verwitterung, die Aluminiumhydroxide liefert.

allochthon, ortsfremd, vom Bildungsort entfernt befindlich. Als a. bezeichnet man z. B. Gesteine, die durch tektonische Bewegung vom Bildungsort entfernt wurden. Gegensatz: → autochthon.

allothigen, nicht am Fundort entstanden. Als a. bezeichnet man z. B. Gesteinskomponenten, die aus anderen Bildungsräumen stammen (zusammengeschwemmte Bestandteile klastischer Sedimentgesteine u. a.). Gegensatz: → authigen.

allotriomorph, svw. → xenomorph.

Allotropie, → Modifikationen.

Allpaß, ein Netzwerk, das im Gegensatz zu den eigentlichen → Filtern hinsichtlich der Amplitude alle Frequenzen gleich bewertet und lediglich frequenzabhängige Phasenverschiebungen hervorruft.

Allstromgerät, ein mit Gleich- oder Wechselstrom zu betreibendes Gerät. Die Geräte, die elektrische Energie in Wärme umwandeln (Bügeleisen, Heizkissen, Kochplatten), sind im allgemeinen A.e. Allstromempfänger enthalten Allstromröhren, deren Heizfäden hintereinandergeschaltet sind. **Allstrommotoren** werden zum Antrieb von Haushaltgeräten (Staubsauger, Nähmaschinen), Elektrowerkzeugen und Büromaschinen eingesetzt (→ elektrische Maschine).

Alluvium, → Quartär.

Allyl..., → Alkenyl...

Allylaldehyd, svw. → Akrolein.

Almandin, → Granate.

Alodine-Verfahren, ein Verfahren zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und zur Erzielung eines korrosionsbeständigen Haftgrundes auf Aluminiumoberflächen. Nach Vorreinigen, Entfetten und Beizen werden beim **Alodine-1200-Verfahren** die Gegenstände bei Raumtemperatur mit der auf Chromsäurebasis beruhenden Lösung durch Tauchen, Spritzen oder Anstreichen behandelt. Das **Alodine-100-Verfahren** arbeitet mit einer 45 bis 50 °C warmen Lösung aus Phosphorsäure, Chromsäure, Ammoniumfluorid und Diammoniumphosphat im Tauch- oder Spritzverfahren.

Aloxydieren, → anodische Oxydation.

ALPA-ATA-System, → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Alpaka, 1) → Neusilber. **2)** eine Reißwollqualität, → Reißfasern.

Alphastrahlung, α-Strahlung, eine Korpus-

kularstrahlung, die vorwiegend bei der natürlichen Radioaktivität auftritt. Die A. besteht aus Alphateilchen, d. s. Heliumkerne, die sich aus zwei Protonen und zwei Neutronen zusammensetzen und eine Masse von $6{,}64 \cdot 10^{-24}$ g haben. Bei radioaktiven Umwandlungen wird die A. je nach Atomart mit kinetischen Energien zwischen 4,6 und 10,4 MeV (Megaelektronenvolt) emittiert; dies entspricht 5 bis 7,5 % der Lichtgeschwindigkeit. Das Energiespektrum der A. ist ein Linienspektrum mit diskreten, dicht beieinander liegenden Energiewerten. Die A. kann auch durch Beschleunigung von Heliumkernen im Zyklotron erzeugt und auf Grund ihrer ionisierenden Wirkung mit Zählrohren registriert werden. Sie schwärzt Photoemulsionen, erzeugt Lichtblitze auf Leuchtschirmen und kann in der Nebelkammer sichtbar gemacht werden. Man kann sie zur Umwandlung von Elementen mit niedriger Ordnungszahl benutzen.

Alphatron, ein → Vakuummeter.

Alpicarüstung, → Gerüst.

Alsimin, eine Aluminium-Silizium-Eisen-Legierung. A. ist das wichtigste Desoxydationsmittel bei der Stahlerzeugung.

Altazimut, ein → astronomisches Instrument.

Alter Mann, leergeförderter Grubenraum, der mit → Bergen verfüllt oder zu Bruch gegangen ist.

Altern, das Verändern der physikalischen und mechanischen Eigenschaften eines metallischen oder nichtmetallischen Stoffes nach längerem Lagern oder während des Gebrauchs. *Metallische Werkstoffe* verändern ihre Eigenschaften infolge auftretender Ausscheidungsvorgänge. Stahl und Eisen zeigen z. B. eine Abnahme der Formbarkeit und Zähigkeit und eine Zunahme der Härte und Sprödigkeit. Diese Vorgänge können durch Kaltverformung **(Reckalterung)** noch gefördert werden. Die Versprödung tritt bei Stahl nach Tagen oder Monaten, nach Glühen bei 250 °C schon nach wenigen Minuten ein. *Nichtmetallische Werkstoffe*, z. B. Baustoffe aus Naturgesteinen, Keramik, Mörtel, Beton und Plasten, altern in noch stärkerem Maße. Bei Plasten z. B. kann durch mechanische, thermische oder chemische Einflüsse sowie durch Einwirkung von Licht, UV Strahlen u. a. ein Abbau der in ihnen enthaltenen Makromoleküle erfolgen, wodurch eine Veränderung bestimmter Eigenschaften hervorgerufen wird.

Oft werden Eigenschaftsveränderungen durch A. vor der Verarbeitung des Werkstoffs künstlich erzeugt, damit die Veränderungen des Werkstoffs während des Gebrauchs auf ein Minimum reduziert werden. Bei Stahl erreicht man dies z. B. durch längeres → Anlassen. Nichtmetallische Werkstoffe werden z. B. der Einwirkung von Licht, Feuchtigkeit oder Wärme ausgesetzt.

Altgrad, Kurzz. ° (im Gegensatz zu Temperaturgrad unmittelbar an die Zahl anzuschließen, z. B. 3°), gesetzliche Einheit des ebenen Winkels als neunzigster Teil des Rechten. 1 Altgrad = $11{,}11111 \cdot (10^{-3})\llcorner$ (Rechter) = $17{,}45329 \cdot 10^{-3}$ rad (Radiant). Gegensatz: → Neugrad.

Altminute, Kurzz. ′, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels als sechzigster Teil des Altgrades. 1 Altminute $= \frac{1°}{60} = 185{,}185 \cdot (10^{-6})\llcorner$ (Rechter) $= 290{,}888 \cdot 10^{-6}$ rad (Radiant). Gegensatz: → Neuminute.

Altocumulus, → Wolken.

Altostratus, → Wolken.

Altsekunde, Kurzz. ″, gesetzliche Einheit des ebenen Winkels als sechzigster Teil der Altminute. 1 Altsekunde $= \frac{1'}{60} = 277{,}778 \cdot (10^{-6})°$ (Grad) $= 4{,}8481 \cdot 10^{-6}$ rad (Radiant). Gegensatz: → Neusekunde.

Alumel, eine Nickellegierung mit 94 % Nickel, 2,5 % Mangan, 1 % Silizium und 0,5 % Eisen. Sie wird zusammen mit Chromel als Thermoelementdraht zur Temperaturmessung eingesetzt.

Alumetieren, → Alitieren.

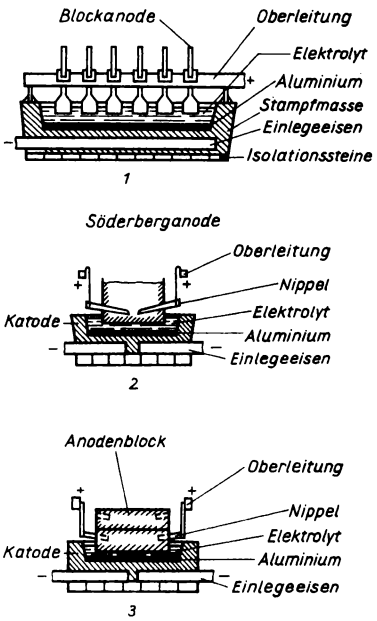
Aluminieren, → Alitieren.

Aluminium, Symbol **Al**, chemisches Element aus der III. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Erdmetalle, das wichtigste Leichtmetall, ein Reinelement; Ordnungszahl 13, Atomgewicht 26,9815 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, sehr selten I, D. 2,70 g cm^{-3}, F. 660,2 °C, Kp. 2270 °C, Zugfestigkeit in Abhängigkeit von Reinheits- und Verformungsgrad 7 bis 18 kp mm^{-2}, elektrische Leitfähigkeit 33 bis 36 S. A. ist silberweiß, schweißbar, sehr dehnbar, man kann es deshalb zu feinen Drähten ausziehen, zu dünnen Blechen und Folien auswalzen und als Blattaluminium aushämmern. An Luft und gegen Wasser ist A. beständig, da es sich mit einer Oxidschicht überzieht. Von Laugen und nicht oxydierenden Mineralsäuren wird es angegriffen.

Vorkommen und Gewinnung. A. ist in der Erdkruste sehr weit verbreitet, kommt jedoch nicht frei, sondern nur in Form von Verbindungen vor. Es findet sich hauptsächlich in Feldspäten und Glimmern und in deren Verwitterungsprodukten, den Tonen.

Wichtigster Ausgangsstoff für die Gewinnung von A. ist Bauxit, ein Gemenge verschiedener Aluminiumhydroxid-Minerale. Aus diesem wird zunächst mittels verschiedener — trockener oder nasser — Aufschlußverfahren Tonerde (technisches Aluminiumoxid Al_2O_3) hergestellt, aus der anschließend durch Schmelzflußelektrolyse A. gewonnen wird. Die meisten Betriebe arbeiten heute mit dem nassen Aufschluß, dem *Bayer-Verfahren*. Der getrocknete und gemahlene Bauxit wird mit 35- bis 40 %iger Natronlauge in einem Autoklaven bei 8 at und 160 °C aufgeschlossen. Während dabei Al_2O_3 in die wasserlösliche Natriumaluminatform übergeführt wird, bleiben die Beimengungen, vor allem Eisen(III)-oxid Fe_2O_3, ungelöst zurück und werden als Rotschlamm in einer Filterpresse von der Lösung getrennt. Die Aluminatlauge wird mit etwas kristallisiertem Aluminiumhydroxid geimpft und gerührt. Das dabei ausfallende Tonerdehydrat wird mit einem Vakuumfilter von der Lauge getrennt und in Kalzinieröfen (Drehrohröfen) bei etwa 1200 bis 1300 °C geglüht, wodurch ein wasserfreies, beständiges, „totgebranntes" Al_2O_3 entsteht. Da diese Tonerde einen hohen Schmelzpunkt von 2058 °C hat, wird sie in geschmolzenem Kryolith Na_3AlF_6 (heute verwendet man synthetisches Natriumfluoroaluminat) gelöst, das bei etwa 1000 °C schmilzt. Die Betriebstemperatur beträgt dann etwa 950 °C. Die Elektrolysezellen bestehen aus mit Kohleblöcken ausgelegten Stahlwannen, deren Fugen mit Kohlestampfmasse ausgefüllt sind. Der Kohleboden bildet die Katode, die Stromzuführung erfolgt über Aluminiumschienen und Kontaktstifte zu den Anodenblöcken. Als Anoden, die in die Bäder hineinhängen, werden vorgebrannte diskontinuierliche Blockanoden (ältestes Verfahren, Söderbergelektroden) oder vorgebrannte kontinuierliche Blockanoden (neuestes Verfahren) eingesetzt. Das A. sammelt sich flüssig am Boden an und wird alle 2 bis 3 Tage mittels eines Vakuumtiegels abgesaugt und entweder direkt zu Masseln vergossen oder in 8 bis 10 t fassenden Herdöfen zu größeren Einheiten vereinigt und dann im Stranggußverfahren zu Walzbarren oder Preßblöcken verarbeitet. Zur Erzeugung von 1 kg A. werden etwa 4 kg Bauxit und 15 kWh Gleichstromenergie benötigt. Der Reinheitsgrad des so erzeugten A.s beträgt 99,4 bis 99,8 % A.

Reinstaluminium (mindestens 99,99 % A.) wird mittels Dreischichtenelektrolyse erzeugt. Auf dem als Anode geschalteten Kohleboden einer Stahlwanne ruht die Anodenlegierung, gebildet aus A. mit einem Kupfergehalt von etwa 30 %. Darüber befindet sich die Elektrolytschicht, bestehend aus 60 % Bariumchlorid, 24 % Aluminiumfluorid, 12 % Natriumfluorid und 4 % Natriumchlorid. Das Reinstaluminium wird als leichteste Schicht (Katodenschicht) an den in die Salzschmelze tauchenden Graphitkatoden, die zum Schutz vor Luftabbrand mit Reinstaluminium ummantelt sind, abgeschieden und dort abgeschöpft.



Bauarten von Elektrolysezellen bei der Aluminiumgewinnung durch Schmelzflußelektrolyse: *1* Elektrolysezelle mit vorgebrannten diskontinuierlichen Blockanoden; *2* mit Söderberganode, horizontale Stromzuführung; *3* mit vorgebrannten kontinuierlichen Blockanoden

Verwendung. A. wird hauptsächlich in der Elektrotechnik für Kabel, Draht u. a., im Bauwesen, im chemischen Apparate- und Behälterbau, im Fahrzeug-, Schiff- und Flugzeugbau sowie zur Herstellung von Legierungen und Haushaltgegenständen verwendet. Aluminiumfolien werden z. B. in der Nahrungsmittelindustrie als Verpackungsmaterial eingesetzt. Aluminiumpulver dient z. B. zur Herstellung von Anstrichmitteln und von Aluminiumüberzügen sowie als Füllstoff. Häufig werden in der Technik die wichtigen Aluminiumlegierungen, die vorwiegend Cu, Mg, Si, Zn, Mn, auch Ni, Ti, Fe, Cr und Co enthalten, eingesetzt (→ Aldrey, → Bronzen, → Duralumin, → Duranalium, → Hydronalium, → SAP, → Silumin, → Skleron).

Aluminiumverbindungen. **Aluminiumazetat,** $Al(CH_3COO)_3$, verwendet als Beize für Baumwolle, basisches Aluminiumazetat (essigsaure Tonerde) in der Medizin; **Aluminiumchlorid,** $AlCl_3$, verwendet als Katalysator, Kondensationsmittel u. a.; **Aluminiumoxid** (Tonerde), Al_2O_3, existiert in mehreren Modifikationen, α-Al_2O_3 kommt in der Natur als → Korund vor, γ-Al_2O_3 verwendet als Katalysator; **Aluminiumsulfat,** $Al_2(SO_4)_3$, dient zum Leimen von Papier, zur Herstellung von Farblacken, zum Gerben von Häuten, als Beizmittel u. a., Kaliumaluminiumsulfat ist der bekannteste Alaun; Mischhydride des A.s sind die → Alanate.

Lit. Beljajew: Metallurgie des A.s, Bd I und II (dtsch Berlin 1956/57).

Aluminothermie, aluminothermisches Verfahren, Goldschmidtverfahren, ein 1894 von Goldschmidt entwickeltes Verfahren zur Gewinnung von hochschmelzenden, schwer reduzierbaren Metallen aus ihren Oxiden durch Reduktion mit Aluminium. Das Verfahren beruht auf der Ausnutzung der hohen Sauerstoffaffinität des Aluminiums (→ Metallothermie). Die Oxide der Metalle werden mit Aluminiumgrieß gemischt (ein Gemisch von Eisenoxiden und Aluminiumpulver wird als → Thermit bezeichnet) und zur Reaktion gebracht. Dabei bildet sich das entsprechende Metall als Regulus und geschmolzenes Aluminiumoxid. Die beim aluminothermischen Verfahren auf kleinstem Raum erzeugten hohen Temperaturen nutzt man zum Schweißen (Thermitschweißen) aus, → Schweißen, Abschn. A I 3).

Alumogel, → Bauxit.

Alwegbahn, eine → Sattelbahn.

Am, Symbol für → Amerizium.

AM, → Modulation.

Amalgam, die Legierung eines Metalls mit Quecksilber. Das A. entsteht durch Verreiben von flüssigem Quecksilber mit dem festen Metall oder wird elektrolytisch erzeugt. Eine Reihe von A.en wird bei geringer Erwärmung weich und knetbar; sie werden daher zu Zahnfüllungen (1 Teil Kadmium und 2 Teile Zinn, in Quecksilber gelöst, oder 61 % Zinn und 39 % Silber, in Quecksilber erwärmt) verwendet. Natriumamalgame werden bei der Ätznatronherstellung verwendet. In der Natur kommen A.e als Mischkristalle von Gold oder Silber und Quecksilber vor. Die **Amalgamation (Amalgamieren)** ist ein Anreicherungsverfahren bei der Gewinnung von Metallen, besonders von Gold und Silber, aus Erzen durch Auflösen in Quecksilber. Die Amalgamation ist weitgehend durch die Zyanidlaugung verdrängt worden.

Amalgamverfahren, → Chlor.

Amblygonit, ein Mineral, $LiAlPO_4(F/OH)$; triklin, meist grobkörnig, weißlich, grau, Härte nach Mohs 6, D. 3,0 bis 3,1 g cm^{-3}. A. findet sich auf pegmatitischen und pneumatolytischen Gängen im Granit. Er wird verwendet zur Gewinnung von Lithiumsalzen für die Photographie, Medizin, als Lötsalz, für Spezialgläser u. a., ferner zur Darstellung von Lithiummetall.

Ameisensäure, Methansäure, H—COOH, die einfachste Monokarbonsäure. A. ist eine farblose, stechend riechende, brennend schmeckende Flüssigkeit (Kp. 101 °C). Die Salze und Ester der A. heißen **Formiate.** A. wirkt stark ätzend und findet sich in den Giftdrüsen der Ameisen und anderer Insekten sowie in vielen Pflanzen, z. B. in der Brennessel, und Früchten. Man gewinnt A. technisch meist aus Kohlenmonoxid und Natriumhydroxid über Natriumformiat, das mit Schwefelsäure zersetzt wird. A. wird eingesetzt in der Textilindustrie, z. B. zum Imprägnieren und als Lösungsmittel, in der Lederindustrie zum Entkalken des Leders, zur Konservierung von Früchten und Fruchtsäften, bei der Grünfuttersilage sowie in der Medizin als Hautreizmittel (Ameisenspiritus).

Amerizium, Symbol **Am,** radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 95, Massenzahlen der Isotope 237 bis 246 (das stabilste Isotop $^{243}_{95}Am$ ist ein α-Strahler mit einer Halbwertszeit von $7{,}95 \cdot 10^3$ Jahren), Wertigkeit II bis VI, D. 11,7 g cm^{-3}, F. 827 °C. A. wurde 1944 von Seaborg, James und Ghiorso in Form des Isotops $^{241}_{95}Am$ gefunden, das bei der

Beschießung von Uran 238 mit α-Teilchen und nachfolgendem β-Zerfall entsteht.

Amesit, → Chlorite 2).

Amethyst, eine Varietät des → Quarzes.

Amianth, ein → Amphibol.

Amiddünger, → Stickstoffdüngemittel.

Amide, 1) **Säureamide,** Verbindungen, die sich von Sauerstoffsäuren dadurch ableiten, daß deren Hydroxylgruppen —OH durch die Aminogruppe $—NH_2$ ersetzt werden, z. B. Nitramid $NO_2—NH_2$ von der Salpetersäure $NO_2—OH$ oder Azetamid $CH_3—CO—NH_2$ von der Essigsäure $CH_3—COOH$. Zweibasische Säuren können **Diamide** bilden, z. B. ist Harnstoff $CO(NH_2)_2$ das Diamid der Kohlensäure. Die A. lassen sich aus Säurehalogeniden, -anhydriden und -estern durch Einwirkung von Ammoniak oder durch partielle Verseifung von Nitrilen darstellen. Viele A. haben technische Bedeutung, z. B. Harnstoff und Polyamide.

2) **anorganische Metallamide,** vom Ammoniak abgeleitete Verbindungen. Sie entstehen dadurch, daß ein H-Atom des Ammoniaks durch ein Metallatom ersetzt wird, z. B. Natriumamid $NaNH_2$.

Amine, 1) organische Verbindungen, die sich formal vom Ammoniak NH_3 durch Substitution eines oder mehrerer H-Atome durch Alkyle **(aliphatische A.)** oder Aryle **(aromatische A.)** ableiten. Je nach der Anzahl der substituierten H-Atome unterscheidet man primäre (R_1NH_2), sekundäre (R_1R_2NH) und tertiäre ($R_1R_2R_3N$) A. Beispiele sind Methylamin $CH_3—NH_2$ als primäres, Dimethylamin $NH(CH_3)_2$ als sekundäres und Trimethylamin $N(CH_3)_3$, der unangenehm riechende Stoff der Heringslake, als tertiäres Amin. Außerdem gehören zu den A.n die Tetraalkylammoniumsalze $[R_1R_2R_3R_4N]^+ X^-$. Die A. zeigen basischen Charakter und bilden mit Säuren Salze, z. B. mit Chlorwasserstoff Hydrochloride. A. sind meist stark giftig. A. dienen zur Herstellung von Farbstoffen, Heilmitteln und Plasten. Sie sind wichtige Ausgangsstoffe in der organischen Synthese.

2) **biogene A.,** die im tierischen und pflanzlichen Organismus durch enzymatische Dekarboxylierung von Aminosäuren entstehenden Amine, z. B. Histamin. Sie sind zum Teil Vorstufen von Hormonen und spielen im Stoffwechsel eine bedeutende Rolle.

o-Aminobenzoesäure, svw. → Anthranilsäure.

Aminobenzol, svw. → Anilin.

Aminogruppe, die funktionelle Gruppe $—NH_2$, die z. B. in Aminen und Säureamiden enthalten ist.

Aminomethan, svw. → Methylamin.

Aminoplaste, Oberbegriff für Polykondensationsprodukte, die durch Einwirkung von Aldehyden, meist Formaldehyd, auf Amine hergestellt werden. Die wichtigsten Vertreter der A. sind die → Harnstoffharze und die Melaminharze, ferner gehören zu den A.n noch die Protein-Formaldehyd-Plaste, die Anilinharze und die Dizyandiamidharze.

p-Aminosalizylsäure, abg. **PAS,** $NH_2C_6H_3(OH)COOH$, ein Derivat der Salizylsäure. p-A. bildet farblose Kristalle (F. 151 °C). Sie ist ein wirksames Medikament gegen Tuberkulose, ihre Wirkung kann durch Zusatz von Streptomyzin oder Isonikotinsäurehydrazid noch gesteigert werden.

Aminosäuren, Aminokarbonsäuren, organische Säuren von großer physiologischer Bedeutung, die die Aminogruppe $—NH_2$ enthalten. Je nach Stellung der Aminogruppe zu der endständigen Karboxylgruppe —COOH unterscheidet man α-, β-, γ- ... Aminosäuren. α-Aminosäuren besitzen die allgemeine Formel $R—CH(NH_2)—COOH$, sie sind die wesentlichsten Bausteine der Eiweiße. Die mit der Nahrung von Mensch und Tier aufgenommenen Eiweißstoffe werden bei der Verdauung in A. zerlegt, und aus diesen werden dann körpereigene Eiweißstoffe aufgebaut. Für den Organismus sind 10 A. unentbehrlich **(essentielle A.)**: Valin, Leuzin, Isoleuzin, Threonin, Histidin, Methionin, Phenylalanin, Tryptophan, Lysin und Arginin. Entbehrliche A. sind z. B. Glykokoll, Alanin, Serin, Zystin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Tyrosin, Prolin und Ornithin. β-, γ- und andere A. wurden in letzter Zeit in Naturstoffen nachgewiesen. Bisher sind über 80 natürlich vorkommende A. bekannt geworden.

Für alle A. werden vielfach Kurzbezeichnungen gebraucht, die meist aus den ersten drei Anfangsbuchstaben bestehen (vgl. Einzelartikel der Aminosäuren). A. mit einer Amino- und einer Karboxylgruppe sind amphoter, da sie sowohl sauer als auch basisch reagieren. Die Anhydride der A. heißen → Laktame. Mittels chromatographischer Verfahren lassen sich die A. qualitativ und quantitativ bestimmen.

Die A. können durch Hydrolyse von Eiweißstoffen oder synthetisch vor allem nach folgenden Verfahren gewonnen werden: 1) nach der Strecker-Synthese aus Aldehyden, Zyaniden und Ammoniak, 2) durch Umsetzung von Halogenkarbonsäuren mit Ammoniak, 3) nach der Erlenmeyer-Synthese aus Aldehyden und Hippursäure, 4) nach der Knoopschen Synthese durch katalytische Hydrierung von α-Ketosäuren und α-Iminosäuren in Gegenwart von Ammoniak.

In der Medizin werden viele A. als Kraftnahrung und für pharmazeutische Präparate verwendet. ε-Aminokapronsäure ist ein großtechnisches Zwischenprodukt bei der Herstellung von Polyamiden. Im Sulfosolvanverfahren dienen Alkalisalze von A. zum Herauswaschen von Schwefelwasserstoff aus Gasen.

Aminotoluole, svw. → Toluidine.

Aminozucker, Derivate der Monosacharide, bei denen eine alkoholische Hydroxylgruppe —OH durch eine Aminogruppe $—NH_2$ ersetzt ist. Der von der Glukose abgeleitete A. ist Glukosamin.

Ammoniak, NH_3, ein farbloses Gas von stechendem Geruch; D. 0,5967 g cm^{-3} (bezogen auf Luft = 1), Kp. −33,4 °C, F. −77,7 °C. A. wirkt auf der Haut ätzend. Es entsteht bei der Zersetzung organischer Stickstoffverbindungen, also beim Fäulnisvorgang aller tierischen und pflanzlichen Stoffe. In der Industrie wird A. nach dem → Haber-Bosch-Verfahren unter hohem Druck aus dem Stickstoff der Luft synthetisch hergestellt **(Ammoniaksynthese)**. Weniger bedeutend ist die Gewinnung von A. aus dem bei der Zersetzungsdestillation der Kohle in Kokereien und Gasanstalten anfallenden Gaswasser. Bei 8,6 at und 20 °C läßt sich A. verflüssigen und kommt so in Stahlbomben oder in Wasser gelöst als 25- bis 30%ige alkalische Flüssigkeit **(Ammoniakwasser,** Trivialname **Salmiakgeist)** in den Handel.

A. wird hauptsächlich in Form von Ammoniumsalzen (→ Ammonium ...) und als Ausgangsstoff für Stickstoffdüngemittel, ferner in der Textilindustrie, Bleicherei, Färberei, bei der Farbstoffherstellung und für Lichtpausverfahren verwendet. Auch dient A. zur Herstellung von Soda, Salpetersäure, Sprengstoffen, in der Metallurgie zur Nitrierhärtung, zum Löschen von Benzinbränden, als Säureneutralisationsmittel u. a. Flüssiges A. besitzt ein ausgeprägtes Lösungsvermögen für zahlreiche anorganische und organische Substanzen und wird in erheblichen Mengen als Kältemittel und in der Wollwäscherei verwendet.

Ammoniakdünger, → Stickstoffdüngemittel.

Ammonite, → Ammonsalpetersprengstoffe.

Ammonium..., abg. **Ammon...,** die nicht frei auftretende Atomgruppierung NH_4, die als Kation in Verbindungen (Ammoniumsalzen) die Stelle des einwertigen Metalls vertritt und in mancher Beziehung den Alkalimetallionen ähnelt.

Ammoniumhydroxid, NH_4OH, ist eine in wasserfreiem Zustand nicht bekannte Verbindung. Man erhält sie als basisch reagierende wäßrige Lösung beim Lösen von Ammoniak in Wasser (*Ammoniakwasser*). Mit Säuren entstehen dann die betreffenden Ammoniumsalze, von denen besonders wichtig sind: **Ammoniumchlorid (Salmiak)**, NH_4Cl, ein farbloses Salz von bittersalzigem Geschmack, das bei 355 °C sublimiert. Man erhält es durch Einwirken von Ammoniak auf Salzsäure oder Chloride und verwendet es — meist in Gemischen — als Stickstoffdüngemittel, weiterhin in der Zeugdruckerei, in der Galvanoplastik, Keramik, Gerberei, Medizin, ferner zum Löten, Verzinken und Verzinnen u. a. **Ammoniumkarbonat**, $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$, bildet farblose Prismen oder Tafeln, die an der Luft unter Abgabe von Ammoniak und Wasser in **Ammoniumhydrogenkarbonat**, NH_4HCO_3, übergehen, das ein weißes, mehliges Pulver oder farblose, rhombische Kristalle darstellt. Ammoniumhydrogenkarbonat erhält man technisch aus Ammoniak, Kohlendioxid und Wasserdampf. Beide Karbonate entstehen zusammen mit **Ammoniumkarbamat** $[NH_4]\,[CO_2NH_2]$, aus Ammoniumsulfat und Kalziumkarbonat. Die Karbonate verwendet man in der Wollwäscherei, Färberei, in Feuerlöschgeräten u. a. Ein Gemisch aus Ammoniumhydrogenkarbonat und Ammoniumkarbamat dient unter dem Namen Hirschhornsalz als Backpulver. **Ammoniumnitrat (Ammonsalpeter)**, NH_4NO_3, bildet farblose Kristalle, die an feuchter Luft leicht zerfließen; weiteres → Salpeter. **Ammoniumoxalat**, $(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$, bildet farblose, rhombische Säulen. Man gewinnt es z. B. durch Neutralisation von Oxalsäure mit Ammoniak und verwendet es in der analytischen Chemie und in der Sprengstofftechnik, ferner für elektrolytische Zwecke. Von den **Ammoniumphosphaten** haben das primäre Ammoniumphosphat $NH_4H_2PO_4$ und das sekundäre Ammoniumphosphat $(NH_4)_2HPO_4$ als Bestandteil von Mehrstoffdüngern Bedeutung. **Ammoniumsulfat**, $(NH_4)_2SO_4$, besteht ebenfalls aus farblosen Kristallen. Man gewinnt es durch Neutralisation von Ammoniak mit Schwefelsäure, wobei man als Ausgangsmaterial das bei der Leuchtgas- und Koksfabrikation anfallende Gaswasser einsetzt, oder durch Umsetzung von Ammoniumkarbonat mit Kalziumsulfat (Gips, Anhydrit). Es wird vor allem als Stickstoffdüngemittel, ferner als Flammschutzmittel, Unkrautvertilgungsmittel, zur Herstellung von Kältemischungen u. a. verwendet. **Ammoniumzyanat**, NH_4CNO, besteht aus weißen Nadeln. Man erhält es aus Ammoniak und Zyansäure. Beim Erwärmen lagert es sich in Harnstoff um.

Ammonsalpetersprengstoffe, Ammoniumnitratsprengstoffe, die wichtigsten industriellen Sprengstoffe. Sie enthalten als Hauptbestandteil Ammoniumnitrat. Die **Gelatine-Donarite** enthalten außerdem noch 20 bis 40 % gelatiniertes Sprengöl; sie werden zum Sprengen harter Gesteine und Minerale verwendet. Die **Donarite** sind pulverförmig und bestehen aus 70 bis 80 % Ammoniumnitrat, 4 bis 6 % Sprengöl, Tri- und Dinitrotoluol, Holzmehl u. a. Die ähnlich zusammengesetzten sprengölfreien A. heißen **Ammonite.**

Amontonssches Gesetz, von Amontons 1702 entdecktes Gesetz, wonach der Druck p eines in einen festen Raum eingeschlossenen idealen Gases bei Temperaturerhöhung ansteigt, und zwar für je 1 °C Temperaturerhöhung um $^1/_{273,15}$ desjenigen Betrags, den er bei 0 °C hatte: $p = p_0 (1 + \beta t)$, wobei β = Druck- oder Spannungskoeffizient und t = Celsius-Temperatur. Bei kleinen Drücken gilt dieses Gesetz auch näherungsweise für reale Gase.

amorph, gestaltlos; Zustand fester Körper, bei dem im Gegensatz zu den Kristallen die Einzelbausteine (z. B. Atome, Moleküle) nicht streng regelmäßig angeordnet sind. Es gibt nur eine *Nahordnung*, indem die Abstände der nächsten Nachbarn eines Moleküls um einen besonders häufig vorkommenden Mittelwert schwanken. *Beispiele:* Silikat-, Borat-, Phosphatgläser, Quarzglas, organische Plaste, auch amorphe Modifikationen mancher Elemente, z. B. Selen, Arsen, Germanium. A.e Stoffe sind instabil und können ohne äußeres Zutun in den kristallinen Zustand übergehen.

Ampere, 1) **absolutes A.,** Kurzz. **A** (früher A_{abs}), nach dem französischen Physiker A. M. Ampère benannte Grundeinheit der elektrischen Stromstärke im heute gültigen System physikalisch-technischer Einheiten (→ Einheitensysteme). Das A. ist die Stärke eines zeitlich unveränderlichen elektrischen Stroms durch zwei geradlinige, parallele, unendlich lange Leiter der relativen Permeabilität 1 und von vernachlässigbarem Querschnitt, die einen Abstand von 1 m haben und zwischen denen die durch den Strom elektrodynamisch hervorgerufene Kraft im leeren Raum je 1 m Länge der Doppelleitung $2 \cdot 10^{-7}$ m kg s^{-2} beträgt. Das früher übliche **internationale A.** (A_{int}) war definiert als die Stromstärke, die in 1 s aus wäßriger Silbernitratlösung 1,1180 mg Silber abscheidet. 1 A_{int} = 0,999 85 A_{abs}. **Kiloampere,** Kurzz. kA, = 10^3 A; **Milliampere,** Kurzz. mA, = 10^{-3} A; **Mikroampere,** Kurzz. μA, = 10^{-6} A.

2) Kurzz. **A,** gesetzliche Einheit der magnetischen Spannung.

Amperemeter, svw. → Strommesser.

Ampèresches Gesetz, → Elektromagnetismus.

Amperesekunde, Kurzz. **As,** gesetzliche Einheit der Elektrizitätsmenge oder der elektrischen Ladung. Die A. ist die Elektrizitätsmenge, die während der Zeit 1 Sekunde bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 Ampere durch den Querschnitt des Leiters fließt. 1 As = 1 C (Coulomb) = $^1/_{3600}$ Ah (Amperestunde). **Milliamperesekunde,** Kurzz. mAs, = 10^{-3} As.

Amperestunde, Kurzz. **Ah,** gesetzliche Einheit der Elektrizitätsmenge oder der elektrischen Ladung. 1 Ah = 3600 As (Amperesekunde) = 3600 C (Coulomb). **Kiloamperestunde,** Kurzz. kAh, = 10^3 Ah.

Amperewindungszahl, magnetische Durchflutung, das Produkt aus elektrischer Stromstärke und Windungszahl einer Spule. Wird die A. durch die Länge der betreffenden Spule dividiert, so erhält man die → magnetische Feldstärke.

Amphibienfahrzeug, ein Fahrzeug, das sich auf dem Lande und im Wasser (→ Schwimmfahrzeug) oder auf einem Luftpolster dicht über dem Lande oder Wasser bzw. Sumpf u. dgl. (→ Bodeneffektgerät) fortbewegen kann. Im weiteren Sinne gehören auch die → Amphibienluftfahrzeuge zu den A.en.

Amphibienluftfahrzeug, ein Luftfahrzeug (Flugzeug oder Hubschrauber), das sowohl auf dem Lande als auch auf dem Wasser starten und landen kann. **Amphibienflugzeuge** sind meist als Flugboote ausgeführt und weisen außerdem ein Einziehfahrwerk auf, das beim Landen ausgefahren und beim Wassern in abgeschottete Räume eingefahren ist. **Amphibienhubschrauber** besitzen einen Schwimmrumpf mit einem einziehbaren oder festen Fahrwerk.

Amphibole, Hornblenden, eine Gruppe sehr wichtiger gesteinsbildender Minerale, chemisch Silikate mit der vereinfachten Formel $X_2Y_5[Z_4O_{11}]_2\,(OH, F)_2$ (X = Ca, Na, K, seltener Mn^{II}, Fe^{II}, Mg; Y = Mg, Fe^{II}; Fe^{III}, Al, Mn, Ti^{III}; Z = Si, Al); undurchsichtig bis durchscheinend, hellgrau, grün bis fast schwarz, Glasglanz, Spaltbarkeit meistens vollkommen, Härte nach Mohs 5,5 bis 6,5, D. 2,8 bis 3,4 g cm^{-3}. Die

meisten A. kristallisieren monoklin, nur wenige orthorhombisch, sie weisen Bandsilikatstrukturen auf mit überwiegend stengeligem bis faserigem Habitus, z. T. bilden sie verfilzte Aggregate. In der chemischen Zusammensetzung und anderen Eigenschaften ähneln die A. sehr den Augiten.

Man unterscheidet 1) Monokline A.: a) Strahlsteingruppe (ohne Al und Fe^{III}): **Tremolit, Grammatit,** $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, grau, weiß oder lichtgrün, sehr weit verbreitet; **Aktinolith, Strahlstein** (im engeren Sinne), $Ca_2(Mg, Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, eine eisenhaltige Abart des Tremolits, zuweilen mit etwas Na und Al, dunkelgrün; **Nephrit,** ein mikrokristallines, verfilztes und außerordentlich zähes Strahlsteinaggregat; grün bis grünlichgrau, splitteriger Bruch, schmilzt schwer. b) Gruppe der Hornblenden (im engeren Sinne); **gemeine Hornblende,** ein dem Tremolit entsprechendes Kalzium-Magnesium-Fe^{II}-Silikat mit Fe^{III} und Al, schwärzlich grün bis schwarz. Ein besonders Fe^{III}-, zuweilen auch Ti-reiches Glied dieser Gruppe ist die bräunlich-schwarze **basaltische Hornblende.** c) Gruppe der Alkalihornblenden: Sie enthalten 5 bis 10% Na_2O, außerdem etwas K_2O. Zu dieser Gruppe gehören: **Arfvedsonit,** etwa $Na_3Fe_4(Fe^{III}, Al)[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, blauschwarz; **Riebeckit,** $Na_2Fe^{II}_3Fe^{III}_2[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, blauschwarz; **Glaukophan,** $Na_2Mg_3Al_2[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, eisenarm; blau, schwarzblau bis blaugrau; **Krokydolith,** die Asbestform des Riebeckits, graublau bis grünlichblau.

2) Orthorhombische A.: **Anthophyllit,** $(Mg, Fe)_7[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, nelkenbraun und gelblichgrau, säureunwirksam.

Anthophyllit sowie die krokydolith- und tremolitartigen A. werden als Asbest verwendet, Nephrit und Krokydolith als Schmucksteine.

Faserige, langstrahlige und verfilzte Varietäten der A. werden als **Hornblendeasbest, Amianth, Byssolith, Bergflachs** u. a. bezeichnet. Sie sind z. T. verspinnbar und werden wegen ihrer Biegsamkeit, Säure- und Hitzebeständigkeit in der Technik verwendet.

Ampholyte, nach Brönsted Verbindungen, die sowohl als Säure wie auch als Base reagieren können, z. B. Aluminiumhydroxid und Aminosäuren.

amphoter, nach beiden Seiten reagierend. A. sind chemische Verbindungen, die sich gegenüber stärkeren Säuren als Basen, gegenüber stärkeren Basen als Säuren verhalten, z. B. die Oxide und Hydroxide von Aluminium, Zink, Zinn und Blei. A.e organische Verbindungen sind z. B. die Aminosäuren.

Amplidyne, → Verstärkermaschine.

Amplitron *n*, eine Wanderfeld-Magnetfeldröhre (→ Lauffeldröhre) mit hohem Wirkungsgrad. Das A. hat eine ringförmig angeordnete, aber nicht in sich geschlossene Verzögerungsleitung für die Verstärkung von Dezimeterwellen. Mit dem A. kann z. B. bei einer Frequenz von 1400 MHz eine 100fache Leistungsverstärkung und eine Ausgangsleistung von 450 W im Dauerbetrieb bei einem Wirkungsgrad von 40% erreicht werden.

Amplitude, Schwingungsweite, der größte Wert der Elongation bei einer → Schwingung.

Amplitudenbegrenzung, eine Maßnahme zur Vermeidung von Übersteuerungen von Verstärkern und Modulatoren, indem Spannungen nur bis zu einem gewissen Höchstwert übertragen werden. Bei frequenzmodulierten Übertragungen (z. B. im UKW-Rundfunk) wird die A. im Empfänger angewendet, um durch Unterdrückung der unerwünschten Amplitudenmodulation eine Störverringerung zu erzielen. Bei Fernsehempfängern dient die A. sowohl zur Unterdrückung von Störimpulsen als auch zur Abtrennung der Synchronimpulse vom Bildsignal. Zur Realisierung der A. werden → Begrenzer eingesetzt.

Amplitudenmodulation, → Modulation.

Am-Sup-Ka, → Mehrnährstoffdünger.

amu, Kurzz. für → atomare Masseeinheit.

Amygdalin, → Blausäure.

Amylalkohole, svw. → Pentanole.

Amylasen, zur Gruppe der glykosidspaltenden Hydrolasen gehörende Fermente. Es sind wichtige Verdauungsfermente, die Stärke in Maltose aufspalten. Man unterscheidet α- und β-Amylasen. **α-Amylasen** kommen z. B. in der Bauchspeicheldrüse, in der Leber, im Malz und als Ptyalin im Speichel vor. Die ersten Spaltprodukte sind Oligosacharide von 6 bis 7 Glukose-Einheiten. Schließlich werden diese Bruchstücke weitgehend zur Maltose (Malzzucker) abgebaut. Die **β-Amylasen** findet man fast nur im Pflanzenreich. Sie greifen die Stärke vom Ende her an unter Abspaltung von Maltose.

Amylene, svw. → Pentene.

Amylopektin, ein Bestandteil der → Stärke.

Amylose, ein Bestandteil der → Stärke.

Anaglyphenverfahren, ein in der Photogrammetrie und in der darstellenden Geometrie gebräuchliches Aufnahme- und Wiedergabeverfahren von stereoskopischen Bildern (→ Stereoskopie). Dabei sind die zur Erzielung des räumlichen Eindrucks von benachbarten Standpunkten aus aufgenommenen Halbbilder komplementärfarbig, meist rot und blaugrün. Sie werden übereinandergedruckt oder -projiziert, wobei sich die Punkte der Halbbilder, die in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse des Aufnahmeobjektivs liegen, decken; die Bildpunkte aller anderen senkrechten Raumebenen sind wegen der abweichenden Parallaxen jeweils seitlich gegeneinander verschoben. Betrachtet man die Bilder durch eine Brille, deren Gläser die entsprechenden Komplementärfarben haben, so wird von jedem Auge des Betrachters nur ein Halbbild wahrgenommen und dadurch ein stereoskopischer Effekt erzielt.

Weit verbreitet sind Luftbildstreifenaufnahmen nach dem A. (Anaglyphenbilder). Bisher selten hergestellt wurden Anaglyphenkarten; hierbei kann der Raumeindruck durch systematisches Verschieben der Höhenlinien in den beiden Teilkarten erreicht werden. In der darstellenden Geometrie wird das A. zur Veranschaulichung räumlicher Figuren verwendet. Für die Filmtechnik ist das A. wegen der Beschränkung auf Schwarzweiß-Wiedergabe und wegen technischer Unzulänglichkeiten nicht geeignet.

analog, Bezeichnung für verschiedene physikalische Systeme, die durch die gleichen mathematischen Beziehungen beschrieben werden. Beispielsweise werden sowohl die Potentialströmung als auch das elektrische Feld durch eine Laplacesche Differentialgleichung beschrieben. Auf Grund der Analogiebeziehungen lassen sich bei gleichen Randbedingungen Lösungen des elektrischen Feldes auf die entsprechende Potentialströmung umrechnen. Der Vorteil besteht in der leichten Ermittlung der Lösung durch experimentelles Ausmessen des elektrischen Feldes.

Die Bezeichnung a. wird auch (im Gegensatz zu digital) im Sinne von stetig veränderlich verwendet.

Analog/Digital-Umsetzer, abg. **A/D-Umsetzer,** ein Gerät zur Umwandlung von → analog dargestellten Informationen in → digital dargestellte, z. B. von stetigen Spannungen in Ziffernfolgen.

Analogierechenautomat (Tafel 47), **Analogrechenautomat,** ein → Rechenautomat, der nach dem Prinzip eines → Analogrechners arbeitet. Die Informationen, d. h. die Werte bzw. Funktionen am Ein- und Ausgang sowie die Rechen-

variablen, werden nicht durch Zahlen, sondern durch ihnen entsprechende physikalische Größen dargestellt, im allgemeinen die abhängigen Variablen durch Spannungen, die unabhängigen Variablen durch die Zeit. Zur Lösung der gestellten Aufgabe wird ein *physikalisches Modell* verwendet, das bei der Verknüpfung der physikalischen Größen denselben Gesetzen gehorcht, wie sie die zu lösende Aufgabe vorschreibt. Es besteht also zwischen Aufgabe und Modell eine starke Analogie sowohl hinsichtlich der Informationsdarstellung als auch hinsichtlich der Durchführung der Operationen. Durch Messung der verknüpften Größen gewinnt man schließlich die Lösung der Aufgabe.

An Rechenoperationen können in einem A. neben den vier Grundrechnungsarten das Quadratwurzelziehen, die Integration sowie in beschränktem Umfang die Differentiation und das Potenzieren ausgeführt werden. Diese Operationen lassen sich mit Hilfe der vier Recheneinheiten *Summator*, *Multiplikator*, *Integrator* und *Differentiator* verwirklichen, die als Hauptfunktionselement den *Operationsverstärker* enthalten, einen stets gegengekoppelten Gleichspannungsverstärker mit hoher negativer Verstärkung. Der Integrator ermöglicht es, die während der Rechnung benötigten Funktionen in großer Vielfalt zu erzeugen, indem entsprechende Differentialgleichungen gelöst werden, deren Lösungen diese Funktionen sind. Funktionen, die auf diese Art nicht erzeugbar sind, können z. T. mittels *Funktionsgeneratoren* gewonnen werden. Die Eingabe von festen oder variablen Koeffizienten erfolgt durch Einstellung von *Koeffizientenpotentiometern* oder von *Zeitfunktionsgebern*, die Eingabe der Rechenanweisungen durch Stecken von Verbindungen auf dem *Programmierfeld*. Das Rechenprinzip des A. bewirkt die Durchrechnung in einem Zuge; die Rechenzeit hängt daher nur von den Verzögerungen der in Anspruch genommenen Funktionseinheiten ab. Sie kann bei den meisten Universalanalogierechenautomaten in gewissen Grenzen eingestellt werden. Bei Rechenzeiten von mehr als etwa 10 Sekunden spricht man von *Langzeitrechnen*, bei Rechenzeiten von etwa 10 Millisekunden bis 10 Sekunden von *Kurzzeitrechnen*. Das Kurzzeitrechnen wird auch als *repetierendes Rechnen* bezeichnet, da sich die Rechnung in schneller Folge wiederholt ausführen läßt. Auf diese Weise kann man ein stehendes Bild der Lösung auf einem Elektronenstrahloszillographen erzeugen. Dagegen dient bei dem mit höherer Genauigkeit durchführbaren Langzeitrechnen ein Kurvenschreiber als Ausgabe.

Eine Aufgabe muß zu ihrer Lösung auf einem A. durch die sie beschreibende mathematische Gleichung oder ein System von Gleichungen gegeben sein, z. B. durch eine Differentialgleichung. Die Zusammenschaltung der Recheneinheiten zum Lösen dieser Aufgabe erfolgt entsprechend der beschreibenden Gleichung in Form eines *Kopplungsplanes* (→ Programmierung). Die Genauigkeit des Ergebnisses ist relativ gering, sie liegt im allgemeinen bei 1 % bis $1^0/_{00}$.

A.en sind in vielen Fällen Spezialrechner (→ Rechenautomat), z. B. Geräte zur Lösung von Schwingungs- und Flugbahnproblemen, algebraischen und transzendenten Gleichungen. Hauptanwendungsgebiet des universellen A.en ist das Lösen gewöhnlicher Differentialgleichungen (→ Integrieranlage). Daher eignet sich der A. besonders zur Nachbildung physikalischer Systeme, deren Funktion sich durch Differentialgleichungen beschreiben läßt, insbesondere für Regelungssysteme (Modellregelkreis) und im Echtzeitbetrieb (d. h. Arbeit im Zeitmaßstab des Originalsystems) zur Nachbildung (Simulation) des Verhaltens anderer Systeme, z. B. von Flugkörpern und Kernreaktoren. Auch als → Prozeßrechner wird der A. verwendet.

Gegenüber dem Digitalrechenautomat hat der A. folgende Vorteile: Durchführung von nichtdiskreten Rechenoperationen, z. B. Integrieren und Differenzieren, in einem Schritt und hohe Rechengeschwindigkeit für solche Operationen, schnelle Orientierung über den Einfluß von Parametervariationen auf die Lösung.

Moderne A.en arbeiten meist elektronisch. Vorläufer der A.en sind die mechanischen Analogrechner, z. B. der Rechenschieber und die mechanischen Integrieranlagen. 1939 entstanden in Deutschland und in den USA die ersten elektrischen A.en.

Lit. Adler: Elektronische Analogrechner (Berlin 1962); G. A. u. T. M. Korn: Elektronische Analogierechenmaschinen (dtsch Berlin 1962); Tetelbaum: Elektrische Analogierechenverfahren (dtsch Berlin 1964); Winkler: Elektronische Analogieanlagen (2. Aufl. Berlin 1963); Ganulitsch: Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Analogrechner (dtsch Berlin 1966); Sydow: Elektronische Analogrechner (dtsch 2. Aufl. Berlin 1966).

Analogrechenautomat, → Analogierechenautomat.

Analogrechner, ein Gerät zur Lösung mathematisch beschreibbarer Aufgaben, in dem die Rechengrößen stetig veränderlich (analog) sind und ihre Verknüpfung unmittelbar nach physikalischen Gesetzen geschieht (im Gegensatz zum → Digitalrechner). Erfolgt die Lösung selbsttätig, so handelt es sich um einen → Analogierechenautomaten. Andere A. sind z. B. mechanische → Integratoren und der → Rechenschieber.

Analysator, → Polarisation 3).

Analyse, allgemein zergliedernde Untersuchung, besonders die Ermittlung der Bestandteile chemischer Verbindungen oder Gemenge nach ihrer Art (qualitative A.) oder ihrer Menge (quantitative A.).

Bei **qualitativen A.n** anorganischer Stoffe dienen meist Farbreaktionen oder Fällungen, selten Gasentwicklung zum Nachweis. Der eigentlichen A. geht meist die *Vorprobe*, eine nur orientierende Prüfung, voraus, z. B. trockenes Erhitzen, Erhitzen mit Säuren, Prüfung auf Flammenfärbung, Zusammenschmelzen mit anderen Stoffen u. a. Feste Substanzen werden im allgemeinen gelöst untersucht, unlösliche Substanzen durch Aufschließen in lösliche überführt und dann gelöst untersucht. Substanzgemische, z. B. Legierungen, Minerale, trennt man häufig vor dem eigentlichen Nachweis der Elemente oder Elementengruppen nach bestimmten Regeln in einzelne Bestandteile. Bei dieser als *Trennungs-* oder *Analysengang* bezeichneten Methode werden die einzelnen Elemente nach ihren Eigenschaften in verschiedenen Gruppen nachgewiesen. 1) Die Salzsäuregruppe trennt die Elemente Ag, Hg, Tl und Pb ab. 2) Die Schwefelwasserstoffgruppe erfaßt die Elemente Hg, Pb, Bi, Cu, Cd, As, Sb, Sn, Mo und Ge. 3) Die Ammoniumsulfidgruppe enthält Zn, Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Be, La, U, Ti, Zr und V. 4) In der Ammoniumkarbonatgruppe werden Ba, Sr, Ca und Mg nachgewiesen. Die Alkalimetalle Na, K u. a. lassen sich spektroskopisch oder durch bestimmte Fällungsreaktionen erfassen. Die Anionen werden ebenso wie die Kationen in Gruppen unterteilt und dort mit spezifischen Einzelreaktionen analysiert.

Heute werden vorwiegend zur qualitativen Bestimmung physikalische und physikalisch-chemische Methoden angewandt, z. B. Spektralanalyse, Papier-, Gas- und Dünnschichtchromatographie.

Bei der **quantitativen A.** anorganischer Stoffe unterscheidet man chemische Verfahren (Gravimetrie und Volumetrie), elektrochemische Verfahren (Potentiometrie, Konduktometrie, Polarographie, Elektrophorese u. a.), optische Verfahren (Kolorimetrie, Refraktometrie, Interferometrie,

Nephelometrie u. a.), chromatographische Verfahren (Papier-, Adsorptions-, Verteilungs-, Ionenaustausch- und Gaschromatographie) und die spektralanalytischen Verfahren.

Bei der qualitativen A. organischer Verbindungen werden Kohlenstoff durch Verbrennung, Wasserstoff durch Oxydation, die anderen organogenen Elemente nach anorganischen Methoden nachgewiesen. Die quantitative organische A. nennt man → Elementaranalyse. Wegen der vielfältigen Isomerieerscheinungen organischer Verbindungen müssen bei ihrer A. noch das Molekulargewicht sowie die Struktur durch Bestimmen der funktionellen Gruppen u. a. ermittelt werden. Für die A. organischer Verbindungen gibt es Makro-, Halbmikro- und Mikrobestimmungen.

Lit. → Chemie, Abschnitt Analytische Chemie.

Analysis, Sammelbegriff für die Teilgebiete und Methoden der Mathematik, die sich auf dem Begriff der → Funktion aufbauen und die Lehre von der → Stetigkeit und den → Grenzwerten zur Grundlage haben. Es läßt sich schwer eine Grenze zwischen der A. und den übrigen Teilgebieten der Mathematik ziehen. Der historischen Entwicklung gemäß vereinigt man unter der Bezeichnung A. im allgemeinen die Grundlagen der Differential- und Integralrechnung, der Funktionentheorie, der Theorie der Differential- und der Integralgleichungen, der Variationsrechnung u. a. Die *praktische A.* hat rechnerische und zeichnerische Lösungsverfahren zum Gegenstand. Eine Weiterentwicklung der klassischen A. ist die **Funktionalanalysis.** In der *Differentialgeometrie* erfolgt die Anwendung der Methoden der A. in der Geometrie. Der Begriff A. wird noch für eine Reihe Spezialgebiete benutzt, z. B. Vektoranalysis, A. situs (→ Topologie).

Lit. Baule: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs (7 Bde 1962—65); Lindelöf-Ullrich: Einführung in die höhere A. (3. Aufl. Leipzig 1956); Mangoldt-Knopp: Einführung in die höhere Mathematik (3 Bde 12. Aufl. 1963—65); Rothe: Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker, Ingenieure (5 Teile 1962—65); Smirnow: Lehrgang der höheren Mathematik (5 Teile 1962—64).

analytische Geometrie, Teilgebiet der Mathematik, die Anwendung algebraischer und analytischer Methoden auf geometrische Probleme. Die Grundlage dafür bildet die Einführung eines Koordinatensystems, durch das jedem Punkt der Ebene genau ein Zahlenpaar (reelle Zahlen), die Koordinaten des Punktes, zugeordnet ist. Umgekehrt bestimmt jedes Zahlenpaar einen und nur einen Punkt der Ebene. Auf diese Weise können geometrische Gebilde durch (reelle) Zahlen (Koordinaten) festgelegt und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen durch Gleichungen ausgedrückt werden. Das ermöglicht die Lösung geometrischer Aufgaben auf rechnerischem Wege, und andrerseits können mittels algebraischer und analytischer Überlegungen wiederum geometrische Aussagen gewonnen werden. Die a. G. wurde von P. de Fermat (1601—1665) und R. Descartes (1596—1650) begründet.

Lit. Baule: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Bd III (7. Aufl. Leipzig 1964); Crantz-Hauptmann: A. G. der Ebene (12. Aufl. Leipzig 1958), A. G. des Raumes (Leipzig 1956); Keller: A. G. und lineare Algebra (2. Aufl. Berlin 1964); Kommerell: Vorlesungen über a. G. der Ebene (3. Aufl. Leipzig 1955); Kowalewski: Einführung in die a. G. (4. Aufl. Berlin 1953); Mangoldt-Knopp: Einführung in die höhere Mathematik, Bd I (12. Aufl. Leipzig 1965).

Anamorphot *m*, **Zerroptik, anamorphotisches Objektiv,** ein vorwiegend aus sphärischen Linsen und Zylinderlinsen bestehendes optisches System, das Aufnahmeobjekte in zwei zueinander senkrechten Richtungen mit verschiedenen Maßstäben abbildet. Der A. kann als getrennte optische Einrichtung (Verzerrungsobjektiv + Normalobjektiv) oder als Blocksystem vorliegen. Er wird bei Aufnahme, Bearbeitung und Wiedergabe von Breitwandfilmen angewendet (anamorphotische Verfahren, → Breitwandverfahren).

Anaphorese, → Elektrophorese.

Anastigmat, ein Linsensystem, → Abbildungsfehler.

Anatexis, → Metatexis.

Anbaugerät, ein landwirtschaftliches Arbeitsgerät, das nicht an einen Traktor angehängt, sondern auswechselbar angebaut und von diesem getragen wird, z. B. Anbaupflug, -grubber, -egge. Es kann sich dabei auch um Maschinen **(Anbaumaschinen)** handeln. Die A.e werden nach bestimmten → Anbausystemen heb- und senkbar am Traktor angebracht, und zwar am Heck oder zwischen Vorder- und Hinterachse des Traktors, vereinzelt auch vor dem Traktor (*Heck-, Zwischenachs-* und *Frontanbau*).

Das Einsetzen (Senken) des A.es zur Arbeit sowie das Ausheben (Hochheben) zum Transport des A.es oder zum Wenden erfolgen mittels Ketten, Seilen oder Stangen durch einen → Kraftheber, der meist hydraulisch wirkt (Hydraulik).

Der Antrieb von A.en mit bewegten Arbeitselementen erfolgt vom Motor des Traktors über eine Zapf- und Gelenkwelle, beim Anbaumähwerk auch durch eine besondere Antriebswelle.

A.e sind sehr materialsparend und leicht. Es werden nur die Arbeitswerkzeuge am Traktor angebaut, während die sonst erforderlichen Teile wie Fahrersitz, Räder u. a. fortfallen.

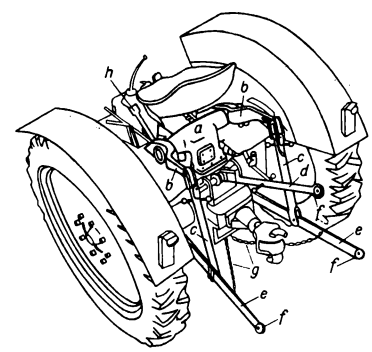
A.e ermöglichen ein schnelles Fahren des Traktors auf dem Weg vom und zum Acker sowie das Rückwärtsstoßen, was beides bei Anhängegeräten nur bedingt durchführbar ist.

A.e gibt es auch zum Einachstraktor.

Der → Geräteträger ist ein speziell zum Tragen von A.en bestimmter und entsprechend konstruierter Traktor.

Anbauraupen, svw. → Ansteckraupen.

Anbausystem, bei → Anbaugeräten und -maschinen die Art der Anbringung am Traktor. Man unterscheidet mehrere Arten von A.en. Bei der **Vierpunktkupplung (-aufhängung),** die heute kaum noch verwendet wird, wird das Anbaugerät an zwei Anschlußstellen unten am Traktor befestigt. Bei der **Dreipunktkupplung (-aufhängung)** wird das Gerät bzw. die Maschine mittels dreier Stangen (zwei untere, ein oberer



Dreipunktkupplung. *a* hydraulischer Dreipunktkraftheber, *b* Hubarm, *c* Hubstreben, *d* oberer Lenker, *e* unterer Lenker, *f* Anschlußauge, *g* Kettenanbringung für Seitensteifigkeit, *h* Transportverriegelung

Lenker) an den Traktor angeschlossen. Die unteren Lenker sind mit dem Kraftheber verbunden, sie heben und senken das Gerät bzw. die Maschine je nach Bedarf. Dreipunktkupplungen sind leichter und billiger zu bauen als Vierpunktkupplungen.

Eine andere Anbaumöglichkeit ist die Anbringung des Anbaugerätes oder der -maschine an der

am Heck des Traktors befindlichen heb- und senkbaren *Ackerschiene*.

Die Anbringung von Anbauhackmaschinen und Anbaupflegegeräten am Traktor erfolgt mittels einfacher *Steckverbindungen*, die gesichert werden.

Anblasen, die Inbetriebnahme eines → Schachtofens. Sie erfolgt durch Entzünden von eingefüllten Brennstoffen und durch Einblasen von kaltem oder bereits vorgewärmtem Wind (Verbrennungsluft); häufig wird auch die direkte Zündung mit Heißwind angewendet. Bei Schachtöfen, die mit Heißwind betrieben werden (z. B. zur Roheisenerzeugung), erfolgt eine allmähliche Erhöhung der Windtemperatur auf den Betriebswert.

Andalusit, ein Mineral, $Al_2[O|SiO_4]$; rhombisch, Inselsilikat, grünbraune Farbtöne, Härte nach Mohs 7,5, D. 3,1 bis 3,2 g cm^{-3}. Eine Varietät ist **Chiastolith** (Kreuzstein) mit kreuzförmig eingelagerten tonigen oder kohligen Schiefersubstanzen. A. tritt als Bestandteil metamorpher Gesteine auf. Er ist ein hochwertiger Tonerderohstoff; beim Rösten bildet sich → Mullit.

Andesin, → Feldspäte.

Andesit, ein weitverbreitetes Ergußgestein, meist jüngeren Alters als Porphyrit, das aus einer meist glasführenden Grundmasse und Einsprenglingen von Plagioklas, Amphibol, auch Glimmer und Pyroxen besteht.

Andradit, → Granate.

Andromedanebel, ein → Sternsystem, das im Sternbild Andromeda mit dem bloßen Auge als kleiner, schwach leuchtender Nebelfleck sichtbar ist. Der A. stellt das mit bloßem Auge wahrnehmbare Himmelsobjekt mit der größten Entfernung von der Erde dar. Er ist ein Spiralsystem mit einem Durchmesser von etwa $5 \cdot 10^4$ pc, das von einigen 10^{11} Sternen gebildet wird und in einer Entfernung von rund 675000 pc vor uns steht.

Androsteron, → Sexualhormone.

Andrussow-Verfahren, → Blausäure.

anellierte Ringsysteme, → Kohlenstoffverbindungen.

Anemometer, ein Gerät zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit z. B. des Windes. Am gebräuchlichsten ist das **Robinsonsche Schalenkreuzanemometer,** das vor allem in der Meteorologie angewendet wird. Je größer die Windgeschwindigkeit ist, desto schneller dreht sich das Schalenkreuz. Die Zahl der Umdrehungen in einer bestimmten Zeit ergibt die mittlere Windgeschwindigkeit. Außer diesem A. gibt es noch Druckplatten-Anemometer sowie aerodynamisch, akustisch und thermisch arbeitende Geräte.

Anemostat, Luftverteiler, bei Lüftungsanlagen eine auf die Zuluftöffnung aufgesetzte Vorrichtung, die die ausströmende Frischluft ohne Zuglufterscheinungen verteilt.

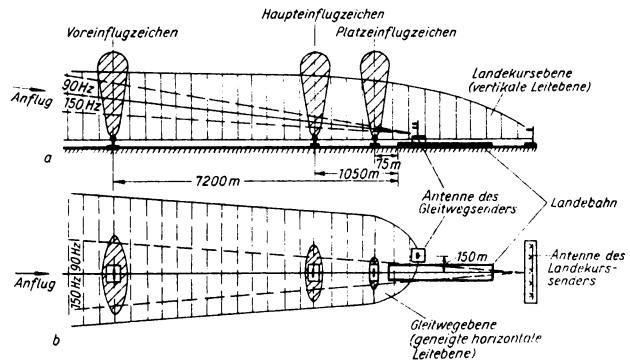
Anethol, $H_3CO—C_6H_4—CH=CH—CH_3$, p-Methoxypropenylbenzol, farblose Blättchen mit Anisgeruch (F. 22 bis 23 °C). A. ist der Hauptbestandteil von Anisöl, Estragon und Fenchelöl. Es wird als schleimlösendes Hustenmittel, ferner in der Parfümerie und bei der Likörfabrikation verwendet.

Aneurin, Vitamin B_1, → Vitamine.

Anfluggrundlinie, die Verlängerung der Achse der Start- und Landebahn in Anflugrichtung im Bereich eines Landeverfahrens.

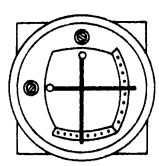
Anflug- und Landesysteme, funktechnische oder optische Systeme für die Landung von Luftfahrzeugen bei unzureichender Bodensicht, z. B. nachts und bei Schlechtwetter. In der zivilen Luftfahrt werden z. Z. folgende Systeme angewendet:

1) Das **Instrumenten-Lande-System nach ICAO** (englisch **Instrument-Landing-System, abg. ILS**) ist das z. Z. auf den meisten Flughäfen der Welt angewendete System. Es stellt eine Weiterentwicklung des UKW-Systems Lorenz dar, das bereits 1933 als europäisches Standardsystem festgelegt wurde. Ab 1938 erfolgte der Bau dieses Systems in England unter der Bezeichnung **Standard Beam Approach** (‚Standard-Leitstrahl-Anflug'), abg. **SBA**; es ist vereinzelt noch heute in Betrieb. Die Erweiterung des SBA-Systems und wesentliche Verbesserungen führten schließlich zum ILS-System, das sich durch einen hohen Grad von Genauigkeit und Zuverlässigkeit auszeichnet. Das ILS-System gibt dem Piloten die Möglichkeit, 1) in einer vertikalen Leitebene (Landekursebene) zu fliegen und den Landekurs einzuhalten, auf dem er zur Landebahn hingeführt wird; 2) innerhalb dieser Vertikalebene einer geneigten horizontalen Leitebene (Gleitwegebene) zu folgen und somit den „Gleitweg" einzuhalten; 3) mit den durch Markierungsfunkfeuer gekennzeichneten drei Punkten auf der Anfluggrundlinie die Entfernung vom Aufsetzpunkt zu erkennen. Das ILS-System enthält insgesamt 5 Sendeanlagen (Abb. 1): den *Landekurssender* (Landekursbake, englisch Localizer),



1 Instrumenten-Lande-System (ILS): *a* Seitenansicht, *b* Draufsicht

dessen Antennenanlage in Verlängerung der Anfluggrundlinie in einigem Abstand hinter dem Ende der Landebahn aufgestellt ist, den *Gleitwegsender* (Gleitwegbake, englisch Glide Path Equipment), dessen Antennenanlage seitlich der Landebahn steht, und drei *Markierungsfunkfeuer*, die *Einflugzeichen*, abg. EZ (englisch Marker Beacon), die längs der Anfluggrundlinie in drei verschiedenen Entfernungen vor der Landebahn angeordnet sind (s. u.). Die Landekursebene ist definiert durch die Gleichheit des Modulationsgrades der beiden Frequenzen 90 und 150 Hz (Hertz), die dem Träger, der eine Frequenz im Bereich von 108 bis 112 MHz (Megahertz) hat, aufmoduliert sind. Die Ausstrahlung erfolgt durch horizontale Dipolgruppen. In ähnlicher Weise ist die Gleitwegebene definiert; der Träger (328 bis 335 MHz) ist ebenfalls mit 90 und 150 Hz moduliert, seine Ausstrahlung erfolgt durch einzelne Horizontaldipole. Die Schnittlinie von Landekursebene und geneigter Gleitwegebene ist der Gleitweg. Dem Piloten wird die Landekursebene durch eine Instrumentenanzeige angegeben, und zwar als Mittellage des vertikalen Zeigers, eines Kreuzzeigerinstrumentes (Abb. 2); die Abweichungen aus dieser Ebene sind als Links/Rechts-Ausschläge erkennbar. Auf dem gleichen Instrument gibt die Mittellage des horizontalen Zeigers die Einhaltung der Gleitwegebene an; Abweichungen von der Gleitwegebene sind als Ausschläge nach oben oder unten erkennbar. Die Mindestreichweite der Landekursanlage liegt bei 45 km, die der Gleitweganlage bei 18 km. Die Neigung der Gleitwegebene läßt sich bei Bedarf durch die Antenne im Bereich von 2° bis 4° verändern.



2 Kreuzzeigerinstrument der ILS-Bordempfangsanlage (dargestellte Zeigerstellung tritt bei richtigem Anflug auf)

Die drei Einflugzeichen arbeiten sämtlich mit gleichem Träger (75 MHz), der mit verschiedenen Tonfrequenzen moduliert ist. 7200 m vor der Landebahnschwelle steht das Voreinflugzeichen (abg. VEZ), 1050 m vor der Landebahnschwelle das Haupteinflugzeichen (abg. HEZ). Das Platzeinflugzeichen (PEZ) steht nur 75 m vor der Landebahnschwelle, es ist jedoch nicht unbedingt erforderlich. Das Überfliegen der Einflugzeichen wird dem Piloten durch das Aufleuchten von Lampen verschiedener Farbe angezeigt, außerdem kann auch eine akustische Anzeige erfolgen. Für Höhen unterhalb etwa 30 m über Grund sind die von Landekurs- und Gleitweganlage ausgestrahlten Signale für eine Auswertung unzureichend, so daß der letzte Teil des Anfluges und des Aufsetzens nach Sicht erfolgen muß.

2) Das **Instrumenten-Lande-System Typ Materik** (russisch „Festland") wird in der UdSSR sowie z. T. in einigen anderen Ländern angewendet. Es unterscheidet sich von dem ILS (ICAO) dadurch, daß der Landekurs durch den Betrag und die Phase eines 60-Hz-Signals im Vergleich zu einem azimutunabhängigen 60-Hz-Bezugssignal bestimmt ist; für den Gleitweg ist außerdem gegenüber dem ILS die Zuordnung der Frequenzen 90 Hz und 150 Hz vertauscht.

3) Das **Lande-Radar-System** (englisch **Ground Controlled Approach** ‚vom Boden geleiteter Anflug', abg. **GCA**) erfüllt zwei Aufgaben: a) die Erfassung und Führung des Luftfahrzeuges zu einem Ablaufpunkt für den anschließenden Präzisionsanflug, b) die Lenkung des Anfluges bis zur Landung, indem das Luftfahrzeug über UKW-Sprechfunk von der Bodenstelle laufend Kurs- und Höhenverbesserungen sowie die momentane Entfernung vom Aufsetzpunkt mitgeteilt erhält. Ab einer Höhe von etwa 60 m führt der Pilot das Landemanöver nach optischer Sicht zu Ende. Die Lande-Radar-Anlage enthält zwei voneinander unabhängige Radargeräte, das Rundsicht-Radar und das Präzisions-Anflug-Radar (→ Radar). Das *Rundsicht-Radar* (englisch **Airport Surveillance Radar** ‚Flughafen-Überwachungs-Radar', abg. **ASR**) ist meist auf einem Turm oder einem hohen Gebäude im Flughafengelände oder in der Nähe des Flughafens aufgebaut. Es erfaßt jedes innerhalb der Reichweite sich bewegende Luftfahrzeug und zeigt es auf dem Bildschirm des Sichtgerätes an. Rundsicht-Radargeräte arbeiten meist im Frequenzbereich von 2800 MHz mit einer Impulsleistung von etwa 500 kW. Die Reichweite beträgt dann etwa 100 km. Für die Luftfahrzeuge, die mit Hilfe dieses Gerätes bis an die Anflugrundlinie herangelotst wurden, tritt das **Präzisions-Anflug-Radar** (englisch **Precision Approach Radar**, abg. **PAR**) in Aktion (Tafel 50). Es wird von einem Radarlotsen bedient, der auf dem Bildschirm die jeweilige Position des Luftfahrzeuges erkennt. Über UKW-Sprechfunk steht der Radarlotse mit dem Luftfahrzeug während des Anfluges in ununterbrochener Verbindung. Er teilt die momentane Entfernung vom Aufsetzpunkt sowie die gegebenenfalls erforderlichen Höhen- und Seitenkorrekturen mit, deren Auswirkungen sich sofort auf dem Bildschirm zeigen. PAR-Geräte arbeiten im Frequenzbereich von 9200 MHz mit einer Impulsleistung von etwa 35 kW. Während beim ASR-Gerät die Antenne periodisch rotiert, werden beim PAR-Gerät zwei Antennen (Elevations- und Azimut-Antenne) in bestimmten Winkelbereichen abwechselnd und periodisch hin- und hergeschwenkt. Die Elevationsantenne ist für die Höhenanzeige, die Azimutantenne für die Seitenanzeige zuständig. Synchron mit der Schwenkung erfolgt die Anschaltung der Antennen an den Sender und Empfänger, so daß eine periodische Abtastung des Luftraumes in der Umgebung des gewünschten Gleitweges erzielt wird.

4) **Vierkursfunkfeuer und Drehfunkfeuer** (→ Funknavigation) werden in kleineren Flughäfen, die keine ILS- und GCA-Anlagen besitzen, zur Erleichterung des Anfluges benutzt, wobei derjenige Leitstrahl oder Kurs verwendet wird, der mit der Richtung der Anfluggrundlinie übereinstimmt. Auch zwei ungerichtete Funkfeuer können zur Erleichterung des Anfluges Verwendung finden, wenn andere funktechnische Einrichtungen nicht zur Verfügung stehen. Diese Funkfeuer werden als Anflugfunkfeuer bezeichnet; das zuerst angeflogene wird auch Ansteuerungsfunkfeuer genannt, weil es zum Aufsuchen der für den Landeanflug richtigen Ausgangsposition dient.

5) Die **optische Anflugbefeuerung** stellt eine Markierung der Anflugstrecke und der Landebahn durch Feuer (Leuchtfeuer) dar, → Flughafenbefeuerungsanlagen.

6) **Automatische Landesysteme** ermöglichen Anflug und Landung, ohne daß der Pilot selbst irgendwelche Funktionen auszuführen hat. Sie werden z. Z. nur in der Militärluftfahrt angewandt. Für die zivile Luftfahrt befinden sich geeignete Systeme noch in der Erprobung; dabei stehen mehrere unterschiedliche Verfahren zur engeren Wahl, z. B. das Leitkabel-Verfahren und die radargesteuerte Ladung. a) Das **Leitkabel-Verfahren** arbeitet unter Verwendung der bereits vorhandenen Einrichtungen der Instrumenten-Lande-Systeme. Die an Bord empfangenen ILS-Signale werden einem Regelsystem aufgeschaltet, mit dem Fluglage und Antrieb des betreffenden Luftfahrzeuges gesteuert werden. Da unterhalb 30 m über Grund die ILS-Anlage keine ausreichende Genauigkeit mehr gewährleistet, wird die weitere Führung bis zum Aufsetzen durch das magnetische Feld von zwei Leitkabeln bewirkt. Die beiden links und rechts der Landebahnmittellinie ausgelegten Kabel sind mit Wechselströmen der Frequenz 1070 und 1750 Hz gespeist. An Bord des Luftfahrzeuges befindliche Empfänger geben dem Magnetfeld proportionale Spannungen ab, die zur Steuerung dienen. b) Die **radargesteuerte Landung** lehnt sich an die technische Konzeption des GCA-Systems an. Am Boden befindet sich ein Zielverfolgungs-Radar, dessen Daten jedoch nicht wie beim GCA von einem Radarlotsen abgelesen und ausgewertet werden, sondern in einen Rechenautomaten gelangen, der die notwendigen Korrekturkommandos bestimmt. Diese werden dem Luftfahrzeug übermittelt und an Bord direkt zur Steuerung von Fluglage und Antrieb aufgeschaltet. Tafel 11, Abb. 6.

Lit. Bowen: Radar, Grundlagen und Anwendung (Berlin 1960); Philippow: Taschenb. Elektrotechnik, Bd 3 (Berlin 1968).

Angledozer, eine → Planiermaschine mit Schwenkschild.

Angstgase, → Psychogifte.

Ångström, Kurzz. **Å,** früher **Ångström-Einheit,** Kurzz. **AE,** nach dem schwedischen Physiker A. J. Ångström benannte, nicht gesetzliche Längeneinheit der Spektroskopie. Das Å. war ursprünglich als 6438,469ter Teil der Wellenlänge der roten Kadmiumlinie in trockener Luft bei einem Druck von 1 physikalischen Atmosphäre bei 15 °C und einem Kohlendioxidgehalt der Luft von 0,03 % des Volumens definiert. Auf Grund der Meterdefinition von 1960 ist das Å als 10^{10}ter Teil des Meters zu definieren. Dabei ist es mit der gleichen Sicherheit wie das Meter durch die Strahlung der orange Linie des Kryptonisotops 86 im Vakuum bestimmt. $1\ Å = 10^{-10}$ m $= 10^{-1}$ nm (Nanometer). **Milliångström,** Kurzz. **mÅ,** $= 10^{-3}\ Å = 10^{-1}$ pm (Pikometer).

Angußmasse, svw. → Engobe.

Anhängegerät, ein an den Traktor angehängtes und von ihm gezogenes Arbeitsgerät. Auch

Maschinen (**Anhängemaschinen**) können in dieser Weise am Traktor befestigt werden. A.e besitzen ein eigenes Fahrgestell mit zwei Achsen und mindestens drei oder vier Laufrädern, auf denen die Masse des Gerätes bzw. der Maschine ruht. A.e, z. B. Anhänge-Beetpflüge, sind fast alle lenkbar eingerichtet. Zur Fortbewegung werden die A.e an den Traktor angehängt. Zwecks Erzielung einer hohen Transportgeschwindigkeit sind sie mit Luftbereifung ausgestattet. Ein Rückwärtsfahren des Traktors mit A.en ist nur bedingt möglich.

Anhydrid, chemische Verbindung, die durch Abspaltung von chemisch gebundenem Wasser aus einer Sauerstoffsäure (**Säureanhydrid**) oder aus einer Base (**Baseanhydrid**) entsteht oder die durch Aufnahme von Wasser in eine Sauerstoffsäure oder eine Base übergeht. Anorganische Säureanhydride sind z. B. Phosphorpentoxid P_2O_5 und Chrom(VI)-oxid CrO_3, ein Baseanhydrid ist z. B. Kalziumoxid CaO. Organische A.e bilden sich durch Wasserabspaltung aus Karbonsäuren, Essigsäureanhydrid z. B. aus Essigsäure.

Anhydrit, ein Mineral, $CaSO_4$; rhombisch, Kristalle sind selten, meist in dichten körnigen Massen; farblos, leicht gefärbt, Härte nach Mohs 3 bis 3,5, D. 2,9 bis 3,0 g cm^{-3}. A. kommt sedimentär in ungeheuren Massen, fast ständig von Gips begleitet, häufig in Salzlagerstätten vor. Durch Wasseraufnahme geht er unter Volumenvergrößerung bis 60 % in Gips über. Man ververwendet A. als Rohstoff für die Schwefelsäuregewinnung und für Anhydritbinder.

Anhydritbinder, ein nichthydraulisches Bindemittel (TGL 11872), das durch Brechen und Mahlen von Anhydrit oder synthetisch beim Aufschluß von Flußspat mit Schwefelsäure gewonnen wird. Mit Wasser angemacht, wandelt sich der A. in Gips $CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$ um und erstarrt. Dieser Vorgang wird durch basische Anreger, z. B. Kalk, Portlandzement, oder sulfatische, z. B. Zinksulfat, Kaliumsulfat, Eisensulfat u. a., beschleunigt.

A. wird vor allem zur Herstellung von Bodenbelägen (TGL 118-0054) benutzt, ferner für Wandbauplatten u. a. Wegen seiner Hygroskopizität darf A. nur dort eingesetzt werden, wo keine dauernde Durchfeuchtung möglich ist.

Lit. Ottmann: Baustoff A. (Berlin 1952).

Anilin, Aminobenzol, Phenylamin, $C_6H_5{-}NH_2$, das einfachste aromatische Amin. A. ist eine farblose, ölartige, stark giftige Flüssigkeit, die sich im Licht schnell dunkel färbt (Kp. 184 °C). Es ist eine schwache Base und bildet mit starken Säuren Salze, z. B. Anilinhydrochlorid. A. ist Bestandteil des Steinkohlenteers und wird technisch meist durch Reduktion von Nitrobenzol (z. B. Einwirkung von Eisenfeilspänen und Salzsäure oder Wasserstoff an Kupferkontakten in der Dampfphase) gewonnen. Es besitzt große Bedeutung für die Herstellung der meisten Teerfarbstoffe (früher als Anilinfarben bezeichnet), von pharmazeutischen Präparaten, z. B. Azetanilid und Sulfonamiden, von Anilinharzen und von wichtigen Zwischenprodukten, z. B. Phenylhydrazin und Sulfanilsäure.

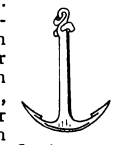
Anilindruck, svw. → Flexodruck.

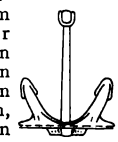
Anilinschwarz, ein schwarzer, in Wasser fast unlöslicher Entwicklungsfarbstoff. Er wird fast immer auf der Faser direkt erzeugt, und zwar durch Oxydation von Anilin mit Kaliumchlorat (**Chloratschwarz**) oder Kaliumdichromat (**Dichromatschwarz**) in Gegenwart von Oxydationskatalysatoren.

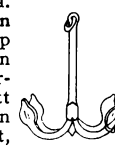
Anion, negativ geladenes Ion, → Ionen.

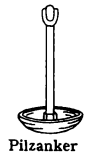
Anisotropie, die Abhängigkeit der physikalischen Eigenschaften mancher Stoffe von der Richtung im Raum. Sie wird vor allem durch die Raumgitterstruktur dieser Stoffe bedingt. Kristalle sind im allgemeinen anisotrop in bezug auf Elastizität, thermische Ausdehnung, Festigkeit (Härte und Spaltbarkeit), Lichtbrechung, elektrische Leitfähigkeit und Magnetisierbarkeit. Auch andere Eigenschaften unterliegen der A.; so sind Ätzangriff, Wachstums- und Auflösungsgeschwindigkeit der Kristallflächen unterschiedlich. Durch äußere Einflüsse, z. B. Druck, Zug, Biegung, kann in isotropen Festkörpern A. hervorgerufen werden. In Gasen und Flüssigkeiten bedingen Schweredruck und Strömungen unter Umständen A. Gegensatz: → Isotropie.

Anker, 1) Schiffahrt: stählerne, meist hakenförmige Vorrichtung mit einem oder mehreren Armen (Flunken), die an Gliederkette oder Ankerseil auf den Gewässergrund niedergelassen wird. Sie dient dazu, ein Schiff auf freier See, Reeden und Flüssen festlegen zu können. Der A. gräbt sich beim Anholen der Kette mit einem oder mehreren Armen ein. Beim früher üblichen, heute nur noch als Reserve benutzten **Stock-** oder **Admiralitätsanker** bewirkt ein quer im Ankerschaft befestigter Stock, daß sich einer der beiden Arme eingräbt. Der heute auf allen See- und maschinell getriebenen Binnenschiffen verwendete stocklose **Patentanker** hat ein gegen den Ankerschaft bewegliches Joch mit 2 Armen, die in jeder Stellung greifen. Die gebräuchlichsten Formen sind Hall-, Gruson-, Danforthanker für Seeschiffe und der leichtere Klippanker für Küsten- und Binnenschiffe. Lastkähne u. a. ältere Binnenschiffe weisen z. T. noch **Draggen** mit 4 bis 6 festen Armen auf; dieser Ankertyp wird auch oft als **Suchanker,** z. B. zum Suchen beschädigter Seekabel, verlorener A. u. a., verwendet. Der **Pilz-** oder **Schirmanker** trägt statt der Arme eine Kugelkappe; mit ihm werden Feuerschiffe, Docks, Seezeichen u. a. verankert, die lange an einer Stelle liegenbleiben. In diesem Fall spült man den Pilz- oder Schirmanker oft in den Grund ein. Normalerweise haben Schiffe zwei Buganker und einen — oder auch zwei — Heck- (oder Strom-)anker (um das Schiff an beiden Enden festlegen zu können). Die *Ankerkette* wird durch ein schräges Klüsenrohr ins Schiff geführt, das an der Bordwand in einer *Ankerklüse* und an Deck in einer Decksklüse endet. Bei manchen Schiffen ist die Bordwand um die Ankerklüse zu einer *Ankertasche* vertieft, in welcher der A. liegt. An Deck läuft die Kette über eine Haltevorrichtung (Kettenkneifer) und das *Ankerspill* (→ Spill), die Decksmaschine zum Auslassen und Hieven des Ankers, sowie schließlich in den unter Deck liegenden *Kettenkasten.* — Die Masse der A. ist entsprechend der Schiffsgröße vorgeschrieben; die Buganker eines großen Seefahrgastschiffes wiegen je etwa 15 t. — Die Stelle, an der ein Anker liegt, wird oft auf dem Wasser durch eine *Ankerboje* gekennzeichnet.


Stockanker


Patentanker

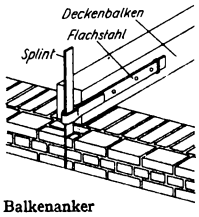

Draggen


Pilzanker

Segelfahrzeuge, Rettungsboote u. a. sind oft mit einem **Treibanker** ausgerüstet, der bei schwerem Wetter oder Manövrierunfähigkeit ausgesetzt wird, damit das Schiff nicht umschlägt oder abtreibt. Er besteht aus einem großen Segeltuchtrichter, der vorn und hinten offen ist.

2) Elektrotechnik: ein Eisenkörper, der als Leiter für den magnetischen Fluß dient. Bei elektromagnetischen Geräten, wie Relais, Schütze, Klingeln, ist der A. ein beweglich gelagerter Eisenkörper, der einen Teil des magnetischen Kreises bildet und die Kontakte betätigt. Wenn die im magnetischen Kreis befindliche Spule Strom führt, wird der A. angezogen. In elektrischen Maschinen ist der A. ein als Blechpaket aufgebauter Eisenkörper, der die Ankerwicklung in Form sinnvoll miteinander verbundener Spulen trägt. In der Ankerwicklung wird durch Rotation eine Spannung induziert, die für das Umsetzen elektrischer Energie in mechanische (Motor-

Ankerit



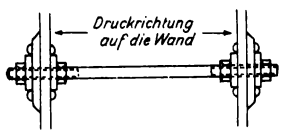
Balkenanker

betrieb) oder mechanischer Energie in elektrische (Generatorbetrieb) verantwortlich ist.

3) Hochbau: eine Hilfskonstruktion zum Abspannen und räumlichen Halten von Stahlmasten und Standbäumen. Der A. besteht aus Ankerklotz (Beton) oder Ankerplatte (U-Stahl-Rost), bzw. Ankernadel (Formstahl), ferner aus Spannschloß, Ankerseil, Seilklemmen und Ankerhaken.

4) Maschinenbau: ein Element zur Befestigung eines Maschinenbauteiles auf einem Fundament oder an einer Wand.

5) Bauwesen: eine Verbindung aus Stabstahl- oder Flachstahlbändern zum Zusammenhalten von Bauteilen und zum Aufnehmen von Zug- und Schubkräften. **Balkenanker** zur Verankerung von Decken bestehen aus der *Ankerschiene*, die am Balken befestigt ist, und aus dem *Splint*, der in die Wand eingemauert ist (einfacher Splint oder Kreuzsplint). Zur besseren Druckverteilung dient statt des Splints auch eine *Ankerplatte*, die in oder außen vor der Wand liegt. Nach der Lage der A. unterscheidet man **Frontanker** und **Giebelanker** (quer zur Balkenlage angeordnet). **Ringanker** sind in die Außenwände des Bauwerkes in Deckenhöhe oder unter dem Deckenauflager einbetonierte, ringsumgehende (geschlossene) Stahlbetonbalken, die zur Aussteifung und zur Aufnahme horizontaler Kräfte dienen. **Gewölbeanker** sind in Höhe der Widerlager von Gewölben angebracht und dienen zur Aufnahme des Horizontalschubs. **Längsanker** sind Elemente zur



Längsanker

Versteifung und zur Einhaltung bestimmter Abstände ebener Wände.

6) bei der → Uhr ein Teil der Hemmung.

Ankerit, → Dolomit.

Ankörnen, → Körner.

Anlagerungskomplexe, → Koordinationslehre.

Anlassen, ein Verfahren der → Wärmebehandlung für metallische Werkstücke nach vorausgegangener Härtung oder Kaltverfestigung. Durch A. auf Temperaturen unterhalb des unteren Umwandlungspunktes bei Stahl sollen Spannungen abgebaut und der Werkstoff zäher und maßbeständiger gemacht werden.

A. über eine lange Zeitdauer wird als **Altern** bezeichnet. Natürliches Altern erfolgt bei Raumtemperatur, künstliches Altern bei erhöhten Temperaturen.

Beim A. entstehen je nach dem Grad der Erwärmung unterschiedliche → Anlaßfarben.

Anlasser, 1) bei Elektromotoren (Gleichstrommotoren, Asynchronmotoren) während des Anlaßvorganges vorgeschaltete Widerstände, die mit zunehmender Drehzahl nacheinander abgeschaltet werden. Sie dienen zur Begrenzung des Anzugsstroms und — bei Asynchronmaschinen — zur Erhöhung des Anzugsmoments. A. für Gleichstromnebenschlußmotoren tragen eine zusätzliche Schleifschiene, mit deren Hilfe die Erregerwicklung vor Einschalten der ersten Anlaßstufe des Ankerkreises bereits unmittelbar an die Netzspannung gelegt wird. Beim **Flachbahnanlasser** sind mehrere Widerstandsspiralen oder -bänder an Kontakte angeschlossen, die in einer Ebene angeordnet sind, und werden durch Drehen des darauf schleifenden Gegenkontakts nacheinander abgeschaltet. Beim **Schaltwalzenanlasser** werden die einzelnen Widerstandsstufen über Kontakte betätigt, die in mehreren Ebenen auf einer drehbaren Walze befestigt sind. Beim **Ölanlasser** liegen Widerstände und Kontakte in einem Ölbad. Beim **Flüssigkeitsanlasser** (elektrolytischer Anlasser) dient als Widerstand eine Elektrolytstrecke, wobei die Eintauchtiefe der Kontaktbleche den Widerstandswert bestimmt.

2) eine Vorrichtung zum Anwerfen von Verbrennungsmotoren. Der A. besteht meist aus einem Hauptstromelektromotor, der bei kleiner Drehzahl ein großes Drehmoment erzeugt und aus einer Batterie gespeist wird. Auf seiner Ankerwelle sitzt ein kleines Zahnrad (Anlasserritzel), das beim Anlassen mit dem Zahnkranz des Motorschwungrades in Eingriff gebracht wird und dieses in Umdrehung versetzt. Der Eingriff geschieht 1) durch axiale Verschiebung des Ankers **(Schubankeranlasser)**, 2) selbsttätig durch die eigene Massenträgheit des leicht verschiebbaren Ritzels bei plötzlicher Beschleunigung des Ankers **(Schraubentriebanlasser, Bendixtrieb)**, 3) durch Fußbetätigen des Anlasserhebels, der das Ritzel in Eingriffsstellung verschiebt **(Schubtriebanlasser)**. 4) Beim **Schubschraubtrieb** wird das Ritzel durch einen von Hand oder elektromagnetisch betätigten Hebel an den Schwungradkranz herangeschoben und schraubt sich selbsttätig in Eingriff. 5) Der **Schwungrad-Lichtanlaßzünder (Dynastart)** ist eine Kombination von Lichtmaschine, Unterbrecher und A. Er ist meist auf einem Ende der Kurbelwelle angeordnet und bildet dabei gleichzeitig das Schwungrad. Vorteilhaft bei diesem A. ist, daß das oft Schwierigkeiten bereitende Einspuren des Anlasserritzels fortfällt. 6) Beim **Schwungkraftanlasser** wird über eine hohe Übersetzung ein Schwungrad entweder von Hand mittels einer Kurbel oder von einem kleinen Elektromotor auf hohe Drehzahl gebracht, die für das Anlassen benötigte Energie also in ihm gespeichert. Erst dann wird das Anlasserritzel mit dem Zahnkranz des Motorschwungrades in Eingriff gebracht und der Motor angeworfen. Schwungkraftanlasser werden z. B. bei Bootsmotoren und Straßenbaumaschinen verwendet. Sie benötigen entweder keine Batterie (Antrieb von Hand mittels Kurbel) oder kommen mit einer wesentlich geringeren Batterieleistung als normale A. aus.

Anlaßfarben, Anlauffarben, beim Erwärmen von Metallen auftretende Oberflächenfärbungen, die durch Farben dünner Oxidhäutchen (Interferenzerscheinungen) entstehen. Die A. unlegierter bzw. niedriglegierter Stähle ermöglichen im allgemeinen eine verläßliche Bestimmung der beim Anlassen erreichten Temperatur im Bereich von 220 bis 330 °C (vgl. Tab.).

Anlaßfarben für Kohlenstoff- und niedriglegierte Stähle

Anlaßfarbe	Gegenstand	beim Anlassen erreichte Temperatur in °C
blank	Preßwerkzeuge	bis 200
hellgelb	Meßwerkzeuge	220
dunkelgelb	Bohrer, Fräser	230
braun	Drehmeißel	245
braunrot	Schlagwerkzeuge	255
rot	Stanzwerkzeuge	265
purpurrot	Schneidwerkzeuge	275
violett	Federn, Meißel	285
dunkelblau	Körner, Sägen	295
hellblau	Äxte, Sensen	310
graublau		325
metallgrau		330

Lit. → Wärmebehandlung

Anlauffarben, svw. → Anlaßfarben.

Anlaufstrom, → Elektronenröhre.

Anlegeapparat, Bogenanleger, automatisch oder halbautomatisch arbeitendes Gerät, das bei Bogendruckmaschinen, Kartonagen- oder Falzmaschinen die einzelnen Bogen eines Papierstapels nacheinander erfaßt und sie, genau ausgerichtet, den Greifern des Druckzylinders oder den Transporteinrichtungen der Kartonagen-

oder Falzmaschine übergibt. Nach dem Arbeitsprinzip unterscheidet man Streichapparate (mechanisch), Saugapparate (pneumatisch) und kombinierte Anlegeapparate (mechanisch und pneumatisch).

Der **Falzbogenanleger** ist ein automatisch arbeitendes Gerät, das zur Anlage gefalzter Druckbogen an Heftmaschinen dient.

Anluven, → Segeln.

Annaline, ein → Füllstoff für Papier.

Annihilation, → Paarbildung.

Anode, mit dem Pluspol der Stromquelle verbundene → Elektrode. Bei Rundfunkröhren ist die A. der an eine hohe positive Spannung, die **Anodenspannung,** gelegte Metallzylinder, der den Heizfaden umgibt. In Kofferradios und anderen nicht netzgebundenen elektrischen Geräten wird die Anodenspannung einer **Anodenbatterie** (Trokken- oder Akkumulatorenbatterie) entnommen. **Anodenstrom** ist der im Anodenkreis einer Elektronenröhre fließende Strom.

Anodengleichrichtung, → Demodulation.

Anodenschlamm, bei der elektrolytischen Raffination von Metallen, z. B. von Kupfer, Blei, von der Anode abfallender oder an ihr haftender Rückstand. Der A. ist ein wichtiges Ausgangsmaterial zur Gewinnung der edleren Metalle, z. B. Silber, Gold und Platin.

Anodenstrahlung, Strahlung positiver Ionen, die z. B. von der mit Alkalisalzen überzogenen Anode einer Glimmentladungsröhre bei Erhitzung der Anode ausgeht.

Anodenverlustleistung, die von einer Elektronenröhre ohne Aussteuerung aufgenommene Gleichstromleistung $P_a = U_a \cdot I_a$ (U_a = Anodengleichspannung, I_a = Anodengleichstrom), die von der Anode in Wärme umgesetzt wird. Legt man eine Wechselspannung an das Gitter der Röhre, so vermindert sich die A. um die an der Anode abgenommene Wechselleistung. Um die Röhre nicht zu zerstören, darf die vom Herstellerwerk angegebene und von der Konstruktion der Röhre abhängige maximale A. nicht überschritten werden. Bei großen Senderöhren wird die Anode durch einen Luft- oder Wasserstrom gekühlt.

anodische Oxydation, eine bei der Elektrolyse auftretende oxydierende Wirkung an der Anode. Die a. O. dient vor allem zur Erzeugung von Oxidschichten auf Metallen, besonders auf Aluminium und Magnesium und deren Legierungen, aber auch bei anderen Metallen, z. B. bei Tantal. Bei Aluminium bezeichnet man die a. O. auch als **Aloxydieren** oder **Eloxieren** (**Eloxalverfahren,** Wz. WD, Abk. für **e**lektrolytisch **o**xydiertes **Al**uminium). Mit diesem Verfahren werden auf Aluminium und seinen Legierungen zur Erhöhung der Korrosions- und Verschleißfestigkeit Schichten von 10 bis 30 μm erzeugt. Das Werkstück wird als Anode geschaltet in Schwefelsäurebäder (S) oder Oxalsäurebäder (X) gehängt; als Energiequelle benutzt man Gleichstrom (G) oder Wechselstrom (W). Praktisch angewendet werden die Kombinationen GS, GX und WX. Die entstehenden farblosen, klaren Schichten lassen sich zur dekorativen Wirkung, z. B. im Bauwesen, mit organischen Farbstoffen anfärben. Die noch vorhandene Porosität kann durch Kochen mit Wasser oder Behandlung mit heißen Chromat-, Azetat- oder Silikatlösungen behoben werden; man bezeichnet diesen Vorgang als Nachverdichtung oder Sealing (aus dem Englischen). Die Schichten haben hohes elektrisches Isoliervermögen. Ein Sonderverfahren der a.n O. von Aluminium ist das **Harteloxieren.** Dabei erhält man bei tiefen Temperaturen (um 0 °C) graue bis grauschwarze, harte und abriebfeste Oxidschichten bis zu etwa 150 μm Dicke.

Die a. O. von Magnesium und Magnesiumlegierungen kann im **Elomagverfahren** (Wz. WD, Abk. für **e**lektrolytisch **o**xydiertes **Mag**nesium), **Flussalverfahren** (Wz. WD), **Seomag-Verfahren** (Wz. WD) oder **HAE-Verfahren** (nach seinem Erfinder **H. A. E**vangelides) erfolgen.

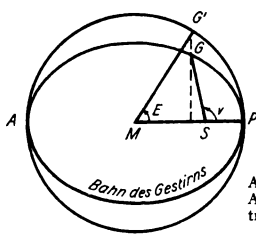
Bei anderen Metallen dient die a. O. wie in gewissem Umfange auch bei Aluminium vor allem zur Herstellung dünner, porenfreier Oxidschichten mit besonderen elektrischen Eigenschaften, z. B. für Elektrolytkondensatoren und -gleichrichter. Mitunter bedient man sich der a. O. auch, um auf Metallen eine Oxidschicht mit besseren Schmiereigenschaften als das Grundmetall zu erzeugen, damit Verformungsarbeiten leichter ausführbar sind.

anodischer Korrosionsschutz, ein Verfahren des Korrosionsschutzes von Metallen, bei dem die Oberfläche des zu schützenden metallischen Werkstoffes oder Gegenstandes durch anodische Polarisation passiviert wird (→ Passivität). Der anodische K. kann erfolgen, indem der zu schützende Werkstoff oder Gegenstand zur Anode eines elektrochemischen Elementes gemacht wird, wobei die anodische Polarisation durch einen angelegten Gleichstrom erfolgt. Eine weitere Möglichkeit für die Durchführung des anodischen K.es besteht darin, daß auf der Oberfläche des Werkstoffes — z. B. durch Zulegieren kleiner Mengen edlerer Legierungskomponenten — → Korrosionselemente erzeugt werden, die anfänglich zu einer Beschleunigung der anodischen Auflösung und in deren Verlauf zur verstärkten Schutzschichtbildung führen.

anodisieren, svw. anodisch oxydieren, → anodische Oxydation.

Anolyt, → Elektrolyse.

Anomalie, allgemein eine Abweichung von der Regel. In der Astronomie ist A. ein bei der Berechnung der Bewegung eines Gestirns in seiner Bahn um die Sonne benötigter Winkel. Man unterscheidet drei verschiedene A.n. 1) Die **wahre A.** v (Abb.) ist der vom Mittelpunkt der Sonne S aus gemessene Winkel zwischen dem Gestirn G und dem Perihel P (Gegenpunkt zum Aphel A). 2) Die **exzentrische A.** E (Abb.) ist der vom Mittelpunkt M der Bahnellipse und des Umkreises aus gemessene Winkel zwischen dem auf den Umkreis projizierten Gestirnsort G' und dem Perihel P. Beide Winkel v und E ändern



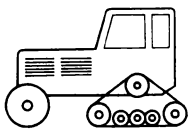
Anomalie. v wahre Anomalie, E exzentrische Anomalie

sich ungleichförmig in der Zeit. 3) Die **mittlere A.** ist der von der Sonne aus gemessene Winkel zwischen Perihel und einem gedachten Körper, der sich mit konstanter Winkelgeschwindigkeit so um die Sonne bewegt, daß seine Umlaufzeit gleich der des Gestirns ist. Die mittlere A. ändert sich gleichmäßig mit der Zeit.

anorganische Chemie, → Chemie.

Anorthit, → Feldspäte.

Anpassung, in der Elektrotechnik die Bemessung des Widerstandes eines Stromverbrauchers im Vergleich zum Innenwiderstand einer Stromquelle. Da bei mangelhafter A. Leistungsverluste auftreten, schaltet man einen Widerstandswandler, das **Anpassungsglied** (z. B. → Transformator, → Schwingkreis, → Katodenverstärker) dazwischen. Der maximale Wirkungsgrad beträgt aber stets nur 50 %. Deshalb ist die A. auf



Radtraktor mit Anbauhalbraupe

die Schwachstromtechnik beschränkt. Bei Verstärkerröhren ist für die A. nicht nur die Leistung, sondern z. B. auch die Verzerrungsfreiheit maßgebend.

In der Vierpoltheorie versteht man unter A. die Angleichung der Wellenwiderstände, um Reflexionen zu vermeiden und damit ebenfalls maximale Leistungsübertragung zu ermöglichen.

Anreger, im Bauwesen Stoffe, die den Erhärtungsvorgang verschiedener Bindemittel in Gang bringen oder beschleunigen. Sie werden mit dem Bindemittel gemahlen und vermischt. Für latenthydraulische Bindemittel nimmt man als A. kalkabspaltende Stoffe, z. B. Portlandzement, Weißkalk, Bunakalk u. a., für die sulfatische Anregung aber Sulfatsalze, z. B. Natriumsulfat, Eisensulfat, Alaun u. a.

Anregung, die Erscheinung, daß ein Atom, Ion oder Molekül, das sich im Gleichgewichtszustand (Grundzustand E_1) befindet, unter Aufnahme (Absorption) bestimmter Energiebeträge, der **Anregungsenergie,** in **angeregte Zustände** E_2, d. s. Zustände höherer Energie, übergehen kann. Diese sind nicht stabil; das angeregte System kehrt im allgemeinen nach sehr kurzer Zeit (10^{-8} s) unter Abgabe von Energie, meist als Lichtquant, in Stufen oder auf einmal wieder in den Grundzustand zurück. Zwischen der Energiedifferenz ΔE von angeregtem und Grundzustand sowie der Frequenz ν des ausgesandten Lichts besteht die Beziehung $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$; h ist das Plancksche Wirkungsquantum. Über die A. von Atomkernen → Isomerie 2).

Anreichern, ein Verfahren der → Aufbereitung.

Anreißen, in der Fertigungstechnik das Kennzeichnen der in der Werkstückzeichnung festgelegten Maße durch Bearbeitungs- und Hilfslinien auf dem Werkstück. Auf Eisenwerkstoffe werden Linien mit Reißnadel, Anreißzirkel, Parallelreißer u. a. eingeritzt, Punkte werden mit dem Körner eingeschlagen. Das Werkstück wird vorher mit einem Anreißmittel (Schlämmkreide, Kalkmilch, Schellack, Anreißlack u. a.) bestrichen, damit der Anriß besser zu sehen ist. Nach dem A. werden einzelne Punkte der Anreißlinien angekörnt (→ Körner), um den Anriß dauerhaft zu markieren. Auf Leichtmetallwerkstoffen reißt man wegen der Kerbwirkung von eingeritzten Linien meist mit Bleistift an.

In der Serien- und Massenfertigung werden Vorrichtungen zum Bearbeiten verwendet, so daß ein A. entfällt.

Anschlagmittel, Hilfsmittel zum Befestigen (Anschlagen) von Einzellasten oder von zu einer Ladungseinheit zusammengefaßten Einzellasten (z. B. Bündel von Walzprofilen, auf Paletten gestapelte Säcke, Kisten u. a.) an → Lastaufnahmemittel. A. sind Seile (Naturfaser- oder Drahtseile), Ketten (Rundglieder- oder Laschenketten) und Anschlagbänder aus Textilgurtband, Gummigurtband oder Drahtgeflecht.

Anschlagwinkel, eine in der Fertigungstechnik verwendete Blechlehre zum Prüfen oder Anreißen rechter Winkel. Der A. ist meist rechtwinklig und mit einer äußeren Anschlagleiste an einem Schenkel versehen. Er wird mit dem Anschlagschenkel über eine Körperkante angelegt, der rechtwinklig zugeordnete Schenkel dient zum Prüfen oder Anreißen.

Anschliff, → Dünnschliff.

Anschlußklemme, → Klemme.

Anschlußwert, die → Nennleistung eines Elektro- oder Gasgerätes bzw. die Summe von Nennleistungen in einer Abnehmeranlage oder in einem Versorgungsgebiet. Sie wird in der Elektrizitätsversorgung entsprechend der → Leistungsaufnahme in Watt (W) oder Kilowatt (kW), bei Gas entsprechend dem Verbrauch in kcal h^{-1} oder in $Nm^3\,h^{-1}$ angegeben. Der A. ist ausschlaggebend für die Abmessungen der Leitungen und Anlagen und dafür entscheidend, ob bei Strom Nieder-, Mittel- oder Hochspannungsanschluß und bei Gas Nieder-, Mittel- oder Hochdruckanschluß erforderlich ist. Ein Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt, daß die in Anspruch genommene Leistung oder Menge niedriger ist als die Summe der Einzelanschlußwerte, da nicht alle verfügbaren Einrichtungen gleichzeitig mit voller Leistung oder vollem Verbrauch in Betrieb sind.

Ansteckraupen, Anbauraupen, Halbraupen, bei Radtraktoren an Stelle der Treibräder anzubauende kleine Raupenketten, wodurch die Zugkraft erhöht und der Bodendruck herabgesetzt wird. (Abb.)

Anstehendes, anstehendes Gestein, das unter dem Schutt und Geröll hervorragende oder von ihm freigemachte, weitgehend unveränderte Gestein am Beobachtungsort.

Anstellwinkel, → Flugmechanik.

Antaphron, Wz., → Schaum.

Antenne (Tafeln 49, 50, 56), in der Funktechnik Einrichtung zum Ausstrahlen (Senden) oder zum Empfang elektromagnetischer Wellen. Zieht man einen elektrischen Schwingkreis auseinander, so bildet dieser eine strahlende A., d. h. eine Sendeantenne, die die ihr zugeführte Hochfrequenzenergie in Form von elektromagnetischen Wellen abstrahlt. Sie wird symmetrisch (→ Dipol) oder unsymmetrisch gegen Erde erregt. Umgekehrt erzeugen in der A., wenn sie als Empfangsantenne dient, ankommende elektromagnetische Wellen meist sehr schwache Wechselspannungen, die durch Kopplungsmittel auf Empfänger übertragen, dort durch abgestimmte Schwingungskreise ausgesiebt, verstärkt und gleichgerichtet werden. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Kugel-, Rund- und Richtstrahler. **Kugelstrahler** liefern in jeden Raumwinkel die gleiche Leistung. Das Strahlungsdiagramm ist also sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene kreisförmig. Bei den **Rundstrahlern** ist das Strahlungsdiagramm in der horizontalen Ebene kreisförmig, in der vertikalen Ebene weicht es jedoch von der Kreisform ab. Die Rundstrahler dienen zur gleichmäßigen Versorgung bzw. Überwachung großer Gebiete. Bei **Richtstrahlern** weicht das Strahlungsdiagramm sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene von der Kreisform erheblich ab. Räumlich gesehen hat das Diagramm im Prinzip die Form einer Keule. Die Richtung, in die die Keule zeigt, nennt man die Hauptstrahlrichtung. Ein Maß für die Richtwirkung einer A. ist der Gewinn, der im allgemeinen mit gegen die Wellenlänge größer werdenden Antennenabmessungen ansteigt. Für die Anpassung einer A. an die Speiseleitung ist ihr Eingangswiderstand (Fußpunktwiderstand) von Bedeutung, der bei Breitbandantennen in einem gewissen Frequenzbereich nahezu konstant ist.

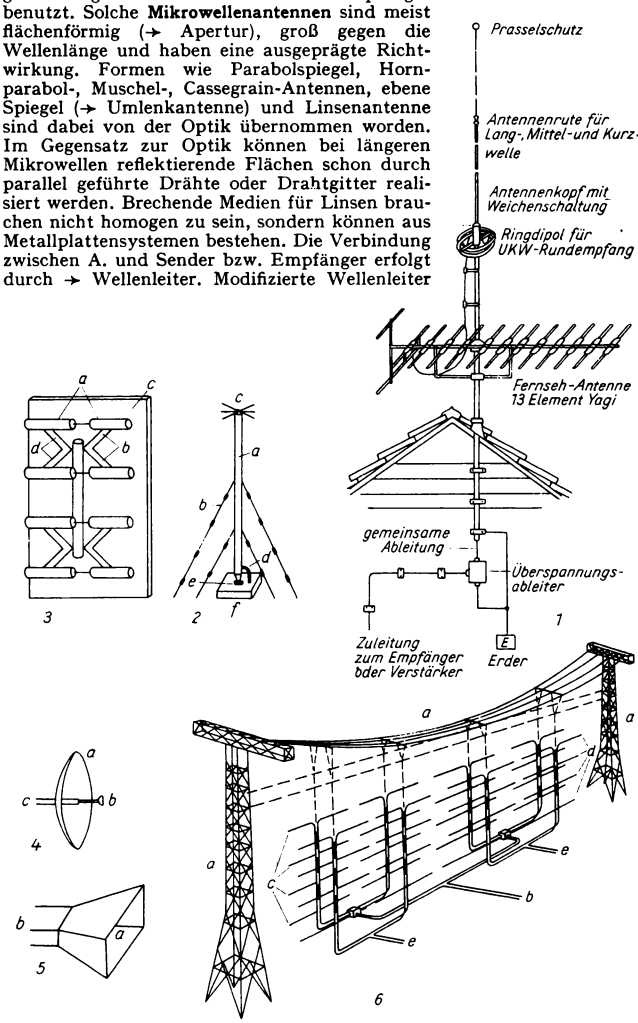
Jede A. kann prinzipiell als Sende- oder Empfangsantenne verwendet werden, wobei die → Strahlungscharakteristik in beiden Fällen bis auf wenige Ausnahmen gleich ist.

Je nach der Wellenlänge und den geforderten Eigenschaften werden die verschiedensten Bauformen von A.n verwendet. **Sendeantennen** für Rundfunk und Fernsehen sind meist Rundstrahler. Sie müssen für die hohen Leistungen (z. B. 500 kW) besonders konstruiert werden, da sonst zusätzlich große Verluste z. B. durch Erwärmung und Sprüheffekt auftreten. Für Mittelwellen und Langwellen verwendet man neben **Dreiecksflächenantennen** meist gegen Erde erregte, lineare **Vertikalantennen.** Bevorzugt werden hierbei isoliert aufgestellte, schlanke Stahlmasten (selbstschwingende Masten), die durch isolierte Halteseile verspannt sind und durch Anbringen einer Kapazitätsfläche (Dach-

kapazität) an der Spitze verkürzt werden können. Zur Vergrößerung der nahschwundfreien Zone gibt es A.n, die den größten Teil der Energie in der Horizontalebene abstrahlen, so daß nur ein geringer Teil als Raumwelle am Empfangsort eintrifft. Für Kurzwellen ist für weltweite Verbindungen Richtstrahlung erwünscht, die durch **Rhombusantennen** oder **Dipolwände** (Gruppenstrahler) verwirklicht wird. Dipolwände bestehen aus neben- und übereinander angeordneten Dipolen, die sich vor einer Reflektorwand befinden und über Leitungen gespeist werden. Im UKW-Rundfunk und im Fernsehen werden **Ring-, Drehkreuz-, Rohrschlitz-** und **Schmetterlingsstrahler** immer mehr von baukastenförmig aus breitbandigen Dipoleinheitsfeldern zusammengesetzten A.n verdrängt. **Dipoleinheitsfelder (Richtfelder)** bestehen aus 4 oder 8 dicken Ganzwellendipolen, die sich vor einer Reflektorplatte befinden. Beispielsweise 4 quadratisch um einen Mast angeordnete Einheitsfelder ergeben eine horizontale Rundstrahlcharakteristik, wobei die vertikale Bündelung und damit der Gewinn durch Aufstocken weiterer Richtfelder erhöht werden kann. Mit logarithmisch periodischen A.n werden im dm- und m-Gebiet Frequenzbereiche üblicherweise von 1:10 überdeckt.

Auch bei den **Empfangsantennen** haben sich bestimmte Formen in den verschiedenen Wellenbereichen durchgesetzt. Zum Empfang von Lang-, Mittel- und Kurzwellen (LMK-Empfang) dienen folgende Formen: Die **Stabantenne** ist etwa 1 bis 3 m hoch und wird vor allem in Gemeinschaftsantennenanlagen (s. u.) verwendet. **L-Antennen** und **T-Antennen,** die als Hochantennen zwischen zwei hochgelegenen Punkten, z. B. Masten, isoliert aufgehängt werden, verlieren an Bedeutung. **Rahmenantennen** bestehen aus einer oder mehreren in gleicher Ebene liegenden Windungen, die auf einem Holz-, Isolierstoff- oder Metallrahmen isoliert angebracht werden. Sie haben eine Richtwirkung: In Richtung der Ebene des Rahmens erhält man den besten Empfang, während senkrecht dazu ein Minimum vorhanden ist. Das wird zur Richtungsbestimmung der einfallenden Welle (Peilrahmen auf Schiffen zur Navigation, → Funkpeiler) und zur Verminderung von Störungen ausgenutzt. Eine Abart ist die **Ferritantenne,** die aus einem Ferritstab mit darüberliegender Wicklung besteht; sie wird drehbar in moderne Empfänger für Mittel- und Langwelle eingebaut. Zum Empfang von Wellen über 30 MHz verwendet man vorwiegend Dipole, die auf die Empfangsfrequenz abgestimmt sind. Die **Yagiantennen** bestehen aus Dipol, Direktoren und Reflektoren. Sie werden vor allem im UKW-Hör- und Fernsehrundfunk angewendet. Mit steigender Direktorenzahl nehmen Richtwirkung und Gewinn zu. A.n mit Ganzwellendipolen, vor allem in gestockter Ausführung, haben großen Gewinn und eignen sich zum Empfang über einen größeren Frequenzbereich. Ring- und Kreuzdipole werden häufig für UKW-Hörrundfunk verwendet. Sie besitzen etwa Rundstrahlcharakteristik, ihr Gewinn ist klein. **Innen-** und **Zimmerantennen** für UKW kommen in sendernahen Gebieten für Fernsehbehelfsempfang oder UKW-Empfang zur Anwendung. Die Dipole bestehen aus Drahtschleifen, ausziehbaren Stäben oder Breitbanddipolen mit verkürzten Strahlern. Diese A.n können in die Geräte eingebaut oder als Tisch- oder Wandantennen ausgeführt sein. **Fensterantennen** werden ebenfalls für Fernsehempfang in sendernahen Gebieten oder für UKW-Empfang verwendet und bestehen aus einfachen Dipolen oder kleinen Yagis. A.n für tragbare Funkgeräte sowie für Kraftfahrzeuge sind sowohl im LMK- als auch im UKW-Bereich meist als Stabantennen — gegebenenfalls einschiebbar — ausgeführt. **Gemeinschaftsantennenanlagen** sind Einzelantennen oder Kombinationen von LMK-, UKW- und Fernsehantennen mit oder ohne Verstärker, die über ein Kabelsystem mehreren Teilnehmern Hochfrequenzenergie zuführen.

In der → Mikrowellentechnik werden im allgemeinen gleiche A.n für Sender und Empfänger benutzt. Solche **Mikrowellenantennen** sind meist flächenförmig (→ Apertur), groß gegen die Wellenlänge und haben eine ausgeprägte Richtwirkung. Formen wie Parabolspiegel, Hornparabol-, Muschel-, Cassegrain-Antennen, ebene Spiegel (→ Umlenkantenne) und Linsenantenne sind dabei von der Optik übernommen worden. Im Gegensatz zur Optik können bei längeren Mikrowellen reflektierende Flächen schon durch parallel geführte Drähte oder Drahtgitter realisiert werden. Brechende Medien für Linsen brauchen nicht homogen zu sein, sondern können aus Metallplattensystemen bestehen. Die Verbindung zwischen A. und Sender bzw. Empfänger erfolgt durch → Wellenleiter. Modifizierte Wellenleiter



1 Empfangsantenne: Antennenanlage für alle Wellenbereiche, bestehend aus biegsamer Antennenrute zum Empfang von Lang-, Mittel- und Kurzwellen mit Schutzkugel gegen Prasselstörungen, ringförmigem Dipol für UKW-Rundempfang und Yagi-Antenne zum Empfang eines Fernsehsenders. Die Zusammenschaltung erfolgt im Antennenkopf, so daß nur ein gemeinsames Kabel für die Ableitung erforderlich ist. *2* bis *6* Sendeantennen. *2* Mittelwellenantenne: *a* selbstschwingender Stahlmast, *b* Abspannseil mit Isolatoren, *c* Dachkapazität, *d* Speiseleitung, *e* Isolator, *f* Abstimmhäuschen. *3* Dipoleinheitsfeld: *a* Ganzwellendipole, *b* Stützen, *c* Reflektorwand, *d* Stützen mit Speiseleitung. *4* Parabolspiegel-Antenne: *a* Parabolspiegel, *b* Abdeckhaube um Dipol und Symmetrierglied, *c* koaxiale Speiseleitung. *5* Hornantenne: *a* Öffnungsfläche, *b* Hohlleiter. *6* Richtantenne (Strahlwerfer-Antenne) für transozeanischen Kurzwellendienst: *a* Trägerkonstruktion, *b* Speiseleitung zu den strahlenden Dipolen *c*, *d* als Reflektoren dienende Dipole, *e* Speiseleitungen für Reflektordipole, wenn sie als strahlende Dipole dienen; dann wird *c* zu *d*

ergeben Antennenformen wie **Wendelantenne, dielektrische A.** und **Trichterantenne (Hornstrahler).** Für Richtfunklinien werden meist Parabolspiegel oder Hornparabolantennen benutzt.

Antennenverstärker

In der Radartechnik verwendet man rotierende Hohlleiter-Schlitzstrahler und mechanisch bewegte Ausschnitte aus Parabolspiegeln. Neuerdings werden Antennensysteme aufgebaut, die eine Schwenkung des Strahlungsdiagramms mit elektronischen Mitteln erlauben. Moderne Halbleiterbauelemente lassen eine Integration von Antenne und Empfänger sinnvoll erscheinen.

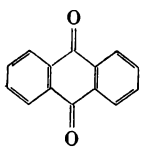
In der Radioastronomie und zur Beobachtung von Raumflugkörpern werden riesige (bis zu 40 m Durchmesser), scharf bündelnde, bewegliche A.n eingesetzt, die optischen Systemen gleichen (→ Radioteleskop) oder aus zahlreichen, flächenförmig verteilten Einzelstrahlern aufgebaut sind.

Lit. Fiebranz: Antennenanlagen für Rundfunk- und Fernsehempfang (Berlin 1963); Kühn: Mikrowellenantennen (Berlin 1964); Rothe u. Spindler: Antennenpraxis (2. Aufl. Berlin 1966).

Antennenverstärker, ein breitbandiger Verstärker für Hochfrequenz, der in der Nähe der Antenne montiert ist. Er wird bei langen Antennenzuleitungen zur Verbesserung des Empfanges und bei Anschluß von mehreren Empfängern an eine Antenne (Gemeinschaftsantennenanlage) benötigt.

Anthophyllit, ein → Amphibol.

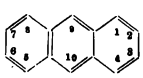
Anthozyane, eine Gruppe chemisch verwandter Pflanzenfarbstoffe mit roten, violetten, blauen und schwarzen Farbtönungen. Die A. kommen häufig in Blüten und Früchten, seltener auch in Blättern, Wurzeln und Knollen vor. Sie sind Glykoside und liegen in den Pflanzen wahrscheinlich als Salze organischer Säuren vor. Die zuckerfreien Bestandteile heißen **Anthozyanidine,** die sich von den vier Grundtypen Pelargonidin-, Zyanidin-, Delphinidin- und Apigenidinchlorid ableiten lassen.



Anthrachinon

Anthrachinon, ein Derivat des Anthrazens. A. bildet blaßgelbe, nadelförmige Kristalle (F. 286 °C). Man gewinnt es durch Oxydation von Anthrazen mit Chromsäure oder aus Phthalsäureanhydrid und Benzol. A. ist Ausgangsstoff für die Herstellung der **Anthrachinonfarbstoffe,** die sehr lichtecht sind.

Anthranilsäure, o-Aminobenzoesäure, $HOOC—C_6H_4—NH_2$, hellgelbe Kristalle (F. 145 °C). A. ist Ausgangsstoff zur Synthese von Indigo, Azo- und Anthrachinonfarbstoffen.



Anthrazen

Anthrazen, ein aromatischer Kohlenwasserstoff. A. kristallisiert in farblosen Blättchen (F. 218 °C). Es ist in den höhersiedenden Anteilen des Steinkohlenteers enthalten. Hauptsächlich wird A. zu Anthrachinon oxydiert und ist somit Grundkörper vieler synthetischer Farbstoffe. Außerdem dient A. als Ausgangsstoff für Schädlingsbekämpfungsmittel und Gerbstoffe.

Anthrazenöl, die letzte, zwischen 270 und 360 °C anfallende Fraktion der Steinkohlenteerdestillation (zu 15 bis 20 %). A. ist ein schwach grünliches, sehr viskoses Öl; Dichte 1,07 bis 1,11 g cm^{-3}. Durch Abkühlen werden 10 bis 15 % Kristallmassen (Rohanthrazen) abgeschieden, die vom Öl befreit als Anthrazenrückstände bezeichnet werden. Aus diesen werden Anthrazen, Phenanthren, Karbazol, Akridin, Phenanthridin und Fluoren isoliert. Die öligen Anteile dienen als Heizöl, zur Herstellung von Imprägnieröl, Karbolineum, Teerfettölen, Gasometerölen u. a.

Anthrazit, sehr harte, glänzende, schwer entzündliche Steinkohle von weitest fortgeschrittenem Inkohlungsgrad. A. hat höchstens 6 bis 10 % flüchtige Bestandteile, von allen Kohlen den höchsten Heizwert (bis zu 8600 kcal kg^{-1}) und oft sehr niedrigen Aschegehalt. Er kommt hauptsächlich in Westdeutschland (Ruhrgebiet), in der UdSSR, in Belgien, England (Südwales), China und den USA (Pennsylvania) vor und wird vor allem als Spezialheiz- und Reduktionsmittel verwendet.

Antibiotika, *Sing.* Antibiotikum, im engeren Sinne Stoffwechselprodukte von Mikroorganismen, im weiteren Sinne auch Substanzen aus höheren Pflanzen und tierischem Material, die Mikroorganismen abtöten oder in ihrer Entwicklung hemmen. Die A. werden vor allem von Strahlenpilzen (Aktinomyzeten), ferner von Bakterien, niederen Pilzen und höheren Pflanzen gebildet. Voraussetzung für die klinische Anwendung eines Antibiotikums ist, daß der Wirtsorganismus unter der therapeutischen Behandlung einer Infektionskrankheit nicht geschädigt wird. Von den bisher mehr als tausend bekannten A. werden bisher nur etwa 50 medizinisch verwendet. A. von erprobter, starker therapeutischer Wirkung sind Streptomyzin, Penizillin, die Tetrazyklin- und Makrolid-Antibiotika, Chloramphenikol, Neomyzin u. a. Die Therapie oder Behandlung mit A. wird zuweilen dadurch behindert, daß sich schon nach einiger Zeit gegen A. resistente Stämme von Mikroorganismen ausbilden. Deshalb sollen A. heute nur noch dort verwendet werden, wo mit anderen Mitteln keine entsprechende Wirkung zu erzielen ist. Gegebenenfalls müssen die A. untereinander oder mit Chemotherapeutika kombiniert werden.

Die Gewinnung der A. erfolgt bis auf wenige Ausnahmen durch Biosynthese (Fermentation). Einige A. können heute bereits vollsynthetisch hergestellt werden. Außer zur Therapie von Infektionskrankheiten werden einige A. zum Frischhalten von Fleisch, Fisch und Geflügel, als Viehfutterzusatz zur Steigerung des Wachstums und besseren Futterausnutzung sowie zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten benutzt.

Lit. Herold: A. (Berlin 1956); Klosa: A. (Berlin 1952); Korzybski u. Kuryłowicz: Antibiotica (dtsch Jena 1961); Prescott u. Dunn: Die A. in „Industrielle Mikrobiologie" (Berlin 1959); Ševčik: A. aus Actinomyceten (dtsch Jena 1963).

Anti-fouling-Anstrich, ein Deckanstrich für Unterwasserteile von Schiffen und Wasserbauten mit Schwermetallsalzen, z. B. Quecksilber- oder Kupfersalzen, oder anderen Giftstoffen, z. B. Pentachlorphenol, DDT-Mitteln. Der Anstrich hält den Bewuchs mit Seepocken, Muscheln oder Algen fern.

Antigorit, ein → Serpentin.

Antikatalysatoren, svw. → Inhibitoren.

Antikatode, Bezeichnung der Anode einer Röntgenröhre, an der die von der Katode kommenden Elektronen Röntgenstrahlung erzeugen.

Antiklinale, → Falte.

Antikline, → Falte.

Antiklopfmittel, Klopfbremsen, den Vergaserkraftstoffen (→ Kraftstoffe) zur Erhöhung ihrer Oktanzahl in geringen Mengen zugesetzte chemische Stoffe. Sie müssen in Kraftstoffen gut löslich, in Wasser möglichst unlöslich und ungefähr genauso flüchtig wie die Benzine selbst sein. Sie ändern im Gegensatz zu Benzol- oder Alkoholbeimischungen Dichte, Siedeverlauf, Heizwert u. a. der Vergaserkraftstoffe nicht. Die wirksamsten A. sind metallorganische Verbindungen, vor allem Bleitetraäthyl $Pb(C_2H_5)_4$, abg. BTÄ oder TEL (tetra ethyl lead, englisch), im Gemisch mit Äthylenbromid oder -chlorid und Bleitetramethyl $Pb(CH_3)_4$, abg. TML (tetra methyl lead, englisch), sowie einige stickstoffhaltige aromatische Verbindungen, z. B. Anilin $C_6H_5—NH_2$, Monomethylanilin $C_6H_5—NH—CH_3$ und Xylidin $(CH_3)_2C_6H_3NH_2$. Eisenpentakarbonyl $Fe(CO)_5$ wird heute kaum noch als A. eingesetzt. Die Wirksamkeit der verschiedenen A. ist unterschiedlich.

Der Zusatz von BTÄ (Verbleien) zu Vergaserkraftstoffen ist auf Grund der Giftigkeit des BTÄ gesetzlich begrenzt: in der DDR bis zu 0,04 Vol.%, in Westdeutschland bis zu

0,06 Vol.%, in der UdSSR bis zu 0,04 Vol.% und in den USA bis zu 0,08 Vol.%.

Die Wirkung der metallhaltigen A. besteht vermutlich darin, daß sie im Verbrennungsraum des Motors noch vor der Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches thermisch zersetzt werden; die dabei anfallenden, fein verteilten Metalle verhindern durch Reaktion mit den instabilen Zwischenprodukten der „kalten Verbrennung" die Ausbildung von Zündfunken.

Durch Zusatz von Promotoren, besonders von Methylzyklopentadienyl-mangantrikarbonyl $CH_3—C_5H_4Mn(CO_3)$, abg. MD-CMT (Methyl-Derivat des Cyclopentadienyl-Mangan-Tricarbonyl), und die Ester tertiärer Alkohole, z. B. tertiäres Butylazetat $CH_3COOC(CH_3)_3$, kann die Wirkung der genannten A. verstärkt werden.

Anti-Koinzidenzschaltung, → Koinzidenz.

Antimaterie, eine nach physikalischen Gesetzen mögliche Form der Materie, deren Atome ausschließlich aus → Antiteilchen aufgebaut wären.

Antimon, Symbol **Sb** [von stibium, griechisch-lateinisch], chemisches Element aus der V. Hauptgruppe des Periodensystems; Ordnungszahl **51**, Massenzahlen der Isotope **121** und **123**, Atomgewicht 121,75 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III und V, sehr selten IV, D. 6,69 g cm^{-3}, F. 630,5 °C, Kp. 1640 °C. A. kommt in einer metallischen Modifikation als **graues A.** vor, das silberweiß und von blättrig-kristalliner Struktur ist, und in einer nichtmetallischen, amorphen Modifikation als **schwarzes A.** In Salpetersäure ist A. löslich, in Salzsäure und verdünnter Schwefelsäure unlöslich. In der Natur findet es sich hauptsächlich in Form von Antimonsulfiden, -oxiden und Metallantimoniden. Das verbreitetste Erz ist Antimonit Sb_2S_3, aus dem A. durch reduzierendes Schmelzen oder Rösten und anschließende Raffination gewonnen wird. Metallisches A. wird hauptsächlich als Legierungsbestandteil verwendet, da es weiche Metalle zu härten vermag (→ Lagermetalle, → Letternmetall, → Britanniametall, → Stereometall, → Hartblei). Hochreines A. (99,999%) verwendet man als Dotierungsmaterial in der Halbleiterindustrie.

Antimonverbindungen. Antimon(III)-chlorid, $SbCl_3$, verwendet als Ätzmittel in der Medizin, als Katalysator, Textil- und Metallbeize; **Antimon(III)-sulfid,** Sb_2S_3, kommt in der Natur als Antimonit vor; **Antimon(V)-sulfid (Goldschwefel),** Sb_2S_5, wird technisch aus **Natriumthioantimonat (Schlippesches Salz),** $Na_3SbS_4 \cdot 9H_2O$, hergestellt und in der Veterinärmedizin als Heilmittel und in der Kautschukvulkanisation verwendet.

Antimonglanz, svw. → Antimonit.

Antimonit, Antimonglanz, Grauspießglanz, Stibnit, ein Mineral, das wichtigste Antimonerz, Sb_2S_3; rhombisch, dunkelgrau, Härte nach Mohs 2, D. 4,6 bis 4,7 g cm^{-3}. A. kommt auf hydrothermalen Gängen oder metasomatischen Lagerstätten vor, oft neben Quarz oder mit Bleiglanz, Silbererzen, Zinnober u. a.

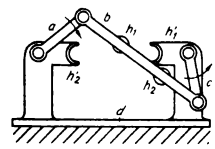
Antineutrino, das dem → Neutrino zugeordnete → Antiteilchen.

Antineutron, das dem → Neutron zugeordnete → Antiteilchen.

Antioxydanzien, Antioxygene, chemische Verbindungen, die den oxydationsanfälligen Stoffen, z. B. Speisefetten, Transformatorenölen, Turbinenölen, Düsentreibstoffen, Kautschuk, Plasten und Seifen, zugegeben werden, um eine durch Oxydation bedingte Qualitätsminderung derartiger Stoffe zu verhindern.

antiparallel heißen gerichtete Strecken (Vektoren), wenn sie parallel sind, aber entgegengesetzte Richtung haben.

Antiparallelkurbel, ein aus der Viergelenkkette entwickeltes → Kurbelgetriebe mit vier Rundlingspaaren (→ Elementenpaar), bei dem gegenüberliegende Glieder gleichlang sind und nicht parallel liegen (→ Parallelkurbel). Bei der **gleichläufigen A.** ist eines der kurzen Glieder Gestellglied, beide Kurbeln laufen gleichsinnig, aber mit unterschiedlicher Winkelgeschwindigkeit um. Bei der **gegenläufigen A.** ist ein langes Glied Gestell, die Drehrichtungen der Kurbeln sind gegenläufig. In beiden Getriebearten sind Hilfsverzahnungen o. ä. zum Überwinden der zwanglosen Lagen notwendig (alle Glieder liegen in der Gestellebene), → Momentanpol. Die gleichläufige A. stellt vollwertigen Ersatz für Ellipsenrädergetriebe (→ Rädergetriebe) dar.



Gegenläufige Antiparallelkurbel. *a* und *c* Kurbeln, *b* Koppel, *d* Gestell, h_1, h_1', h_2, h_2' Hilfsverzahnungen

Antipartikel, svw. → Antiteilchen.

Antipernziosafaktor, → Vitamine.

Antiproton, das dem → Proton zugeordnete → Antiteilchen.

Antiqua, → Schriftarten.

Antiteilchen, Antipartikel, gemeinsamer Name für Positron, Antiproton, Antineutron, Antineutrino und einige Mesonen- und Hyperonenarten.

Wie dem Elektron die Diracsche Wellengleichung, so kann man jedem Elementarteilchen mit halbzahligem Spin eine Wellengleichung zuordnen, die positive und negative Energiewerte für das Teilchen zuläßt. Nach der Löchertheorie bedeutet dies, daß zu jedem solchem Elementarteilchen das entsprechende A. existenzfähig sein muß.

Durch Untersuchungen von Kernreaktionen, insbesondere Elementarteilchenprozessen in der Höchstenergie-Physik, konnte ein allgemeines Symmetrieprinzip entdeckt und experimentell gesichert werden, das für Elementarteilchen mit beliebigem Spin gilt. Es sagt folgendes aus:

1) Zu jedem Teilchen gibt es ein entsprechendes A. *Beispiele:* Elektron-Positron, Nukleon-Antinukleon (d. h. Proton-Antiproton, Neutron-Antineutron), Neutrino-Antineutrino.

2) Teilchen und A. haben gleiche Masse und gleichen Spin. Sind sie elektrisch geladen, so tragen sie gleich große Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens und gleich große elektrische Momente entgegengesetzten Vorzeichens. Haben sie magnetische Momente, so sind diese gleich groß und ebenfalls von entgegengesetztem Vorzeichen. Elektrisch neutrale Teilchen haben entweder von ihnen unterscheidbare A. (Neutron, Neutrino) oder nicht (bei den Photonen z. B. sind Teilchen und Antiteilchen identisch).

3) Teilchen und A. können durch → Paarbildung entstehen. Treffen sie zusammen, so zerstrahlen sie (z. B. ergeben Elektron und Positron zwei Photonen).

Abgesehen vom Positron konnten die A. erst im vergangenen Jahrzehnt durch die Entwicklung und den Einsatz moderner Großgeräte und empfindlichster Nachweisapparaturen entdeckt werden, nachdem ihre Existenz schon lange vorher durch die theoretische Physik vorausgesagt worden war.

Antizyklone, → Hochdruckgebiet.

Antrieb, die einer Maschine zugeführte Bewegungsenergie. Sie dient zur Aufrechterhaltung der Bewegung gegen äußere Widerstände (z. B. Reibung) und zur Änderung des Bewegungszustandes (Beschleunigung, Verzögerung) des A.s im übertragenen Sinne.

Im übertragenen Sinne werden als A. die Teile einer Maschine, eines Aggregates oder einer Anlage bezeichnet, die die Bewegung erzeugen oder vermitteln. Man unterscheidet nach dem Kraftmittel Hand-, Fuß-, Elektro-, Dampf- und Verbrennungsmotorenantrieb, nach der Form **Gruppenantrieb,** bei dem mehrere Maschinen von einer Kraftmaschine aus über Transmissionen angetrieben werden, und den heute fast ausschließlich gebräuchlichen **Einzelantrieb,** bei dem jede Maschine ihren eigenen Antrieb besitzt.

Antriebsglied ist z. B. die → Kurbel in → Kurbelgetrieben. **Antriebswelle** ist eine Welle, über die ein Drehmoment in ein Getriebe oder in eine Arbeitsmaschine eingeleitet wird. Gegensatz: → Abtrieb.

Anwesenheitseffekt, eine beim Betrachter eines Kinefilms ausgelöste psychische Wirkung, durch die er sich in die Handlung einbezogen fühlt. Bedingung ist die Anpassung der Bildwand an das Gesichtsfeld des Zuschauers. Der optimale A. wird durch → Breitwandverfahren erreicht, wenn sich der Betrachter im Krümmungsmittelpunkt der gebogenen Bildwand befindet und der horizontale Blickwinkel mindestens 120° bzw. der vertikale Blickwinkel mindestens 40° beträgt. Unterstützt wird der A. durch stereophone Tonwiedergabe (Raumton).

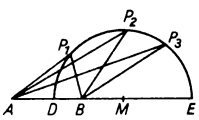
Anzeigebereich, in der Meßtechnik der Bereich zwischen der größten und kleinsten an einem Meßgerät ablesbaren Anzeige. Den Teil des A.es, für den die Fehler des Gerätes bekannt oder bestimmte Fehlergrenzen garantiert sind, bezeichnet man als **Meßbereich.** Gelten in bestimmten Teilen oder Intervallen des Meßbereiches unterschiedliche Fehlergrenzen, so spricht man von **Teilmeßbereichen.** Neben dem Fehler der Anzeige müssen bei Meßgeräten, die mit mechanischer Antastung des Prüflings arbeiten, Größe und Verlauf der Meßkraft über den Meßbereich bekannt sein, weil davon die die Meßergebnisse verfälschende Verformung des Prüflings abhängt.

Anziehung, Anziehungskraft, die Kraft, die den gegenseitigen Abstand zwischen schweren Massen, ungleichnamigen elektrischen Ladungen oder Magnetpolen und zwischen parallelen und gleichgerichteten elektrischen Strömen zu verkleinern sucht (→ Massenanziehung). Dazu kommen die Kräfte, die die (nichtgeladenen) Molekülteile bei der homöopolaren chemischen Bindung zusammenhalten, und die Kräfte zwischen den Nukleonen, die den Atomkern zusammenhalten. Diese beiden sind ihrer Natur nach Austauschkräfte, → Austauschenergie.

Anzug, → Feder 1).

Anzugsmoment, das im Stillstand einer → elektrischen Maschine entwickelte Drehmoment.

Anzugsstrom, Einschaltstrom, bei Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer oder bei asynchron anlaufenden Synchronmotoren (→ elektrische Maschine) derjenige Strom, der von der stillstehenden Maschine aufgenommen wird. Der A. beträgt gewöhnlich das 3- bis 6fache des Nennstroms, er kann durch Stern-Dreieck-Schaltung oder durch den Einsatz von Stromverdrängungsläufern herabgesetzt werden.



Apollonischer Kreis

Apastron, → Apsiden.

Apatit, das wichtigste Phosphormineral, meist in isomorpher Mischung von Fluor-, Chlor- und Hydroxylapatit, $Ca_5[F, Cl, OH | (PO_4)_3]$; hexagonal, farblos oder durch Beimengungen verschieden gefärbt, Härte nach Mohs 5, D. 3,1 bis 3,2 g cm^{-3}. A. kommt vor als Gemengteil von Eruptivgesteinen, in Pegmatiten, auf Gängen und Klüften, im Kiruna-Erz (Schweden), in kristallin körnigen Massen. Ferner findet er sich sedimentär und organogen (Guano) von erdiger, kreideähnlicher, traubiger oder knolliger Beschaffenheit und wird dann als **Phosphorit** bezeichnet. A. wird zur Darstellung der Phosphorsäure, zur Herstellung von Düngemitteln sowie in der keramischen Industrie verwendet.

aperiodisch, ein Schwingungsvorgang (→ Schwingung), bei dem ein schwingungsfähiges System infolge starker Dämpfung bei einer Auslenkung aus der Ruhelage je nach Größe der Anfangsgeschwindigkeit ohne oder mit nur einmaligem Überschwingen der Ruhelage in diese zurückkehrt. Bei der sogenannten kritischen Dämpfung tritt der **a.e Grenzfall** ein, der den periodischen vom a.en Schwingungsverlauf trennt.

Apertur, 1) Optik: eine Zahl, die den Öffnungswinkel des in einem optischen System wirksamen Lichtbündels kennzeichnet. Sie ist durch den Sinus des halben Öffnungswinkels σ gegeben und wird mit A bezeichnet. **Aperturblende** oder **Öffnungsblende** wird diejenige Blende genannt, die den Öffnungswinkel desjenigen Strahlenbündels begrenzt, das einen auf der optischen Achse gelegenen Objektpunkt abbildet. Beim Mikroskop nennt man die Größe $A = n \sin \sigma$ **numerische A.**; dabei ist n die Brechzahl des Mediums zwischen der Frontlinse und dem Objekt. Bei Trockensystemen ist $n = 1$, also wird $A < 1$. Bei Immersionssystemen] ist die Brechzahl der Immersionsflüssigkeit (Wasser, Zedernholzöl, Monobromnaphthalin) einzusetzen; dadurch wird $A > 1$, und es erreicht in der Praxis Werte bis etwa 1,42. Von der numerischen A. hängen das → Auflösungsvermögen und die Bildhelligkeit ab.

2) Funktechnik: diejenige Fläche einer → Antenne, die als Quelle des elektromagnetischen Strahlungsfeldes angesehen wird.

Apex *m*, Zielpunkt, der Punkt am Himmelsgewölbe, auf den hin sich ein Gestirn infolge seiner Bahnbewegung bewegt. Von Bedeutung sind 1) der **Erdapex** als Folge des Umlaufs der Erde um die Sonne, er liegt in der Ekliptik etwa 90° westlich von der Sonne; 2) der **Sonnenapex** als Folge der Bewegung der Sonne relativ zu den Sternen ihrer Umgebung. Der dem A. entgegengesetzte Punkt heißt **Ant(i)apex.**

Aphel, → Apsiden.

Aplit, ein feinkörniges, helles Ganggestein, das zum Ganggefolge von Tiefengesteinen gehört. Meist handelt es sich um **Granitaplit,** der fast nur aus Quarz und Orthoklas besteht.

Apochromat, ein Linsensystem, → Abbildungsfehler.

Apogäum, → Apsiden.

Apollonischer Kreis, nach dem griechischen Mathematiker Apollonios von Perge (um 200 v. u. Z.) benannter Kreis, der die Entfernung zweier eine Strecke harmonisch teilender Punkte (→ harmonische Teilung) zum Durchmesser hat. Man erhält ihn, indem man eine Strecke $\overline{AB}$ innen und außen im Verhältnis $m:n$ teilt und über den Teilungspunkten D und E den Kreis mit dem Durchmesser $\overline{DE}$ konstruiert. Der Apollonische K. ist der geometrische Ort für alle Punkte P, deren Abstände von zwei festen Punkten A und B das konstante Verhältnis $m:n$ haben **(Satz des Apollonios).** (Abb.)

Aposelenum, → Apsiden.

Apostilb, Kurzz. **asb,** alte, nicht gesetzliche Einheit der Leuchtdichte; nicht mehr zulässig. $1\ \text{asb} = \frac{1}{10^4\pi}\ \text{sb (Stilb)} = \frac{1}{10^4\pi}\ \text{cd cm}^{-2}$ (Candela/Quadratzentimeter).

APP, → Flugsicherung.

Appletonschicht, → Ionosphärenschichten.

Appretur, Ausrüstung, in der Textiltechnik Bezeichnung für alle Arbeitsprozesse, durch die gebleichten, gefärbten, bedruckten oder buntgewebten Stoffen bzw. Gewirken die für den Gebrauch erforderlichen Eigenschaften oder modebedingten Effekte verliehen werden. Die **chemische A.** umfaßt im engeren Sinne die Verfahren zum Weich-, Griffig-, Fülligmachen, Beschweren und Versteifen von textilen Flächengebilden, im weiteren Sinne auch die Flammfest-, Wasserabweisend- und Wasserdichtappretur, die schmutzabweisende A., die Fungizid- und Bakterizidappretur zum Erzielen verrottungs- und fäulnisbeständiger Textilien, die Mottenecht- und Filzfreiappretur von Wollgeweben, das Nachmattieren (→ Mattieren), Maschen- und Schiebefestausrüsten von Chemiefasertextilien sowie die Verfahren der Krumpf-

echt-, Knitterecht- und Naßknitterechtappretur (Bügelfreiappretur), ferner die Verfahren zur Herstellung bestimmter Kalandereffekte (z. B. Everglaze). Werden waschbeständige und chemisch reinigungsbeständige Appretureffekte erzielt, spricht man von → Permanent-Appretur (Hochveredlung).

Lit. Friedrich: Chemische A. und Hochveredlung (Leipzig 1950); Haussner: Textilappretur und Appreturmaschinen (2. Aufl. Leipzig 1960); E. Meyer: Appreturkunde, Wirk- und Strickwaren (Berlin 1951); Schams: Handb. der Weberei, Färberei und Ausrüstung (Leipzig 1951/53).

Approximation, svw. → Näherung.

Apsiden [*Plur.*], die beiden Punkte der elliptischen Bahn eines Himmelskörpers, in denen dieser dem in einem der Brennpunkte stehenden Hauptkörper am nächsten bzw. am fernsten ist. Bei den Planetenbahnen heißen sie **Perihel** (Sonnennähe) und **Aphel** (Sonnenferne), bei der Bahn um die Erde **Perigäum** (Erdnähe) und **Apogäum** (Erdferne), bei Doppelsternen **Periastron** und **Apastron**. Die Verbindungsgerade der A., die mit der großen Achse der Bahnellipse zusammenfällt, wird als **Apsidenlinie** bezeichnet. Bei der Bahn eines künstlichen Mondsatelliten heißen die beiden Punkte **Periselenum** (Mondnähe) und **Aposelenum** (Mondferne).

Aquamarin, eine Varietät des → Berylls.

Aquatinta, → Kupferstechkunst.

Äquator, 1) **Erdäquator,** seemännisch **Linie** genannt, der einzige Breitenkreis der Erde, der ein Großkreis ist. Er teilt die Erdkugel in die nördliche und in die südliche Halbkugel. Sein Umfang beträgt 40076,59 km. Die Ebene des Ä.s steht senkrecht auf der Rotationsachse der Erde.

2) **Himmelsäquator,** derjenige größte Kreis der Himmelskugel, dessen Ebene senkrecht auf der Erdachse steht. Zu Frühlings- und Herbstanfang befindet sich die Sonne im Himmelsäquator; → astronomische Koordinatensysteme.

3) **magnetischer Ä.,** → Erdmagnetismus.

4) **thermischer Ä.,** in der Meteorologie die Linie, welche die Orte mit den höchsten Jahresmitteltemperaturen verbindet; sie verläuft etwa auf 10° nördlicher Breite.

Äquidensitometrie, ein Komplex von Verfahren, die eine zweidimensionale Photometrie zum Ziele haben. Durch einfache photographische Prozesse können aus einem Negativ die Stellen einer bestimmten Schwärzung (Äquidensiten) herausgeholt werden, wodurch viele physikalische Messungen erleichtert bzw. in der Genauigkeit um mehr als eine Größenordnung verbessert werden. Die Ä. spielt in der Photometrie, der Meßtechnik und der Bildanalyse eine zunehmende Rolle.

Lit. Lau u. Krug: Die Ä. (Berlin 1959).

Äquidistanz, → Reliefdarstellung.

Äquinoktium, Tagundnachtgleiche, der Zeitpunkt, zu dem die Sonne während ihrer scheinbaren Jahresbewegung im Schnittpunkt von Ekliptik und Himmelsäquator steht. Er liegt kalendermäßig nicht fest, sondern schwankt um den 21. März **(Frühlingsäquinoktium)** und um den 23. September **(Herbstäquinoktium)**. Die Schnittpunkte (Frühlings- oder Widderpunkt und Herbst- oder Waagepunkt) heißen *Äquinoktialpunkte.* Sie verschieben sich langsam unter den Fixsternen (→ Präzession).

Äquipartitionsgesetz der Energie, svw. → Gleichverteilungssatz.

Äquipotentialfläche, Potentialfläche, Niveaufläche, eine Fläche, die genau alle jene Punkte enthält, die ein bestimmtes, gleiches Potential haben, z. B. beim → elektrischen Feld. Zwei Ä.n können sich weder schneiden noch berühren.

äquivalent, svw. gleichwertig. In der Chemie bezeichnet man als ä.e Stoffmengen die Stoffmengen, die sich bei einer Reaktion theoretisch restlos miteinander umsetzen. In den Verbindungen liegen die einzelnen Bestandteile in ä.en Mengen vor.

äquivalente Schallabsorptionsfläche, eine Fläche mit dem Schallabsorptionsgrad 1, die bei allseitig gleichmäßiger Schallverteilung unter Vernachlässigung der Randbeugung den gleichen Anteil der → Schalleistung absorbieren würde wie die gesamte Oberfläche des Raumes und die in ihm befindlichen Gegenstände und Personen. Die ä. S. ist neben dem Volumen maßgebend für die → Nachhallzeit eines Raumes und damit für seine Hörsamkeit (→ Akustik).

Äquivalentgewicht, 1) **Ä. eines Elementes,** das Atomgewicht dividiert durch die Wertigkeit; gibt die Gewichtsmenge eines Elementes an, die sich mit einem Grammatom Wasserstoff (= 1,008 g) verbindet oder es in Verbindungen ersetzen kann. Das Ä. z. B. von Sauerstoff beträgt $\frac{16}{2} = 8$, das von Aluminium $\frac{26{,}97}{3} = 8{,}99$.

2) **Ä. einer Verbindung,** das Molekulargewicht oder Formelgewicht dividiert durch die Anzahl der Äquivalente des Stoffes, mit dem die Verbindung reagiert. Reagiert z. B. Schwefelsäure mit Zink, so wird der Wasserstoff der Schwefelsäure durch Zink ersetzt. Da Zink zweiwertig ist, beträgt das Ä. der Schwefelsäure 49,04.

3) **Ä. eines Ions,** das Ionengewicht dividiert durch die Ladung des Ions. Kommt eine im übrigen gleiche Ionenart in mehreren Wertigkeitsstufen vor, z. B. Fe^{2+} und Fe^{3+}, besitzt sie auch mehrere Ä.e.

4) **Ä. eines Radikals,** die Summe der Atomgewichte der Atome, aus denen das Radikal zusammengesetzt ist, dividiert durch die Wertigkeit des Radikals.

Das in Gramm ausgedrückte Ä. wird als **Grammäquivalent (Val)** bezeichnet.

Äquivalenzprinzip, ein Prinzip, das die Gleichwertigkeit und damit gegenseitige Ersetzbarkeit zweier an sich verschiedener Begriffe behauptet. In der modernen Physik ist vor allem wichtig: 1) Äquivalenz von schwerer und träger Masse, eine Folge hiervon ist die (lokale) Äquivalenz von Gravitations- und Beschleunigungsfeldern. Diese Äquivalenz ist die (experimentell vorzüglich gesicherte) Grundlage der allgemeinen → Relativitätstheorie. 2) Äquivalenz von Masse und Energie; ergibt sich als Folge der speziellen Relativitätstheorie.

Ar, 1) Kurzz. **a,** gesetzliche Flächeneinheit (Feldmaß). 1 a = 1 dam^2 (Quadratdekameter) = $10^2\,m^2$. 2) Symbol für → Argon. 3) Abk. für → Aryl...

Arabinose, $C_5H_{10}O_5$, eine farblose, kristalline, süßschmeckende Aldopentose (→ Kohlenhydrate). L-Arabinose findet sich in gebundener Form im Pflanzengummi, in Pektinstoffen, Bakterien, Glykosiden und Saponinen. D-Arabinose ist Bestandteil einiger Aloeglykoside und von Tuberkelbazillen.

Aragonit, ein Mineral, die rhombische Modifikation des Kalziumkarbonats $CaCO_3$; weiß, grünlich, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 2,95 g cm^{-3}, oft verzwillingt. Vom Kalkspat (trigonales $CaCO_3$) unterscheidet sich A. durch fehlende Spaltbarkeit. A. findet sich in Hohlräumen vulkanischer Gesteine der Oxydationszone von Erzlagerstätten, eingewachsen in Ton und Gips, als Sinterbildung heißer Quellen (z. B. Sprudelstein in Karlovy Vary). Farbig gebänderter A. wird für kunstgewerbliche Arbeiten und Dekorationen verwendet.

Aräometer, Senkwaage, Spindel, ein Gerät zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten. Es ist ein luftgefüllter Glashohlkörper, dessen unteres Ende durch eine Schwermetallfüllung (Bleischrot oder

Aräometer

Quecksilber) belastet ist, damit der Massenmittelpunkt möglichst tief liegt. Oben läuft der Glashohlkörper in einen zylindrischen Hals aus, auf dem eine geeichte Skale angebracht ist. Je tiefer der Glashohlkörper in die Flüssigkeit eintaucht, desto kleiner ist die Dichte; deshalb sind die Zahlen auf der Skale von oben nach unten steigend angeordnet. Im allgemeinen benutzt man im Laboratorium 14 A., die 30 bis 34 cm lang und zum Bestimmen von Dichten zwischen 0,630 und 2,000 g cm^{-3} geeignet sind.

Außer dem beschriebenen gebräuchlichsten A. gibt es noch Spezialaräometer, z. B. **Alkoholometer, Milcharäometer, Sacharimeter,** die durch besondere Eichung z. B. ein direktes Ablesen des Prozentgehaltes an der Skale ermöglichen.

Arbeit, Zeichen W, das Produkt aus der an einem Körper angreifenden Kraft $\vec{F}$ und dem Weg s, den dieser Körper unter der Einwirkung der Kraft zurücklegt, also $W = F \cdot s$. Dabei ist von der Kraft nur der Teil in Rechnung zu stellen, der in die Richtung des Weges fällt. Dieser Definition entsprechend ist in der Thermodynamik die **Expansionsarbeit** eines Gases gleich dem Produkt aus Gasdruck und Volumenänderung. Das Vermögen, Arbeit zu leisten, bezeichnet man als → Energie.

Einheiten der A. sind Joule (J), Newtonmeter (Nm), Erg (erg), Wattsekunde (Ws), Kalorie (cal) sowie Einheiten, die als Produkt aus einer Krafteinheit und einer Längeneinheit oder als Produkt aus einer Leistungseinheit und einer Zeiteinheit gebildet werden.

Durch die Beschlüsse der X. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (1960) ist der Unterschied zwischen elektrischer und mechanischer A. beseitigt worden.

Arbeitsgang, ein selbständiger Teil des Produktionsprozesses in der industriellen Fertigung. Er umfaßt alle technologisch unmittelbar aufeinanderfolgenden Arbeiten, die von einem Arbeiter oder Arbeitskollektiv an ein- und demselben Arbeitsgegenstand an einem Arbeitsplatz ausgeführt werden. Der A. untergliedert sich in → Arbeitsstufen, Griffe und Griffelemente (→ Griff).

Arbeitsgleichung, in der Statik die Anwendung des Prinzips der virtuellen Arbeit (→ virtuell) zur Berechnung der Tragwerke. Ist ein Tragwerk unter dem Einfluß von äußeren Kräften und inneren statischen Größen im Gleichgewicht, so ist die Arbeit der äußeren und inneren Kräfte bei beliebiger, aber mit dem Tragsystem verträglicher (virtueller) Bewegung Null. Ebenso kann man die wirkliche Bewegung des Tragsystems mit einer willkürlichen (virtuellen) Belastung kombinieren. Im ersteren Falle gestattet die Arbeitsgleichung die Berechnung unbekannter Kräfte, im zweiten Falle dient sie zur Ermittlung von Verschiebungen und Durchbiegungen.

Arbeitsmaschine, eine zur Stoffumformung dienende Maschine, die ihren Antrieb durch Muskelkraft oder durch → Kraftmaschinen erhält, z. B. Gewinnungs- und Aufbereitungsmaschinen, Werkzeugmaschinen, Verarbeitungsmaschinen und Fördermaschinen.

Arbeitsnorm, eine Aufwandsnorm, die wissenschaftlich begründet sein soll und durch die der erforderliche Aufwand an lebendiger Arbeit je Erzeugnis- bzw. Leistungseinheit bestimmter Qualität oder je Arbeitsstelle unter progressiven Produktionsbedingungen festgelegt wird. Die A. besteht aus der Arbeitscharakteristik, in der die entsprechenden Bedingungen beschrieben sind, und der Kennzahl des Aufwandes an lebendiger Arbeit. Sie wird für den inner- und überbetrieblichen Geltungsbereich als Arbeitsnormativ, Einzelarbeitsnorm oder Komplexarbeitsnorm planmäßig ausgearbeitet und angewendet.

Nach dem Inhalt der A. kann zwischen Arbeitszeitnormen und Besetzungsnormen unterschieden werden. Die Größe der **Arbeitszeitnorm** (Symbol **TAN**) kann als Normzeit oder als Stücknorm festgelegt werden. Die *Normzeit* gibt den Arbeitsaufwand je Erzeugnis- oder Leistungseinheit in geforderter Güte unter progressiven Produktionsbedingungen an. Die *Stücknorm* gibt die Anzahl der Erzeugnis- oder Leistungseinheiten (Stück, Meter, Charge u. dgl.) an, die von einem Arbeiter oder einem Kollektiv von Arbeitern je Zeiteinheit (Minute, Stunde, Schicht usw.) in einer bestimmten Güte unter progressiven Produktionsbedingungen hergestellt werden soll. Eine wissenschaftlich begründete **Besetzungsnorm** (Symbol **TBN**) umfaßt den Aufwand an lebendiger Arbeit, ausgedrückt in einer bestimmten Anzahl von Arbeitskräften mit der erforderlichen Qualifikation und differenziert nach dem Geschlecht, der bei hochmechanisierten und automatisierten Produktionsprozessen je nach dem Normungsbereich in einer Produktionsstätte, einem Arbeitsbereich oder an einem Arbeitsplatz unter progressiven technischen, technologischen und organisatorischen Bedingungen je Schicht notwendig ist.

Arbeitsnormung, in der sozialistischen Produktion Festlegungen über den Aufwand an lebendiger Arbeit bei bestimmten Arbeitsgängen. Grundlage der A. sind technische Parameter, durchschnittliche Technologie, moderne Produktionsorganisation, beste Arbeitsverfahren und optimale Gestaltung des Produktionsprozesses. Die A. ist ein wichtiges Mittel der wissenschaftlichen Analyse der Produktionsorganisation, der Steigerung der Arbeitsproduktivität und der Senkung der Selbstkosten.

Arbeitsplan, in der Fertigungstechnik ein technologisches Hilfsmittel für die Aufzeichnung des Fertigungsablaufes in der Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung. Der A. enthält die Unterteilung des Fertigungsablaufes in Arbeitsgänge, Angaben über die verwendete Maschinengruppe, die erforderliche Qualifikation der Arbeitskraft und den erforderlichen Zeitaufwand.

Arbeitsproduktivität, der Wirkungsgrad (Nutzeffekt) der Arbeit bei der Schaffung von Gebrauchswerten. Die A. wird gemessen an der Menge der Produkte (Gebrauchswerte) je Aufwand an Arbeitszeit. Die Entwicklung der A. wird bestimmt von materiell-technischen Faktoren, z. B. vom Entwicklungsstand der Wissenschaft und ihrer technologischen Anwendbarkeit, von der gesellschaftlichen Gestaltung des Produktionsprozesses (Grad der Spezialisierung, Art der Kombination, Form der Kooperation), vom Charakter der Arbeitsorganisation und von Naturverhältnissen, ferner von sozialökonomischen Faktoren, die sich aus dem Charakter der Produktionsverhältnisse ergeben, z. B. Einstellung zur Arbeit und Arbeitsmoral.

Die wichtigsten Maßnahmen zur Steigerung der A. sind Entwicklung und Einführung leistungsfähiger Maschinen, Vervollkommnung und Einsatz besser geeigneter Arbeitsgegenstände, Verwissenschaftlichung des Produktionsprozesses, Einführung neuer technologischer Verfahren, rationellere Organisation der gesellschaftlichen Produktion (Konzentration, Spezialisierung, Kooperation), Entwicklung der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit in allen ihren Formen, Qualifizierung der Werktätigen und Entwicklung der sozialistischen Arbeitsmoral. Von besonderer Bedeutung für die Steigerung der A. ist in der Gegenwart die Durchsetzung der → wissenschaftlich-technischen Revolution und als wichtigster Schritt die komplexe sozialistische → Rationalisierung.

Arbeitspunkt, in der Elektrotechnik der Punkt, der die Nullwerte betriebsmäßig zusammenhängender Wechselgrößen (z. B. bei einer Elek-

tronenröhre die zu verstärkende Wechselspannung mit dem Anodenwechselstrom) auf einer Kennlinie oder in einem Kennlinienfeld festlegt, das den Zusammenhang betriebswichtiger Größen zeigt. Der A. wird durch Hilfsgrößen eingestellt, z. B. durch Gleichgrößen, die den Wechselgrößen überlagert sind. Besonders bei Schaltungen mit Transistoren und Elektronenröhren ist der für die jeweilige Betriebsart günstige A. einzustellen. Bei Elektronenröhren wird der A. im Kennlinienfeld durch entsprechende Wahl von zwei der drei Gleichgrößen Gittergleichspannung, Anodengleichspannung und Anodengleichstrom festgelegt.

Arbeitsstromschaltung, die Schaltung einer elektrischen Anlage, bei der nur beim Einschalten, also im Arbeitszustand, Strom fließt. Die A. wird bei Klingelschaltungen, bei vielen Relaisschaltungen in der Fernmeldetechnik und bei Alarmanlagen verwendet. Gegensatz: → Ruhestromschaltung.

Arbeitsstufe, in der Fertigungstechnik derjenige Teil eines Arbeitsganges, der ohne Wechsel des Werkzeuges in einer Einspannung des Erzeugnisses durchgeführt wird, ohne daß dabei die technologischen Bedingungen geändert werden.

Arbeitszeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

Arbeitszeitnorm, → Arbeitsnorm.

Archaikum, → Präkambrium.

Arcus, → Arkus.

Ardostan, Handelsname für einen keramischen, selbstglasierenden Werkstoff mit geringem Wärmeausdehnungskoeffizienten auf der Basis von Magnesiumaluminiumsilikat (Cordierit). A. wird als Isolator für Elektrowärme verwendet.

Areafunktionen, die Umkehrfunktionen der → Hyperbelfunktionen, und zwar **Areasinus, Areakosinus, Areatangens, Areakotangens.** Die Bezeichnung stammt von dem Wort area (Fläche); die A. lassen sich durch die Fläche eines Hyperbelsektors veranschaulichen. Die Umkehrfunktion zu $y = \sinh x$ ist $y = \operatorname{arsinh} x$ (gesprochen: Areasinus x). Entsprechend bildet man zu

$y = \cosh x$ $\quad y = \operatorname{arcosh} x$

$y = \tanh x$ $\quad y = \operatorname{artanh} x$

$y = \coth x$ $\quad y = \operatorname{arcoth} x$.

Die A. lassen sich durch natürliche Logarithmen ausdrücken; z. B. ist $y = \operatorname{arsinh} x = \ln (x + \sqrt{x^2 + 1})$.

Arenig, → Ordovizium.

Arfvedsonit, ein → Amphibol.

Arg, Abk. für → Arginin.

Argentan, → Neusilber.

Argentit, Silberglanz, ein Mineral, wichtiges Silbererz (Silbergehalt 87 %), meist kubisch, unterhalb 179 °C monoklin und pseudorhombisch (**Akanthit**); schwärzlichgrau, Härte nach Mohs 2, D. 7,3 g cm^{-3}. A. findet sich auf hydrothermalen Silbererzgängen in der Zementationszone, auch in feinen Schüppchen im Galenit.

Argentometrie, → Fällungsanalyse.

Arginin, abg. **Arg,** α-Amino-δ-guanidyl-n-valeriansäure, $HN{=}C(NH_2){-}NH{-}(CH_2)_3{-}CH(NH_2){-}COOH$, die am stärksten basisch wirkende, wachstumsfördernde Aminosäure. A. ist Bestandteil vieler Eiweißstoffe, vor allem der Protamine und Histone. Es ist ein wichtiges Zwischenglied der Harnstoffsynthese im Organismus.

Argon, Symbol **Ar,** chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Edelgase; Ordnungszahl 18, Massenzahlen der Isotope 40, 36 und 38, Atomgewicht 39,948 (bezogen auf ^{12}C); Wertigkeit 0, D. 1,25 g cm^{-3} (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. bei 760 Torr −189,3 °C, Kp. bei 760 Torr −185,90 °C, Litergewicht 1,7839 p bei 0 °C und 760 Torr, krit. Temp. −122,43 °C, krit. Druck 48,0 atm; 1894 von Ramsay und Rayleigh entdeckt. A. ist in der Atmosphäre zu 12800 g t^{-1}, ferner in geringen Mengen auch in vulkanischen Dämpfen sowie in Erd-, Gruben- und Quellgasen enthalten. Die technische Gewinnung erfolgt durch fraktionierte Destillation von flüssiger Luft (→ Luftzerlegung) oder aus dem Restgas der Ammoniaksynthese (Haber-Bosch-Verfahren) durch Tieftemperaturdestillation. A. wird als Füllgas für Glüh- und Metalldampflampen, Leuchtstoffröhren, Gleichrichter, Photokatoden und andere Spezialröhren, ferner als inertes Schutzgas verwendet.

Argonarc-Verfahren, → Schweißen.

Argument, allgemein svw. Beweisgrund, Beweismittel; in der Mathematik: 1) die unabhängige Veränderliche einer Funktion, z. B. x in der Funktion $y = f(x)$. 2) Der Winkel am Pol bei Polarkoordinaten.

Arithmetik, Teilgebiet der Mathematik, die Lehre von den Zahlen und ihren Rechengesetzen. Die **niedere A.** befaßt sich u. a. mit den Grundrechenarten und deren Erweiterungen (Potenzen, Wurzeln, Logarithmen) sowie den Untersuchungen über Größenbeziehungen und Einteilung der Zahlen in positive, negative, rationale und irrationale Zahlen und den Teilbarkeitseigenschaften. Die **höhere A.** behandelt u. a. die Theorie der unendlichen Folgen und Reihen und die Kombinatorik.

Die A. entwickelte sich bereits im Altertum und war zunächst nur auf die natürlichen Zahlen beschränkt. Heute ist es nicht mehr möglich, eine klare Begriffsabgrenzung der A. gegenüber der Algebra und der Analysis vorzunehmen, da die Gebiete sich teilweise überschneiden. Vielfach wird die A. oder speziell die höhere A. in ihren wesentlichen Zügen mit der → Zahlentheorie gleichgesetzt.

Lit.: Enzyklopädie der Elementarmathematik, Bd 1 (3. Aufl. dtsch Berlin 1966); Fischer: A. (Sammlung Göschen); A. und Algebra, 2 Tle (Sammlung Crantz); Holtmann: Mathematik, Bd 1 (7. Aufl. Leipzig 1963).

Arkose, ein sandsteinartiges Sedimentgestein mit reichlichem Gehalt an Feldspat und Glimmer.

Arkus *m*, **Arcus,** Zeichen **arc,** der Bogen, meist das → Bogenmaß eines Winkels. Über **Arkusfunktionen** (Arkussinus, -kosinus, -tangens, -kotangens) → zyklometrische Funktionen.

Armatur, Zubehörteile, wie Meßgeräte, Ventile, Schmiervorrichtungen u. a., die einen geregelten Betrieb von Maschinen und Apparaten gewährleisten sollen.

Armierung, svw. → Bewehrung.

Aromaten, → Kohlenstoffverbindungen.

Aromatisierung, → Zyklisierung.

Arretierung, eine Vorrichtung zum Festhalten von Teilen, die sich gegeneinander bewegen können, in einer bestimmten Stellung. Durch eine A. wird eine normalerweise vorhandene Bewegung gesperrt.

Arsen, Symbol **As,** chemisches Element von halbmetallischem Charakter aus der V. Hauptgruppe des Periodensystems, Reinelement, Halbmetall; Ordnungszahl 33, Atomgewicht 74,9216 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III und V. A. kommt in 3 Modifikationen vor. Die beständige Form ist das graue, metallische A. (D. 5,72 g cm^{-3}), das bei 633 °C sublimiert. Daneben gibt es noch eine gelbe, nichtmetallische und eine schwarzglänzende amorphe Form. A. kommt in der Natur gelegentlich gediegen als Scherbenkobalt, meist in Form von Arseniden (Verbindungen von A. mit Metallen, → Arsenopyrit, → Löllingit), Arsensulfiden (→ Realgar, → Auripigment, Arsensilberblende) und Arsentrioxid vor. Daneben findet man A. im Schwefel der Vulkane, in Steinkohle und im Meerwasser. Die Gewinnung erfolgt hauptsächlich durch Erhitzen von Arsenopyrit FeAsS unter Luftabschluß in Röhren aus feuerfestem Ton.

Dabei sublimiert das A. und verdichtet sich in kalten Vorlagen. Metallisches A. dient als Legierungszusatz für die Herstellung von Flintenschrot und Spiegeln.

Arsenverbindungen. Arsenate, Salze der Arsensäure H_3AsO_4, und **Arsenite,** Salze der arsenigen Säure H_3AsO_3, verwendet als Schädlingsbekämpfungsmittel und zur Holzkonservierung, Kupferarsenit früher als Malerfarbe (Scheeles Grün); **Arsentrioxid (Arsenik),** As_2O_3, weißes, sehr giftiges Pulver, wird technisch durch Abrösten arsenhaltiger Erze (z. B. Arsenopyrit) gewonnen, verwendet zum Vertilgen von Mäusen, Ratten und Fliegen, zum Konservieren von Fellen u. a., beim Glasschmelzen, zur Herstellung von chemischen Kampfstoffen und Farbstoffen, z. B. Schweinfurter Grün, nur noch selten in der Medizin; **Arsenmonosulfid,** As_4S_4, rot, in der Natur als Realgar, verwendet in der Gerberei, Pyrotechnik und als Malerfarbe; **Arsentrisulfid,** As_2S_3, zitronengelb, in der Natur als Auripigment, verwendet als Malerfarbe; **Arsenwasserstoff (Arsin),** AsH_3, farbloses, sehr giftiges Gas, beim Leiten durch ein erhitztes Glasrohr bildet sich ein dunkler, glänzender Belag von metallischem A. (*Arsenspiegel, Marshsche Arsenprobe*).

Arsenikalkies, svw. → Löllingit.

Arsenkies, svw. → Arsenopyrit.

Arsenopyrit, Arsenkies, Mißpickel, ein Mineral, wichtigstes Arsenerz, FeAsS; monoklin, silberweiß bis lichtgrau, Härte nach Mohs 5,5 bis 6, D. 5,9 bis 6,2 g cm^{-3}, spröde. A. findet sich auf hydrothermalen Gängen und metasomatischen Lagerstätten. A. kann wegen seines Gehaltes an Au, Ag, Co und Ni wichtig werden.

Arsine, die Alkyl- und Arylderivate des Arsenwasserstoffs AsH_3, also $R—AsH_2$, $R—AsH—R$ und R_3As. Die A. sind sehr giftig, viele übelriechend, andere von heftiger Reizwirkung auf Schleimhäute und Luftwege. Zu den A.n zählen auch die → Kakodylverbindungen. Einige A. wurden im 1. Weltkrieg als Kampfstoffe eingesetzt, z. B. Diphenylarsinchlorid (Clark I) und Diphenylarsinzyanid (Clark II).

Arterenol, → Adrenalin.

artesischer Brunnen, ein in gespanntes Grundwasser hinabreichender Rohrbrunnen (→ Brunnen), aus dem das Wasser (unter Umständen nur zeitweise) nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren unter natürlichem Druck über Flur austritt.

Artgewicht, svw. → Wichte.

Aryl..., abg. **Ar,** Bezeichnung für einwertige Atomgruppierungen, die sich von aromatischen Kohlenwasserstoffen durch Entzug eines an den Kern gebundenen H-Atoms ableiten. Sie können entweder als Fragment eines Moleküls oder als instabiles freies Radikal auftreten. Hierzu gehören z. B. Phenyl... $C_6H_5—$ und Naphthyl... $C_{10}H_7—$.

Arylen..., Bezeichnung für zweiwertige Atomgruppierungen, die sich von aromatischen Kohlenwasserstoffen durch Entzug eines an den Kern gebundenen H-Atoms ableiten. Sie können entweder als Fragment eines Moleküls oder als instabiles freies Radikal auftreten. Hierzu gehört z. B. Phenylen... C_6H_4<.

Arzneimittelkunde, svw. → Pharmazie.

As, 1) Kurzz. für → Amperesekunde. 2) Symbol für → Arsen.

ASA-Grad, Abk. für **A**merican **S**tandards **A**ssociation, in den USA festgelegte Angabe für die → Empfindlichkeit photographischer Schichten. Nach diesem System wird die geringste erforderliche Belichtung angegeben, bei der eine Schattenpartie im Positiv gerade noch mit einem minimalen Kontrast wiedergegeben werden kann. Ein 21 DIN-Film entspricht einem 100 ASA-Film.

asb, Kurzz. für → Apostilb.

Asbest, faserige Aggregate silikatischer Minerale. Man unterscheidet 1) **Serpentinasbest, Chrysotil (asbest),** $Mg_6[(OH)_8|Si_4O_{10}]$, wahrscheinlich monoklin, grün, braunrot, braungelb, weiß, fein- und parallelfaserig, 13 % Kristallwassergehalt, F. ≈ 1500 °C, alkalibeständig; findet sich als Spaltenausfüllung in Serpentin. 2) **Amphibolasbest, Hornblendeasbest,** meist dunklere Farbe infolge hohen Eisengehalts, 3 % Kristallwassergehalt, F. ≈ 1150 °C, säurebeständig. Von den Amphibolen sind Krokydolith, Anthophyllit, Amosit, Tremolit, Aktinolith als A. technisch verwertbar.

A. wird im Tage-, seltener im Untertagebau gewonnen. Die Aufbereitung erfolgt durch Abschlagen anhängenden Gesteins, Auffasern des stückigen A.s (Crude) und Sortieren nach Faserlängen mittels Siebverfahren.

Verwendung. Langfaseriger Chrysotil, Krokydolith und Amosit lassen sich, gegebenenfalls unter Zusatz organischer Tragfasern, zu Garnen verspinnen, aus denen Schnuren, Bänder, Gewebe und Gewirke hergestellt werden. Kurze Fasern werden zu Papier, Pappe, It-Platten, Asbestzement und mit Kunstharzen als Bindemittel zu Preßwaren verarbeitet. Da A. unverbrennbar ist, wird er zu feuerfester Bekleidung, feuerhemmenden Vorhängen, Wandverkleidungen u. a. verwendet. Ferner findet er auf Grund seines Isoliervermögens gegen Elektrizität und seines Wärmedämmvermögens sowie der guten Beständigkeit gegen aggressive Chemikalien (Säuren, Laugen) vielseitige technische Verwendung. Wichtig ist A. als Dichtungsmaterial (Packungen), Brems- und Kupplungsbelag, Filter- und Klärmaterial.

Asbestbeton, Asbestzement, eine Mischung von im Holländer aufbereiteten Asbestfasern mit Zement, unter Druck bis 1000 at gepreßt. A. ist z. B. raumbeständig, feuerbeständig und wasserundurchlässig, seine Rohdichte beträgt 1500 bis 2200 kg m^{-3}. A. wird verwendet zu Dach- und Wandbauplatten, Rohren, Dachrinnen u. a. TGL 117-0637 und andere Standards.

Asbestzement, svw. → Asbestbeton.

Aschenbinder, Braunkohlenfilterasche (abg. BFA) oder Steinkohlenfilterasche, die im Elektrofilter (Lurgifilter) abgeschieden wird. Mit Wasser angemacht, nehmen die Aschen aus der Luft Kohlendioxid auf und bilden Kalziumkarbonat, wodurch sie erstarren. Nach Art der Kohle und Verbrennung sind A. in der chemischen Zusammensetzung schwankend. Je nach Eignung dienen sie als nichthydraulische Bindemittel für Bauteile, die weder hoch beansprucht werden noch dauernder Durchfeuchtung ausgesetzt sind, z. B. für Leichtbeton (Schaumbeton). Weitere Verwendung von Aschen → Zuschläge.

Äschern, ein Arbeitsgang in der → Gerberei.

Ashgill, → Ordovizium.

Askorbinsäure, Vitamin C, → Vitamine.

Asp, Abk. für → Asparaginsäure.

Asparaginsäure, abg. **Asp,** Aminobernsteinsäure, $HOOC—CH(NH_2)—CH_2—COOH$, eine Aminodikarbonsäure. A. ist Bestandteil vieler Proteine, z. B. der Albumine und Globuline. Ihr Monoamid, das **Asparagin** $HOOC—CH(NH_2)—CH_2—CONH_2$, ist ebenfalls als Eiweißbaustein weit verbreitet, vor allem in den Keimlingen von Leguminosen und in Spargelsprossen.

Asphalt *m*, ein natürliches (Naturasphalt) oder künstliches Gemisch von Bitumen mit Mineralstoffen. A. ist eine tiefbraune bis schwarze Masse, matt oder pechschwarz glänzend, wasserabweisend, widerstandsfähig gegen Alkalien und bei Verarbeitung mit säurefesten Gesteinsmehlen auch gegen Säuren, aber leicht angreifbar durch Kohlendisulfid, Benzol, Benzin u. a. Durch Erhitzen wird A. plastisch-weich bis dünnflüssig. Der **Naturasphalt** kommt als schmelzbare Masse in mächtigen Lagern vor als 1) *Asphaltit* (A. von

großer Härte mit sehr niedrigem Gehalt an Mineralstoffen) in Utah und Westvirginia (USA), Garbados in Syrien; 2) A. mit hohem Gehalt an Mineralstoffen z. B. vom Asphaltsee auf Trinidad, bei Bermudez in den Anden, in Albanien, ferner *Asphaltkalkstein* bei Vorwohle im Weserbergland, Lobsann und Seyssel in Frankreich, Val de Travers in der Schweiz, Ragusa und San Valentino in Italien; 3) *Asphaltsand* bei Tataros Derna in Rumänien, in der UdSSR, Bulgarien, in den USA und Kanada.

Folgende Arten sind von Bedeutung: **Stampfasphalt** wird durch feine Vermahlung von Asphaltkalkstein und Zusatz von Bitumen als Bindemittel hergestellt. Er diente u. a. als Straßenbelag, wird aber wegen seiner glatten Oberfläche und der damit verbundenen Verkehrsunsicherheit nur noch wenig verlegt. Durch Mischen von Bitumen mit Mineralstoffen entstehen künstliche A.e, die heute vor allem im Straßenbau große Bedeutung haben. Man unterscheidet: **Asphaltmastix** wird durch Vermahlen und Kochen von Asphaltkalkstein unter Zusatz von Bitumen hergestellt; Verwendung für Gußasphaltestrich, Unterböden für Parkett und Fußbodenbelagsbahnen, zur Feuchtigkeitssperrung, für säurefeste Beläge. **Gußasphalt** besteht aus einem Gemisch von Naturasphaltmehl (oder Steinmehl), Natursand und Splitt mit 7 bis 10 % Bitumen. Er kann auch aus Asphaltmastix mit Zuschlag von Sand und Splitt (oder Kies) hergestellt werden. Verwendung als Straßenbelag (→ Straße) sowie im Hoch- und Wasserbau. Gußasphalt wird meist auf der Baustelle in Gußasphaltkochern, heute auch in zentralen Aufbereitungsanlagen hergestellt und muß heiß aufgebracht werden. **Sandasphalt** besteht aus einem Gemisch von Natursand (oder Brechsand) und Steinmehl mit 8,5 bis 12 % Bitumen als Bindemittel und dient als Straßenbelag. **Bitumenbeton** (früher Asphaltbeton) ist ein Gemisch von Splitt, Natursand und Füllstoffen und — im Gegensatz zur Definition von → Beton — mit Bitumen als Bindemittel und wird im Straßenbau verwendet. **Kaltasphalt** ist eine Emulsion aus Bitumen und Wasser unter Zusatz von Emulgatoren, die dem Kaltasphalt Stabilität verleihen. Er wird im Straßenbau auf den Schotter gespritzt; dabei brechen die Emulsionen, und der Schotter wird verkittet. Kaltasphalt dient auch als Sperranstrich für feuchte Betonbauteile.

Eine Lösung von A. in Benzol oder Terpentinöl, **Asphaltlack**, wird in der Ätzerei und Galvanotechnik zum Abdecken von Metallflächen, als Rostschutzmittel u. dgl. verwendet, ferner allgemein als Schutz- und Sperranstrich.

ASR, → Anflug- und Landesysteme.

Assimilation, 1) → Photosynthese. 2) → Differentiation.

Aßmannsches Aspirationspsychrometer, → Feuchtigkeit.

Assoziation, in der Chemie die meist ohne elektrostatische Kräfte bewirkte Zusammenlagerung mehrerer Moleküle im gasförmigen, flüssigen oder gelösten Zustand. So lagern sich bei Wasser meist mehrere Moleküle zusammen, es ist nicht genau H_2O, sondern $(H_2O)_x$, wobei x je nach Temperatur 2 bis 8 beträgt. Durch A. ist Wasser auch schwerer flüchtig als Schwefelwasserstoff H_2S.

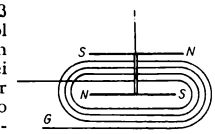
Assoziativgesetz, Verbindungsgesetz, wichtiges Gesetz bei mathematischen Verknüpfungen. Es besagt, daß man bei der Addition wie bei der Multiplikation im Bereich der komplexen Zahlen in einer mehrgliedrigen Summe (bzw. Produkt) die Summanden (bzw. Faktoren) beliebig zu Gruppen vereinigen (assoziieren) kann, ohne das Ergebnis der Rechnung zu verändern:

$a + b + c = (a + b) + c = a + (b + c) = (a + c) + b$

$a \cdot b \cdot c = (a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot c) \cdot b$

Astat, früher **Astatin,** Symbol **At,** radioaktives chemisches Element aus der VII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Halogene, ein Nichtmetall; Ordnungszahl 85, Massenzahlen der Isotope 201 bis 219, wobei ^{210}At mit einer Halbwertszeit von 8,3 Stunden das stabilste Isotop ist. Wertigkeit wahrscheinlich III und VII, seltener I und V, 1940 von Corson, McKenzie und Segrè erstmals erhalten. Die Isotope finden sich in den Zerfallsprodukten von Radium, Aktinium und Thorium. A. geht beim radioaktiven Zerfall unter α-Strahlung in Wismut oder durch K-Einfang in Polonium über.

astatisches Nadelpaar, zwei gleiche, derart miteinander starr verbundene Magnetnadeln, daß der Nordpol der einen Nadel über dem Südpol der anderen liegt. Der Erdmagnetismus ist dann nahezu ohne Einfluß auf das Nadelpaar. Bei Galvanometern wird häufig zur Erhöhung der Empfindlichkeit das bewegliche Magnetsystem so angeordnet, astasiert, daß man ober- oder unterhalb des Instruments einen verstellbaren Magneten anbringt, der den störenden Einfluß des Erdfelds und anderer fremder oder durch den Stromfluß selbst entstehender magnetischer Felder nahezu aufhebt.



astatisches Nadelpaar. *S* Südpol, *N* Nordpol, *G* Galvanometerspule

Asteroid, svw. → Planetoid.

Astigmatismus, ein → Abbildungsfehler.

Astrograph, ein → astronomisches Instrument.

Astroide, → Zykloide.

Astrometrie, ein Teilgebiet der Astronomie, das sich mit der Vermessung der als punktförmig angesehenen Sterne an der Himmelskugel befaßt, weiterhin mit den Einflüssen, die den Ort eines Gestirns an der Himmelskugel verändern (Präzession, Refraktion, Aberration), sowie mit der Theorie der für die Messungen benötigten Instrumente. Die Festlegung geeigneter → astronomischer Koordinatensysteme ist daher auch Aufgabe der A. Aus dem von der A. gesammelten Datenmaterial lassen sich u. a. Entfernung der Sterne und ihre Bewegung an der Himmelskugel ableiten sowie die Bahnen der Himmelskörper des Planetensystems bestimmen. Astrometrische Beobachtungen werden mittels genauer Winkelmeßinstrumente (→ astronomische Instrumente) oder mit Hilfe von Astrographen ausgeführt.

Astron, svw. → Makron.

Astronautik, die → Raumfahrt.

astronautische Geschwindigkeitsstufe, → kosmische Geschwindigkeitsstufe.

Astronavigation, → Navigation.

Astronomie, Himmelskunde, Sternkunde (Tafel 56), die Wissenschaft von der Bewegung, der physikalischen Beschaffenheit und der Entwicklung der Materie im Weltraum. Die A. ergründet durch Beobachtung der Richtung, der Intensität und der spektralen Zusammensetzung der Strahlung der kosmischen Objekte deren augenblicklichen Zustand und die Änderungen dieses Zustandes. Die A. beschäftigt sich dabei mit den Körpern des Sonnensystems (Sonne, Planeten, Monde, Planetoiden, Kometen, Meteoriten), mit den Sternen (Fixsternen), den Sternhaufen, den Sternsystemen sowie mit der diffus verteilten Materie zwischen den Sternen (interstellare Materie) und zwischen den Planeten (interplanetare Materie). Dabei ist der Stand der astronomischen Erkenntnis unter anderem abhängig vom Stand der Beobachtungstechnik und vom Stand der Kenntnis physikalischer Gesetze.

Die A. gliedert sich in 4 Hauptgebiete. 1) Die → **Astrometrie** oder **sphärische A.** hat die Aufgabe, die Örter und Bewegungen der Gestirne festzustellen sowie Koordinatensysteme festzulegen, und liefert somit die Grundlage für die Orts- und Zeitbestimmung sowie für die Bahnbestimmung der Himmelskörper. 2) Die → **Himmelsmechanik**

astronomische Einheit

untersucht auf Grund des Newtonschen Gravitationsgesetzes die möglichen Bewegungsverhältnisse kosmischer Körper. 3) Die **Stellarstatistik** erforscht unter Einbeziehung statistischer Untersuchungsmethoden Aufbau und Bewegungsverhältnisse im Milchstraßensystem, dem die Sonne als Fixstern angehört, sowie die Verteilung anderer Sternsysteme im Raum. 4) Die → **Astrophysik,** die heute den breitesten Raum der astronomischen Forschungen einnimmt, untersucht den physikalischen und chemischen Aufbau der Weltkörper. Die in den Hauptgebieten der A. erlangten Erkenntnisse ermöglichen es schließlich, Fragen der → Kosmogonie und → Kosmologie in Angriff zu nehmen.

Lit. Becker: Einführung in die A. (3. Aufl. Leipzig 1950), Sterne und Sternsysteme (2. Aufl. Dresden 1950); Newcomb-Engelmann: Populäre A. (8. Aufl. Leipzig 1948); Weigert u. Zimmermann: Brockhaus ABC der A. (2. Aufl. Leipzig 1961); Ahnert: Kalender für Sternfreunde (Leipzig).

astronomische Einheit, Kurzz. **AE,** nichtgesetzliche Einheit der Länge in der Astronomie für Entfernungsangaben innerhalb des Sonnensystems. Eine AE ist gleich der halben großen Achse der Bahn der Erde um die Sonne, was der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne entspricht. 1 AE ≙ $1{,}495 \cdot 10^8$ km.

astronomische Instrumente (Tafel 56), Instrumente zur Himmelsbeobachtung und deren Auswertung. Die Beobachtungsinstrumente werden so gebaut, daß sie zum Empfangen, Untersuchen und Messen der von außerirdischen Objekten ausgesandten Strahlung geeignet sind. Da es sich hierbei vorwiegend um Lichtstrahlung handelt, sind die a.n I. vorwiegend optische Geräte. In der → Radioastronomie wurden dagegen wesentlich andere Instrumententypen entwickelt.

Das wichtigste astronomische optische Instrument ist das → **Fernrohr (Teleskop),** das als *Refraktor* (mit Sammellinse) oder als *Reflektor* (*Spiegelteleskop* mit Hohlspiegel) benutzt wird. Visuelle Refraktoren werden heute nur noch für Spezialaufgaben eingesetzt (Doppelsternforschung, Oberflächenuntersuchung von Planeten, Monden u. a.). Mit photographischen Refraktoren werden hauptsächlich Sternfelder und Sternhaufen für Helligkeitsuntersuchungen und zur Positionsbestimmung aufgenommen. Mehrlinsige photographische Refraktoren mit einem Öffnungsverhältnis von 1:8 und größer werden als **Astrographen** bezeichnet. Die Spiegelteleskope lassen sich ebenfalls für visuelle Beobachtungen benutzen, weitaus häufiger sind aber photographische Reflektoren, bei denen es eine große Anzahl von Konstruktionsprinzipien gibt. Am bekanntesten ist das **Schmidt-Spiegelteleskop.** Es besitzt einen sphärischen Spiegel, dessen Abbildungsfehler durch eine Korrektionsplatte, die sich in der doppelten Brennweite vor dem Splegel befindet, korrigiert werden.

Um das zu beobachtende Objekt ständig im Gesichtsfeld zu haben, werden die Fernrohre so aufgestellt, daß sie sich um eine zur Erdachse parallele Achse (Stundenachse) drehen lassen. Damit kann die scheinbare tägliche Bewegung der Gestirne an der Himmelskugel ausgeglichen werden. Senkrecht zu dieser Achse steht die Deklinationsachse. Sie ermöglicht die Beobachtung jedes Punktes am Himmel. Eine Fernrohraufstellung mit dieser Art von Achssystem nennt man *parallaktisch.*

Zur exakten Helligkeitsmessung werden lichtelektrische **Photometer** (→ Photometrie), zur Messung der spektralen Energieverteilung des Sternlichtes **Spektrographen** (→ Spektralapparate) eingesetzt, die als Zusatzgeräte an den a. n I.n befestigt werden können. Weitere Zusatzgeräte dienen zur Untersuchung der Polarisation des empfangenen Lichts, das → **Bolometer** zur Bestimmung der Sternstrahlung in einem sehr weiten Spektralbereich. Zur Auswertung der gewonnenen photographischen Aufnahmen im Laboratorium wurden besondere Photometer konstruiert, mit deren Hilfe die vom Sternlicht auf der photographischen Platte erzeugte Schwärzung gemessen werden kann. Aus dieser wird dann auf die Helligkeit des Sterns geschlossen. Mit Hilfe von **Koordinatenmeßapparaten** können die Örter der Sterne relativ zu den Örtern anderer Sterne sehr genau bestimmt werden.

Die **Winkelmeßinstrumente** bilden eine besondere Gruppe der a.n I. Mit ihrer Hilfe kann sehr genau die Richtung des Gestirnslichts festgestellt werden. Das bekannteste Winkelmeßinstrument ist der **Meridiankreis,** dessen Fernrohr um eine Achse in Ost-West-Richtung drehbar ist und sich so in der Meridianebene des Beobachtungsortes bewegt. Wesentliche Bestandteile sind sehr genaue Teilkreise, die eine exakte Winkelablesung ermöglichen. Ähnlich, nur mit gröber geteilten Teilkreisen, arbeitet das **Passageinstrument (Durchgangsinstrument).** Beobachtet werden sowohl die genaue Zeit des Meridiandurchgangs eines Gestirns zur Zeitbestimmung und zur Festlegung der einen Koordinate in einem → astronomischen Koordinatensystem als auch die Höhe des Gestirns über dem Horizont des Beobachtungsorts zur Festlegung der anderen Koordinate (Deklination). Beim **Altazimut** oder beim **Universalinstrument** kann man das Fernrohr noch um eine zusätzliche senkrechte Achse drehen, so daß sich sowohl Höhe als auch Azimut des Gestirns bestimmen lassen. Beim Altazimut ist das wegen der exakteren Teilkreise genauer möglich als beim Universalinstrument. Das **Zenitteleskop** hat keinerlei Teilkreise, dafür aber eine sehr gute Libelle, mit der die genaue Lage der senkrechten Drehachse bestimmt wird. Es werden nur relative Höhen von Sternen in unmittelbarer Nähe des Zenits gemessen, woraus man die Polhöhe des Beobachtungsorts und ihre Änderung bestimmen kann. Zenitteleskope können auch für den Zeitdienst eingesetzt werden.

Zahlreiche spezielle Instrumente sind für die Sonnenbeobachtung in Gebrauch. Sie werden z. T. als **Turmteleskope** gebaut, bei denen der Turm als senkrecht stehendes Fernrohr ausgebildet ist. Auf dem Turm befindet sich ein System von Spiegeln, die das Sonnenlicht in das Objektiv spiegeln. Dieses erzeugt am Turmfuß ein Sonnenbild, das dann dort näher untersucht werden kann. Das Spiegelsystem **(Zölostat)** besteht meist aus zwei Spiegeln. Der eine davon kann um eine zur Erdachse parallele Achse gedreht werden, so daß das von ihm reflektierte Sonnenlicht immer auf den zweiten, feststehenden Spiegel fällt, der dann das Licht in die gewünschte Richtung wirft. Beim **Heliostat** wird nur der eine drehbare Spiegel benutzt. Man nimmt dabei den Nachteil in Kauf, daß sich das entworfene Sonnenbild dreht. Der **Koronograph** ermöglicht es, die inneren Teile der Sonnenkorona auch außerhalb einer totalen Sonnenfinsternis zu beobachten. Mit dem **Spektroheliograph** können photographische Aufnahmen der Sonnenoberfläche im nahezu monochromatischen Licht gemacht werden. Das gleiche Prinzip liegt dem **Spektrohelioskop** zugrunde, das jedoch zur visuellen Sonnenbeobachtung benutzt wird.

Zum Witterungsschutz sind die Fernrohre meist in drehbaren Kuppeln untergebracht, die einen Spalt als Beobachtungsöffnung haben.

astronomische Photometrie, svw. → Astrophotometrie.

astronomisches Koordinatensystem, ein System von zwei unabhängigen Winkelangaben (sphärische Koordinaten) zur eindeutigen Festlegung des Ortes eines Gestirns an der Himmelskugel. Die Himmelskugel wird dabei als Hohlku-

dacht. Allgemein festlegen läßt sich ein rechtwinkliges sphärisches Koordinatensystem durch die Angabe einer Grundebene, die die Himmelskugel in einem größten Kreis schneidet, und die Angabe eines Anfangs- oder Leitpunktes auf diesem Kreis, von dem aus die Zählung der einen Koordinate erfolgt. Die andere Koordinate wird rechtwinklig dazu gemessen. Im einzelnen werden folgende Koordinatensysteme benutzt:

1) **Horizontalsystem**, auch **Azimutsystem** genannt. Die Grundebene ist hierbei eine Ebene rechtwinklig zur Richtung der Schwerkraft im Beobachtungspunkt *B*. Sie schneidet die Himmelskugel im Horizont. Anfangspunkt für die Zählung der einen Koordinate, des Azimuts *A*, ist der Südpunkt *S*. Das *Azimut* ist gleich dem Winkel zwischen Südpunkt und dem Schnittpunkt *F* des Vertikalkreises des Gestirns *G* mit dem Horizont. Als *Vertikalkreise* bezeichnet man alle größten Kreise senkrecht zum Horizont, die also durch *Zenit Z* und *Nadir Na* gehen. Der Vertikalkreis durch den Nordpunkt *N* und den Südpunkt heißt *Meridian*. Das Azimut wird vom Südpunkt über Westpunkt *W*, Nordpunkt und Ostpunkt *O* von 0° bis 360° gezählt. Die andere Koordinate ist die *Höhe h*, die auf dem Vertikalkreis des Gestirns vom Horizont aus in Grad gemessen wird, in Richtung zum Zenit positiv, zum Nadir negativ. Statt der Höhe wird auch die Zenitdistanz $z = 90° - h$ verwandt. Infolge der täglichen Bewegung der Gestirne ändern sich Azimut und Höhe eines Gestirns laufend. Zur eindeutigen Festlegung eines Gestirnsortes werden also noch zusätzlich die Angabe von Beobachtungszeit und -ort benötigt.

2) **Äquatorialsystem.** Grundebene ist hierbei die Ebene des Erdäquators, sie schneidet die Himmelskugel im *Himmelsäquator*. Als Leitpunkte werden zwei verschiedene Punkte benutzt. a) Im **Stundenwinkelsystem**, dem **festen Äquatorialsystem**, wählt man dazu den Schnittpunkt von Himmelsmeridian und Himmelsäquator. Der Winkel zwischen diesem Punkt und dem Schnittpunkt des Stundenkreises *F* des Gestirns mit dem Himmelsäquator heißt *Stundenwinkel* τ. Die Zählung erfolgt in Stunden, Minuten, Sekunden, von 0^h bis 24^h in Richtung der täglichen Bewegung der Sterne. Die andere Koordinate, die *Deklination* δ, wird auf dem Stundenkreis des Gestirns vom Himmelsäquator aus von 0° bis 90° gemessen, und zwar auf den Himmelsnordpol zu positiv, auf den Südpol zu negativ. Stundenkreise sind alle größten Kreise senkrecht zum Himmelsäquator; sie gehen durch Nord- und Südpol des Himmels. Statt der Deklination benutzt man auch die *Poldistanz* $d = 90° - \delta$. b) Im **Rektaszensionssystem**, dem **beweglichen Äquatorsystem**, ist der Frühlingspunkt Leitpunkt. Der Winkel zwischen ihm und dem Schnittpunkt *F* des Stundenkreises des Gestirns mit dem Himmelsäquator wird als *Rektaszension* (*gerade Aufsteigung*) α bezeichnet und entgegengesetzt der täglichen Bewegung der Gestirne in Stunden, Minuten und Sekunden gemessen. Als zweite Koordinate wird wieder die Deklination benutzt. Während im festen Äquatorialsystem der Stundenwinkel eines Gestirns von Beobachtungszeit und -ort abhängt, sind im beweglichen Äquatorialsystem beide Koordinaten, Deklination und Rektaszension, unabhängig von Beobachtungszeit und -ort. Sie dienen daher als Grundlagen für Ortsangaben von Sternen in Sternkatalogen und -karten. Der Stundenwinkel eines Gestirns gibt die Zeit (in Sternzeit) an, die seit dem letzten Meridiandurchgang des Gestirns verstrichen ist. Der Stundenwinkel des Frühlingspunktes ist dabei gleich der Sternzeit im Augenblick der Beobachtung, und es gilt die Beziehung: der Stundenwinkel des Gestirns ist gleich der Sternzeit minus Rektaszension.

3) **Ekliptikalsystem.** Dieses System wird bei der Positionsbestimmung von Körpern des Sonnensystems benötigt. Es benutzt als Grundebene die Ebene der *Ekliptik*, als Leitpunkt den Frühlingspunkt, von dem aus die *ekliptikale Länge* λ in gleicher Richtung wie die scheinbare jährliche Sonnenbewegung bis zum Schnittpunkt *F* des Längenkreises des Gestirns mit der Ekliptik in Grad von 0° bis 360° gemessen wird. Die *ekliptische Breite* β wird von der Ekliptik aus längs des Längenkreises in Grad gemessen, in Richtung zum Nordpol der Ekliptik positiv, zum Südpol negativ. Längenkreise sind alle größten Kreise, die senkrecht auf der Ekliptik stehen, also durch den Nord- und Südpol der Ekliptik gehen; sie werden auch als *Kolur* bezeichnet.

Die Beobachtungen zeigen, daß die Grundebenen der Äquatorialsysteme und des Ekliptikalsystems nicht unverrückbar fest liegen. Sie weisen Verschiebungen auf, die durch die → Präzession hervorgerufen werden. Damit ändern sich auch die Koordinaten eines Gestirns im Laufe der Zeit. Zur exakten Koordinatenangabe gehört demnach noch die Zeitangabe, die die Lage der Grundebene charakterisiert.

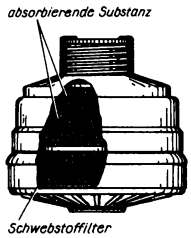
4) Das **galaktische System** benutzt man bei der Untersuchung der räumlichen Verteilung der Sterne im Milchstraßensystem. Es hat die Symmetrieebene der scheinbaren Verteilung der Sterne am Himmel als Grundebene. Sie schneidet den Himmel in einem größten Kreis (galaktischer Äquator), der nahezu mit der Mittellinie der Milchstraße am Himmel zusammenfällt. Als eine Koordinate wird die *galaktische Länge* benutzt, die von der Richtung zum Kern des Milchstraßensystems aus gezählt wird (in Grad von 0° bis 360°) bis zum Schnittpunkt des galaktischen Längenkreises des Gestirns mit dem galaktischen Äquator. Die andere Koordinate ist die *galaktische Breite*, gemessen längs des galaktischen Längenkreises in Grad, in Richtung zum galaktischen Nordpol positiv, zum Südpol negativ.

astronomische Uhr, eine mit hoher Präzision hergestellte Pendeluhr, die die Sternzeit oder mittlere Sonnenzeit anzeigt. Um Schwingungsdauer und Amplitude des schwingenden Pendels möglichst konstant zu halten, werden a. U.en in Räumen mit konstanter Temperatur erschütterungsfrei aufgestellt. Zur Kontrolle sind astronomische Zeitbestimmungen (→ Zeit) erforderlich. Genauer als Pendeluhren sind Quarz- und Atomuhren.

astronomische Zeichen, in der Astronomie und im Kalenderwesen gebrauchte Zeichen, z. B. ☉ Sonne, Sonntag; ☾ Mond, Montag; ♂ Mars, Dienstag; ☿ Merkur, Mittwoch; ♃ Jupiter, Donnerstag; ♀ Venus, Freitag; ♄ Saturn, Sonnabend. Über die Zeichen der Tierkreissternbilder → Tierkreis.

Astrophotographie, die Anwendung photographischer Methoden in der astronomischen und astrophysikalischen Forschung. Die Vorteile der A. liegen vor allem darin, daß die photographische Schicht Lichteinwirkungen summieren kann. Durch längere Belichtungszeiten vermag man daher sehr lichtschwache Objekte zu erfassen. Mit einer Aufnahme können jeweils viele Sterne gleichzeitig abgebildet werden, während die Auswertung später im Laboratorium erfolgen kann. Außerdem stellt jede einzelne Aufnahme ein Dokument dar, das immer zur Kontrolle vorhanden ist. Als Kameras werden Fernrohre mit Spiegel- oder Linsenoptik benutzt (→ astronomische Instrumente).

Astrophotometrie, astronomische Photometrie, Photometrie der Gestirne, die Messung der Strahlungsintensität von Himmelskörpern. Je nach der Aufnahmeapparatur unterscheidet man visuelle, photographische, lichtelektrische A. usw. Die **photographische A.** hat gegenüber den



Atemschutzfilter: Gasfilter mit Schwebstoffilter

anderen Methoden den Vorteil, daß mit Hilfe einer Aufnahme eine meist sehr große Zahl von Sternen vermessen werden kann. Die **lichtelektrische A.** zeichnet sich durch hohe Genauigkeit aus. Wird nicht die Gesamtintensität in einem größeren Spektralbereich, sondern die Verteilung der Intensität auf die verschiedenen Frequenzen des Bereichs gemessen, so spricht man von **Spektralphotometrie** (→ Photometrie).

Astrophysik, ein Teilgebiet der Astronomie, in neuerer Zeit Schwerpunktgebiet der astronomischen Forschung. Die A. untersucht die chemische und physikalische Beschaffenheit der kosmischen Objekte. Zentralprobleme der A. betreffen die Sternatmosphären, den inneren Aufbau und die Entwicklung der Sterne, die Sonnenphysik sowie die Physik der interstellaren Materie. In den letzten drei Jahrzehnten ist außerdem die A. des Planetensystems hinzugekommen mit Untersuchungen über die Physik der Planetenatmosphäre und die Physik der Kometen und der Meteorite sowie des Zodiakallichts. Die A. arbeitet mit den Gesetzen und Methoden der Physik; für die Beobachtung spielt vor allem die Spektralanalyse eine Rolle. Die Ergebnisse auf den Gebieten des Elektromagnetismus, der Thermodynamik und statistischen Mechanik sowie der Atom- und Kernphysik werden für die A. nutzbar gemacht.

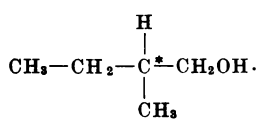
Lit. Ambarzumjan u. Mustel: Theoretische A. (dtsch Berlin 1957).

Asymmetrie, Gegensatz von → Symmetrie.

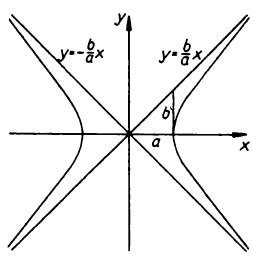
asymmetrisch, abg. **asym.,** Bezeichnung für die 1,2,4-Stellung gleicher Substituenten am Benzolring, z. B. asym.-Trimethylbenzol statt 1,2,4-Trimethylbenzol.

asymmetrisches Abblendlicht, → Scheinwerfer.

asymmetrisches Kohlenstoffatom, ein Kohlenstoffatom, dessen vier Valenzen mit vier verschiedenen Atomen oder Atomgruppen verknüpft sind, z. B. das durch * gekennzeichnete Atom im 2-Methylbutanol-(1).



Asymptote, eine Gerade, der sich eine Kurve mehr und mehr nähert, ohne sie im Endlichen zu berühren oder zu schneiden. In manchen Fällen kann eine A. auch als eine die Kurve im



Asymptoten der Hyperbel (a und b Halbachsen)

Unendlichen berührende Tangente aufgefaßt werden. Für eine Hyperbel in der Normalform $\frac{x^2}{a^2}-\frac{y^2}{b^2}=1$ ist die Gleichung der beiden Asymptoten $y=\pm\frac{b}{a}x$.

asynchron, nicht gleichzeitig, phasenverschoben. Gegensatz: → synchron.

Asynchronmaschine, eine → elektrische Maschine.

at, Kurzz. für technische → Atmosphäre.

At, Symbol für → Astat.

ata, veraltetes Kurzz. für technische → Atmosphäre absoluter Druck.

ataktisch, → Polymere.

Atemgeräte, zusammenfassende Bezeichnung für alle Geräte, die der Aufrechterhaltung und dem Schutz der Atmung, der Heilbehandlung von Atmungsorganen und der Messung von Atemgrößen dienen. Man unterscheidet entsprechend → Atemschutzgeräte, → Beatmungsgeräte, → Inhalationsgeräte. Atemmeßgeräte dienen zur Messung von Atemvolumen, -frequenz, -druck, Atemzeitvolumen, Atemgrenzwert u. a.

Atemschutzfilter, ein Filter zum Schutz gegen das Einatmen von Luftschadstoffen. Luftschadstoffe sind Gase (z. B. Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid), Dämpfe (z. B. Lösungsmitteldämpfe) und Schwebstoffe, die schädlich sein können (z. B. Quarzstaub, Metallrauch, radioaktive Schwebstoffe, chemische Kampfstoffe) oder unschädlich (z. B. Sodastaub, Grobstaub in Müllereien). Die A. werden in Verbindung mit Atemschutzfiltergeräten und Atemanschlüssen (→ Atemschutzgeräte) verwendet. Man unterscheidet 1) A. gegen Gase und Dämpfe, 2) A. gegen Gase, Dämpfe und Schwebstoffe, 3) A. gegen Schwebstoffe. Die Kennzeichnung der A. entsprechend ihrem Anwendungsgebiet erfolgt nach TGL 21362. Danach erhält jedes A. einen Kennbuchstaben und ein bis zwei Kennfarben. Zusätzlich sind A. mit den Buchstaben St kombiniert, wenn sie außer gegen Gase auch gegen Schwebstoffe schützen; außerdem werden diese A. mit einem weißen Kennring versehen. Nach TGL 21362 sind folgende Kennbuchstaben und Kennfarben vorgesehen:

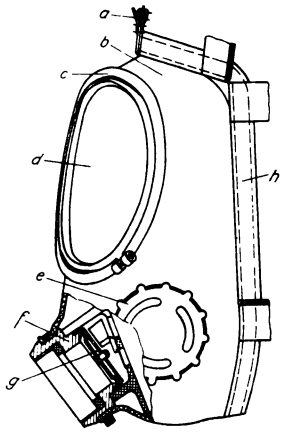
Kennbuchstabe	Kennfarbe	Kennbuchstabe	Kennfarbe
A	hellbraun	F	rot
E	gelb	K	hellgrün
I	blau, hellbraun	O	grau, rot
M	gelb, hellgrün	CO	schwarzer Kennring
St	weiß oder metallisch blank	G	blau
		L	gelb, rot
B	grau	R	gelb, hellbraun

Die in der TGL 21362 angegebenen Anwendungsgebiete dienen der Zuordnung zum Kennbuchstaben und zur Kennfarbe; sie geben keinen Aufschluß über den tatsächlichen Umfang des Atemschutzes. Beispiele für Anwendungsgebiete: A-Filter: organische Stoffe, z. B. Lösungsmittel; E-Filter: Schwefeldioxid; G-Filter: Blausäure; K-Filter: Ammoniak; L-Filter: Schwefelwasserstoff; St-Filter: Schwebstoffe, z. B. Rauche, Nebel, Feinstäube.

Filter gegen Gase und Dämpfe (Abb.) enthalten im allgemeinen Aktivkohle, die mit bestimmten Chemikalien getränkt sein kann, um die verschiedenen Gase und Dämpfe zurückzuhalten. Ungetränkte Aktivkohle hält Gase und Dämpfe durch Kondensation in den kapillaren Hohlräumen zurück (Kapillarkondensation), getränkte Aktivkohle bindet Gase und Dämpfe durch chemische Umsetzungen (Chemosorption). Zum Schutz gegen Kohlenmonoxid CO werden spezielle A. eingesetzt, die das CO mit Hilfe eines Katalysators zu Kohlendioxid CO_2 oxydieren. Schwebstoffilter werden im allgemeinen in Grob- und Feinstaubfilter eingeteilt. Grobstaubfilter (gegen belästigende Schwebstoffe) bestehen meist aus Faservliesen oder Filterpapieren. Feinstaubfilter (gegen gefährliche mineralische Schwebstoffe) bestehen meist aus Gemischen von Zellstoff, Baumwolle, Chemiefasern und Blauasbest.

Atemschutzgeräte, Geräte zum Schutze der Atmung gegen schädliche Einflüsse (z. B.

toxische Gase und Dämpfe, Schwebstoffe) sowie bei Sauerstoffmangel **(Sauerstoffgeräte)**. Dieser kann verursacht sein durch Anreicherung der Umgebungsluft mit nicht atembaren Gasen, Dämpfen oder Schwebstoffen oder durch Verminderung des Sauerstoffpartialdruckes in großen Höhen (→ Höhenatemgeräte) oder im Wasser (→ Tauchergeräte). A. sind erst funktionsfähig durch **Atemanschlüsse**, die der gasdichten Verbindung der Atemorgane (Mund, Nase) mit dem Gerät dienen. Man unterscheidet verschiedene Arten. *Vollmasken* sind ausgeführt als Gesichtsmasken, die das Gesicht bedecken, oder als Kopfmasken, die Gesicht und Teile des Kopfes bedecken; sie besitzen ein oder zwei Augenfenster und sind mit Ventilen oder ohne ausgestattet.



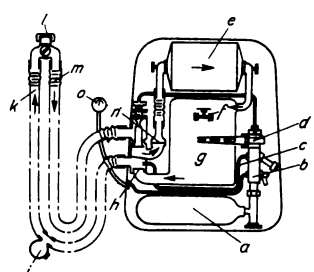
1 Gesichtsmaske. *a* Bebänderung, *b* Maskenkörper, *c* Spannband, *d* Augenfenster, *e* Ausatemventil, *f* Anschluß für Filter oder Schläuche, *g* Einatemventil, *h* Dichtrahmen

Atemhelme bedecken den gesamten Kopf und schließen am Hals ab. Die Atmung im Helm ist nur mit Luftzuführung möglich (z. B. bei Sandstrahlhelmen, Frischlufthelmen). *Halbmasken* bedecken Mund und Nase. Sie sind mit Atemfiltern versehen, die fest mit der Maske verbunden sind oder gesteckt oder geschraubt werden. Es gibt Halbmasken mit Ventilen und ohne Ventile. *Mundstücke* werden zwischen Lippen und Gebiß getragen. Sie besitzen Beißzapfen und können mit Ventilen oder ohne Ventile ausgestattet sein. Nasenklemme ist erforderlich. Mundstücke gestatten nur Mundatmung.

Die A. kann man nach Konstruktion und Arbeitsweise einteilen in Atemschutzfilter-, Schlauch-, Regenerations- und Behältergeräte.
1) **Atemschutzfiltergeräte** sind in ihrer Schutzwirkung abhängig von der Zusammensetzung der Umgebungsluft des Geräteträgers. Sie sind mit → Atemschutzfiltern (Steckfilter, Schraubfilter, Filterbüchsen) ausgestattet. Die Verbindung zwischen Atemanschluß (Vollmaske, Halbmaske, Mundstück) und Atemschutzfilter kann durch Steck-, Schraub- oder Schlauchverbindung erfolgen. Der Atemanschluß kann auch gleichzeitig filtrierendes Element sein. Die Beatmung der Filter erfolgt im allgemeinen durch *Zweiwegeatmung* über meist ein Einatemventil und zwei Ausatemventile, die am Atemanschluß angeordnet sind. Die *Einwegeatmung*, bei der Ein- und Ausatmung durch das Atemfilter erfolgen, bringt vergrößerten effektiven Totraum und erhöhte Atemwiderstände mit sich und belastet den Geräteträger unnötig. Atemschutzfiltergeräte dürfen eingesetzt werden, wenn die Luft noch mindestens 17 Vol. % O_2 enthält und die nicht atembaren Gase 2 Vol. % nicht übersteigen. In Brunnen, Kesseln, Behältern u. dgl., also in abgeschlossenen Teilen, dürfen A. nicht eingesetzt werden. Man verwendet Atemschutzfiltergeräte als Arbeitsgeräte oder als **Fluchtfiltergeräte** (bei plötzlichen Gasausbrüchen) in der Industrie, bei der Feuerwehr, im Bergbau (besonders A. zum Schutz vor Kohlenmonoxid CO), in der Militärtechnik, im Luftschutz und in der Landwirtschaft.

2) **Schlauchgeräte** sind in ihrer Schutzwirkung unabhängig von der Zusammensetzung der Umgebungsluft; die Unabhängigkeit ist zeitlich unbegrenzt (sofern die Atemluft nicht aus Druckgasflaschen entnommen wird), örtlich jedoch begrenzt durch die Länge des Luftzuführungsschlauches (bei Saugschlauchgeräten maximal 16 m, längere Schläuche beeinträchtigen durch erhöhten Atemwiderstand das Leistungsvermögen des Geräteträgers). Man unterscheidet Saug- und Druckschlauchgeräte. Bei Saugschlauchgeräten saugt der Geräteträger die Atemluft durch den Schlauch, an dessen Ende ein Schwebstoffilter Verunreinigungen zurückhält, selbst an. Bei Druckschlauchgeräten wird dem Geräteträger die Atemluft durch Luftfördereinrichtungen, z. B. Kompressoren, Gebläse, Blasebälge, zugeführt. Bei Kompressoren muß ein Druckluftfilter zwischen Geräteträger und Druckluftleitung angeordnet werden, um Verunreinigungen (Öl, Staub u. a.) zurückzuhalten. Als **Frischluftgeräte** werden alle Geräte bezeichnet, bei denen die Atemluft ohne vorherige Kompression dem Geräteträger zur Verfügung steht. Schlauchgeräte werden beim Reinigen von Kesseln, Behältern, bei Farbspritz- und Sandstrahlarbeiten eingesetzt.

3) **Regenerationsgeräte** oder **Isoliergeräte** sind A., die ihre Benutzer vollständig unabhängig von der umgebenden Atmosphäre machen. Die Ausatemluft wird, gesteuert durch Ein- und Ausatemventil, in einer Alkalipatrone oder Kalkpatrone (Natriumhydroxid oder Kalziumhydroxid) von Kohlendioxid CO_2 befreit. Dabei nimmt die Alkalipatrone noch beträchtliche Mengen Wasserdampf aus der Ausatemluft auf und verbessert so das Mikroklima im Atemkreislauf. Aus der Absorptionspatrone tritt die Atemluft in den Atembeutel. Dort wird das durch den Sauerstoffverbrauch verminderte Volumen durch konstante oder lungenautomatische Sauerstoffzufuhr aus einer Sauerstoffflasche (150 bis



2 Bergbau-Gasschutzgerät. *a* Sauerstoffflasche, *b* Druckminderventil, *c* Sauerstoffzuführungsleitung, *d* Lungenautomat, *e* Alkalipatrone, *f* Überdruckventil, *g* Atembeutel, *h* Einatemventil, *i* Speichelfänger, *k* Einatemschlauch, *l* Atemmundstück, *m* Ausatemschlauch, *n* Ausatemventil, *o* Hochdruckmanometer

200 kp/cm²) ergänzt. Aus dem Atembeutel wird die Atemluft von der Lunge über das Einatemventil und den Einatemschlauch abgesaugt. Überschüssige Atemluft kann durch ein Überdruckventil aus dem Atembeutel abblasen. Atemschutzgerät und die Atmungsorgane bilden

einen geschlossenen Kreislauf. Als Atemanschluß werden Mundstücke oder Vollmasken verwendet. Die Gebrauchsdauer von Regenerationsgeräten liegt je nach Gerätetyp und Sauerstoffverbrauch zwischen 1 und 8 Stunden. Regenerationsgeräte werden in den Rettungsdiensten der Feuerwehr, des Bergbaus und in Industriebetrieben verwendet. Das Regenerationsprinzip wird auch bei → Tauchergeräten (Kreislauf-Tauchergeräte) angewendet.

Selbstretter sind A., die dem Schutze von Personen in gasgefährdeten Gebieten dienen, insbesondere im Bergbau. Im Falle eines plötzlichen Gasausbruches schützen sie die Atmungsorgane während der Flucht aus dem verseuchten Gebiet. Die Selbstretter können als Filter- oder als Regenerationsgerät ausgebildet sein. Ihre Schutzdauer beträgt bis 60 min.

4) **Behältergeräte** machen ebenfalls ihre Benutzer vollständig unabhängig von der umgebenden Atmosphäre. Verdichtete atmosphärische Luft wird mitgeführten Druckgasflaschen entnommen, durch einen Lungenautomaten auf den Atmungsdruck reduziert und über Atemschläuche dem Benutzer zugeführt. Die Ausatmung erfolgt über ein Ausatemventil ins Freie. Die Zeit, die der Benutzer mit dem Gerät arbeiten kann, richtet sich nach der mitgeführten Luftmenge. Die Gebrauchsdauer beträgt etwa 1 Stunde. Behältergeräte werden als A. in der Industrie und in ähnlicher Ausführung als → Tauchergeräte (Druckluft- oder Behältertauchergeräte) und als → Höhenatemgeräte verwendet.

Lit. Handb. für das Grubenrettungswesen und das Gasschutzwesen, Tl. 7 (Leipzig 1962); Ztschr. Atemschutz-Information (Leipzig).

Äthan, $CH_3—CH_3$, ein zu den Alkanen gehörender Kohlenwasserstoff. Ä. ist ein farb- und geruchloses, brennbares Gas (Kp. −88,6 °C). Man gewinnt Ä. aus Erdgas, Abgasen der Erdöldestillation sowie der Erdöl-, Teer-, Braunkohlen- und Steinkohlenhydrierung. Hauptsächlich verwendet man Ä. zur Darstellung von Äthen durch Dehydrierung.

Äthanal, svw. → Azetaldehyd.

Äthandial, svw. → Glyoxal.

Äthandiol-(1,2), svw. → Glykol.

Äthanol, Äthylalkohol, kurz **Alkohol, Weingeist,** $CH_3—CH_2—OH$, ein einwertiger Alkohol. Ä. ist eine farblose, leicht entzündliche, würzig riechende und brennend schmeckende Flüssigkeit (Kp. 78,3 °C), die mit Wasser und den meisten organischen Lösungsmitteln mischbar ist. Bei mäßigem Genuß wirkt Ä. anregend, in großen Mengen und hohen Konzentrationen jedoch giftig. Durch starke Oxydationsmittel wird Ä. zu Azetaldehyd und Essigsäure oxydiert.

Gewerbsmäßig erzeugtes Ä. wird als **Spiritus** oder **Sprit** bezeichnet.

Die alkoholischen Getränke gewinnt man durch alkoholische → Gärung kohlenhydrathaltiger Rohstoffe, z. B. von Kartoffeln, Getreide, Melasse und Obst. Die Stärke der Kartoffeln und des Getreides wird vor dem Gärprozeß bei Temperaturen von 140 bis 150 °C aufgeschlossen, mit gekeimter Gerste (Malz) versetzt und durch das in dieser enthaltene Ferment Diastase zu Maltose (Malzzucker) abgebaut. Das Ferment Maltase der Hefepilze spaltet in Glukose (Traubenzucker), die schließlich zu Ä. vergoren wird.

Der bei der Gewinnung zunächst anfallende **Rohspiritus (Rohsprit)** enthält Fuselöle, Aldehyde und Säuren; er wird durch Destillation über Kolonnen und Filtration über Aktivkohle gereinigt. Nach der Reinheit unterscheidet man extrafein filtrierten Spiritus, Primasprit und Sekundasprit. Der im Handel befindliche Primasprit enthält 4,7 % Wasser, die im Labor durch Destillation über gebranntem Kalk oder Kalziumkarbid, technisch durch Azeotropdestillation mit Benzol oder Trichloräthen entfernt werden können. Das 100 %ige Ä. wird als *absoluter Alkohol* bezeichnet. Ä. erhält man ferner aus Sulfitablaugen **(Sulfitsprit)** und durch Gärung des bei der Holzverzuckerung anfallenden Zuckers **(Holzspiritus).** Der **Karbidspiritus** wird aus Kalziumkarbid über Äthin und Azetaldehyd hergestellt. — **Brennspiritus** wird mit Pyridinbasen, Methanol oder Azeton vergällt (denaturiert); er kann durch Zusatz von Seife oder Celluloseazetat in ein festes Gel übergeführt werden **(Hartspiritus).**

Verwendung. Ä. dient zum größten Teil zur Herstellung alkoholischer Getränke. Es ist ein wertvolles Lösungsmittel für Fette, Öle und Harze, zahlreiche Farbstoffe, Jod u. a. und ein wichtiger Ausgangsstoff für die Aliphatenchemie, z. B. für die Gewinnung von Butadien, Azetaldehyd, Äthylchlorid, Chloral, Äthen, Diäthyläther und Essigester, und für die Herstellung von Teerfarben, Riechstoffen und pharmazeutischen Präparaten. Es dient auch als Brennstoff und mit Benzin gemischt als Motorentreibstoff.

Äthanolamine, unangenehm fischartig riechende organische Basen, die großtechnisch durch Einwirkung von Ammoniak auf Äthylenoxid gewonnen werden. Neben dem **Monoäthanolamin** $HOCH_2CH_2—NH_2$ und dem **Diäthanolamin** $(HOCH_2—CH_2)_2NH$ wird bes. das vielseitig verwendbare **Triäthanolamin** $(HOCH_2CH_2)_3N$ technisch eingesetzt, so z. B. als Emulgator, Reinigungs- und Imprägniermittel sowie in der Lack- und Anstrichindustrie.

Äthansäure, svw. → Essigsäure.

Äthanthiol, svw. → Thioäthanol.

Äthen, Äthylen, $CH_2=CH_2$, das erste Glied der Alkene. Ä. ist ein farbloses, süßlich riechendes Gas; Kp. −103,7 °C. Es ist in den Krackgasen der Erdölraffinerien und in den Kokereigasen enthalten. Technisch gewinnt man es durch thermische Dehydrierung gesättigter Kohlenwasserstoffe, besonders von Äthan. Im Labor erhält man es durch Erhitzen von Äthanol mit wasserentziehenden Mitteln und durch Wasserstoffanlagerung an Äthin. Auf Grund der mannigfaltigsten Reaktionsmöglichkeiten des Ä.s (z. B. Polymerisation zu Polyäthylen, Chlorierung zu Äthylenchlorid und Trichloräthen, Hydratisierung zu Äthanol) ist Ä. einer der wichtigsten chemischen Rohstoffe.

Äthenyl..., → Alkenyl...

Äther, 1) Philosophie: **Lichtäther, Weltäther,** ein hypothetisches Medium, dessen Existenz auf Grund des mechanischen Weltbildes der klassischen Physik als Träger der räumlichen Ausbreitung elektromagnetischer Felder, insbes. des Lichts, zu fordern war; es sollte den Weltraum erfüllen, alles durchdringen, unstofflich und unwägbar sein. Man versuchte, experimentell diesen Äther nachzuweisen. Alle Versuche dieser Art (z. B. → Michelsonversuch) verliefen negativ und führten zu der Aussage, daß es keinen Äther gibt. Aus dem Nichtvorhandensein des Äthers leitete Einstein sein Prinzip der Relativität ab.

2) Chemie: organische Verbindungen der Struktur ROR', wobei R und R' gleiche oder verschiedene Alkyl- oder Arylreste sein können. Ä. zeigen die Erscheinung der Metamerie (→ Isomerie). Die Ä. sind meist leicht bewegliche Flüssigkeiten von großer Flüchtigkeit und Brennbarkeit, nur der niedrigste Ä., der Dimethyläther, ist gasförmig, die höchsten sind fest. Mit Wasser sind die Ä. wenig, mit Alkoholen gut mischbar. In Gegenwart von Licht bilden Ä. hochexplosive Peroxide. Der wichtigste Ä. ist der **Diäthyläther,** der meist nur kurz als „Äther" bezeichnet wird. Sein Siedepunkt liegt bei 34,6 °C, sein Flammpunkt bei −40 °C, seine Selbstentzündungstemperatur bei 186 °C.

Die Darstellung der Ä. erfolgt 1) durch Einwirkung von Alkoholaten auf Alkylhalogenide, z. B. $C_2H_5ONa + CH_3J \rightarrow CH_3OC_2H_5 + NaJ$; 2) durch Wasserabspaltung aus zwei Molekülen Alkohol mittels konzentrierter Schwefelsäure zwischen 100 und 140 °C, z. B. $2\,C_2H_5OH \xrightarrow{H_2SO_4} C_2H_5OC_2H_5 + H_2O$. 3) Vinyläther werden nach Reppe durch Umsatz von Äthin mit Alkoholen unter Druck und Verwendung basischer Katalysatoren gebildet. 4) Zyklische Ä., wie Dioxan, Epoxide, werden durch intramolekulare Dehydratisierung mehrwertiger Alkohole gewonnen. — Durch Zugabe gepreßter Natriumdrähte kann man wasserfreie (absolute) Ä. erhalten.

Die niederen Ä. sind hervorragende Lösungsmittel für Fette, fette Öle und Riechstoffe, im Gemisch mit Alkohol für Zellulose. Höhere Ä. sind als Weichmacher in Gebrauch, Celluloseäther werden in der Waschmittel- und Textilindustrie verwendet. Pharmazeutisch dienen Ä. als Desinfektionsmittel; einige als Inhalationsnarkotika.

ätherische Öle, flüchtige, stark riechende Öle, die man hauptsächlich im Pflanzenreich, z. B. in den Blüten, Samen und Blättern, vorfindet. Chemisch sind es Stoffgemische, darunter hauptsächlich Terpene und Kampfer. Gewinnungsverfahren: 1) Auspressen der Pflanzenteile, 2) Destillation mit Wasserdampf, 3) Ausziehen der Blüten mit flüchtigen Lösungsmitteln, z. B. Äther, Alkohol, Chloroform, Kohlendisulfid (*Mazeration*), 4) Ausziehen mit Fett (*Enfleurage*, veraltetes Verfahren). Verwendet werden ä. Ö. vor allem für Duftkompositionen in der Parfümindustrie.

Lit. Gildemeister, Hoffmann, Treibs: Die ä. n. Ö. (4. Aufl. Berlin 1959); Leimbach u. Bournot: Die ä. n. Ö. (2. Aufl. Halle 1951).

Äthin, Azetylen, $HC{\equiv}CH$, das Anfangsglied der Alkine. Ä. ist ein farbloses, brennbares, in reinstem Zustand fast geruchloses und narkotisch wirkendes Gas. Das aus Karbid entwickelte, technische **Azetylengas** hat infolge von Verunreinigungen durch Phosphorwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Thioalkohole u. a. einen unangenehmen Geruch. Ä. brennt mit heller, stark rußender Flamme; sein Heizwert beträgt 14300 kcal m^{-3}. Ä. ist leicht entzündbar (Entzündungstemperatur 335 °C) und hat den größten Explosionsbereich aller Brenngase. Der explosionsartige Zerfall in Kohlenstoff und Wasserstoff erfolgt bei einem Druck über 2 at bereits in der Kälte, unter Normaldruck ab 150 °C. Äthin-Luft-Gemische sind bei einem Gehalt von 2,3 bis 82 Vol. % Ä. explosibel. Zur Verhinderung der Explosionsgefahr wird Azetylengas zur Speicherung in Stahlflaschen unter Druck bis zu 15 at in Azeton gelöst, das man mit einer porösen Masse, meist Kieselgur, aufsaugt; es entsteht **Dissousgas.** Der stark ungesättigte Zustand und der hohe Energiegehalt des Ä.s bedingen seine außerordentlich große chemische Reaktionsfähigkeit.

Ä. wird großtechnisch nach drei Verfahren hergestellt: 1) Zersetzung von Kalziumkarbid mit Wasser: $CaC_2 + 2\,H_2O \rightarrow C_2H_2 + Ca(OH)_2$. Aus 1 kg Karbid erhält man je nach Reinheit 230 bis 300 l technisches Ä., das in Waschtürmen mit Chlorwasser gereinigt wird. 2) Zersetzung von Methan im elektrischen Lichtbogen bei 1400 °C: $2\,CH_4 \rightarrow C_2H_2 + 3\,H_2$. 3) Unvollständige Verbrennung von Methan mit einem Unterschuß von Sauerstoff: $2\,CH_4 + 3\,O \rightarrow C_2H_2 + 3\,H_2O$. — Neuerdings gelang in der UdSSR die direkte Herstellung von Ä. aus Ruß und Wasserstoff bei $6 \cdot 10^3$ °C und 10^4 at.

Ä. gehört zu den wichtigsten Ausgangsprodukten der organischen chemischen Industrie, → Azetylenchemie. Daneben wird es in erheblichem Umfang als Brenn-, Schneid- und Schweißgas verwendet. Man nutzt dabei die über 3000 °C heiße Flamme des verbrennenden Äthin-Sauerstoff-Gemischs aus. Chemisch reines Ä. wird für kurzdauernde Narkosen verwendet. Bei der sauerstoffarmen Verbrennung von Ä. erhaltener Ruß, **Azetylenschwarz,** dient als Füllmittel und zur Herstellung von Wasser- und Ölfarbe.

Lit. Borig: Das Azetylen als Schweißgas (Halle 1956); Prause u. Rennefarth: Gefahren beim Umgang mit Azetylen (Berlin 1956); Reppe: Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Chemie des Acetylens und Kohlenoxyds (Berlin 1949); Chemie und Technik der Acetylen-Druck-Reaktionen (Weinheim/Bergstr. 1952).

Äthinylierung, eine Reaktionsform in der → Azetylenchemie.

Äthyl..., → Alkyl...

Äthylalkohol, svw. → Äthanol.

Äthylazetat, svw. → Essigsäureäthylester.

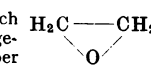
Äthylchlorid, Chloräthyl, $CH_3{-}CH_2Cl$, eine süßlich riechende Flüssigkeit (Kp. 12,3 °C). Die Gewinnung erfolgt durch Chlorierung von Äthan. Verwendet wird Ä. zur Herstellung von Bleitetraäthyl, bei organischen Synthesen sowie in der Chirurgie zum Vereisen bei kleineren Operationen.

Äthylen, svw. → Äthen.

Äthylenchlorid, svw. → 1,2-Dichloräthan.

Äthylenglykol, svw. → Glykol.

Äthylenoxid, Oxiran, ein farbloses, süßlich riechendes, giftiges Gas; Kp. 10,7 °C. Man gewinnt es technisch aus Äthen und Chlor über Äthylenchlorhydrin und Kalkmilch oder durch katalytische Oxydation von Äthen mit Luftsauerstoff. Auf Grund seiner großen Reaktionsfähigkeit ist Ä. Ausgangsstoff für viele chemische Verbindungen, z. B. für Glykol, Dioxan, Äthanolamine, Akrylnitril. Auch dient es zur Herstellung von Lösungsmitteln, Emulgatoren und Insektiziden.


Äthylenoxid

Äthylmerkaptan, svw. → Thioäthanol.

Äthylzellulose, → Zelluloseäther.

Atlantik, → Fischereifahrzeuge.

Atlas, in der Kartographie eine Folge aufeinander abgestimmter → Karten. Nach dem Inhalt unterscheidet man Welt-, Länder-, Regional-, Wirtschafts-, Schulatlanten u. a.

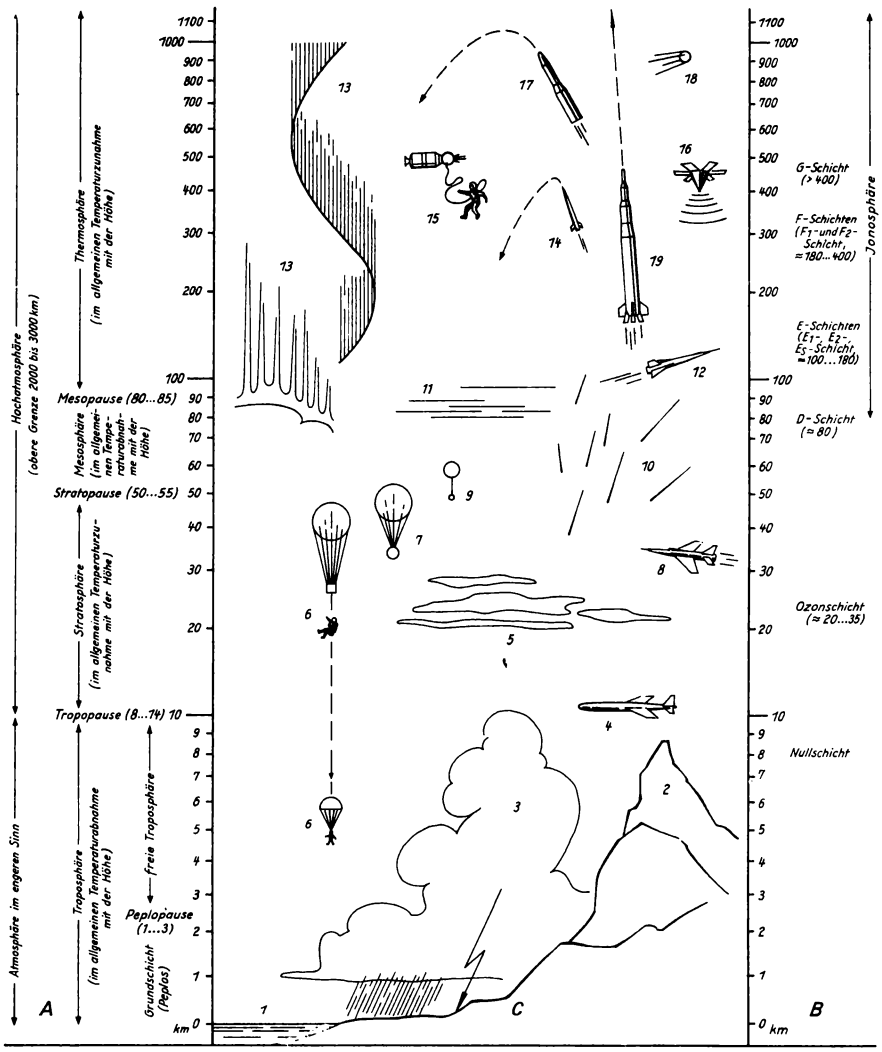
atm, Kurzz. für physikalische → Atmosphäre.

Atmometer, ein → Verdunstungsmeßgerät.

Atmosphäre, 1) Meteorologie: die Lufthülle der Erde, die durch deren Schwerefeld festgehalten wird und daher an der Erdrotation teilnimmt. Bis etwa 20 km Höhe sind die gasförmigen Bestandteile und deren konstant bleibende Volumenanteile 78,08 % Stickstoff, 20,95 % Sauerstoff, 0,93 % Argon, 0,03 % Kohlendioxid, der Rest von 0,01 % umfaßt Neon, Krypton, Helium, Xenon, Wasserstoff, Ozon, Ammoniak, Wasserstoffperoxid, Jod. Örtlich und zeitlich stark schwankend (0 bis 4 Vol. %) ist der *Wasserdampfgehalt*, dazu kommen noch wechselnde Anteile an Salzen, Staub, Rauch, Industrieabgasen. Der relative *Ozongehalt* ist zwischen 10 bis 40 km am stärksten mit einem Maximum bei etwa 25 km. Diese → Ozonschicht würde unter Normalbedingungen (1013 mbar, 15 °C) einer solchen von etwa 0,3 cm Dicke entsprechen. Unterhalb von etwa 10 km ist der Ozongehalt Schwankungen unterworfen, die mit wetterbedingten, auch bis in die Stratosphäre reichenden Austauschströmungen zusammenhängen. Das Ozon absorbiert die Sonnenstrahlung der Wellenlängen zwischen 0,3 und 0,22 μm (Ultraviolett-Bereich) und wird dadurch erwärmt. Der Kohlendioxidgehalt schwankt stark, da er bei allen Kohlenstoffoxydationsvorgängen (Atmung, Verbrennungen aller Art) erzeugt und bei der Assimilation grüner Pflanzen verbraucht wird. Das Kohlendioxid absorbiert aus dem langwelligen Bereich (Infrarot-Bereich) der Sonnenstrahlung ähnlich wie der Wasserdampf. Durch das Ozon wird damit der irdische Lebensraum

vor lebensvernichtender UV-Strahlung der Sonne geschützt, während durch die Absorption im IR-Bereich durch Wasserdampf und Kohlendioxid eine atmosphärische Gegenstrahlung entsteht, die die Erde vor lebensbedrohender Abkühlung schützt.

Die Einteilung der Gesamtatmosphäre wird heute vereinbarungsgemäß (Resolution des Exekutivkomitees XIV [1962/63] der Meteorologischen Wetterorganisation [WMO]) nach der Zustandsgröße Temperatur, und zwar nach dem Vorzeichen des vertikalen Temperaturgradienten vorgenommen (Abb., Höhenangaben sind nur angenähert gültig). Dabei unterscheidet man zwischen der **A. im engeren Sinn,** die die → Troposphäre umfaßt und besonders eingehend erforscht ist, und der **Hochatmosphäre,** die die → Stratosphäre, die Mesosphäre und die Thermosphäre umfaßt. In den übereinanderliegenden Schichten wechseln Temperaturabnahme und -zunahme mit der Höhe. Die Grenzbereiche zwischen diesen Sphären heißen Pausen, also Tropopause, Stratopause und Mesopause. Diese Bereiche stellen durchaus nicht über die gesamte



Atmosphäre. *A* Atmosphäre, definiert nach vertikaler Temperaturänderung (Zu- oder Abnahme). *B* Atmosphäre definiert nach physikalischen bzw. chemischen Eigenschaften, z. B. Bewegungsverhältnissen, chemischen oder elektrischen Verhältnissen. *C* Beobachtete sichtbare Erscheinungen, durch Experimente erreichte Höhen u. a. *1* Meeresspiegel; *2* Tschomolungma (Mount Everest), höchster Berg der Erde: 8848 m; *3* Gewitterwolke: 1 km bis Tropopause; *4* Verkehrsflugzeug, Reiseflughöhe TU 104: 11 km; *5* Perlmutterwolken: 20 bis 30 km; *6* Fallschirmabsprung (Verzögerungssprung), Höhenrekord Testpilot Kittinger: 30 900 m (Fallschirmöffnung bei 5400 m); *7* bemannter Freiballon, Höhenrekord: etwa 34 km; *8* Höhenrekord für Flugzeuge: 34 714 m; *9* unbemannter Freiballon (Radiosonde), größte Höhe: 50,55 km; *10* Aufleuchten und Verglühen von Meteoriten: 40 bis 150 km; *11* leuchtende Nachtwolken: 80 bis 85 km; *12* Raketenflugzeug X 15 (Start von Trägerflugzeug aus), größte Höhe: 106 km; *13* Polarlicht: 80 bis 1000 km; *14* einstufige Höhenforschungsrakete, größte Höhe: etwa 470 km; *15* Raumschiff Wos'chod 2 (erstmalig Ausstieg eines Kosmonauten in den freien Raum), größte Höhe: 495 km; *16* Nachrichtensatellit Molnija 1 D, größte Erdnähe: 485 km; *17* interkontinentale ballistische Rakete, größte Höhe: 1050 km; *18* erster künstlicher Erdsatellit Sputnik 1, größte Höhe: 947 km; *19* Trägerrakete mit Raumflugkörper

Erde geschlossene Flächen oder Höhenintervalle dar, sondern sie zeigen Verwerfungen und teilweise blättrige (Mehrfach-) Strukturen. Die Einteilung nach anderen Erscheinungen bzw. Eigenschaften ist wegen der Unbeständigkeit mancher Erscheinungen, z. B. Auftreten und wechselnde Intensitäten von Ionosphärenschichten, erheblich schwieriger. Eine neuere Einteilung ergibt sich durch Zusammenfassung mehrerer Eigenschaften (→ Heterosphäre, → Homosphäre).

Die obere Grenze der A. nahm man nach Dichteberechnungen bisher mit etwa 800 km an; Satellitenbeobachtungen haben ergeben, daß man sie jetzt auf 2000 bis 3000 km ansetzen muß. Das Übergangsgebiet zwischen Thermosphäre und interstellarem Raum wird heute als Exosphäre bezeichnet. Die wichtigsten Schichten mit besonderen Eigenschaften sind → Nullschicht, isotherme Schicht (→ Inversion), → Ozonschicht und → Ionosphäre mit ihren → Ionosphärenschichten.

Neben der Temperatur und deren vertikaler Änderung sind der Luftdruck und die Luftdichte bei der Beschreibung des atmosphärischen Zustandes von größter Bedeutung. Für diese gelten unter Annahme bestimmter Temperaturverteilungen Normalwerte (Tab.).

Normalatmosphäre für trockene Luft

Dieser Normalatmosphäre (CINA-Modell) sind zugrunde gelegt: Meereshöhen-Luftdruck 1013,25 mbar, Meereshöhen-Temperatur 15 °C, Temperaturgradient 6,5 grd/1000 m vom Meeresspiegel bis zur Tropopause in 11 km, darüber konstante Temperatur von −56,5 °C

Höhe km	Luftdruck mbar	Temperatur °C	Dichte 10^{-6} g cm^{-3}
0	1013,25	15,00	1225,01
0,5	954,59	11,75	1167,26
1,0	898,70	8,50	1112,00
2,0	749,88	2,00	1006,41
3,0	700,99	− 4,50	905,64
4,0	616,28	−11,00	818,98
5,0	540,07	−17,50	735,95
6,0	471,67	−24,00	659,51
7,0	410,46	−30,50	589,29
8,0	355,84	−37,00	524,94
9,0	307,27	−43,50	466,12
10,0	264,21	−50.00	412,47
11,0	226,17	−56,50	363,68
12,0	193,16	−56,50	310,60
13,0	164,97	−56,50	265,27
14,0	140,89	−56,50	226,55
15,0	120,32	−56,50	193,48
16,0	102,76	−56,50	165,24
17,0	87,763	−56 50	141,12
18,0	74,953	−56,50	120,52
19,0	64,013	−56,50	102,93
20,0	56,670	−56,50	87,91

Lit. Baur: Linkes Meteorologisches Taschenbuch II (Leipzig 1953); Dieterichs: Gesamtregister der Beiträge zur Physik der freien A. (28 Bde Berlin 1951); Hollmann: Zur Dynamik stationärer atmosphärischer Druckfelder (Berlin 1952); Landolt-Börnstein: Tabellenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik (Bd 3 6. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1952); Robitzsch: Die Erforschung der A., ihre Methodik und ihre Probleme (Berlin 1953).

2) Bezeichnung für Einheit des Drucks. a) **technische A.**, Kurzz. **at**, gesetzliche Einheit des Drucks. 1 at = 1 kp cm^{-2} (Kilopond/Quadratzentimeter) = 10^4 kp m^{-2}. Die Verwendung des Kurzz. ata für den absoluten Druck, atü für den Überdruck und atu für den Unterdruck ist nicht mehr zulässig, statt dessen ist zu schreiben: ein absoluter Druck von ... at, oder: p_a = ... at; ein Überdruck von ... at, oder: $p_ü$ = ... at; ein Unterdruck von ... at, oder: p_u = ... at.

b) **physikalische A.**, Kurzz. **atm**, gesetzliche Einheit des Drucks. 1 atm = 101325 N m^{-2} (Newton/Quadratmeter). Früher war die physikalische A. definiert als der Druck, den eine Quecksilbersäule von 760 mm Höhe bei einer Dichte des Quecksilbers von 13,5951 g cm^{-3} bei einer Normalbeschleunigung von 9,80665 m s^{-2} ausübt.

Atmosphärics, svw. → Sferics.

Atmosphärilien, die chemisch und physikalisch wirksamen Stoffe der Atmosphäre, z. B. Sauerstoff, Ozon, Wasser, Kohlendioxid, Ammoniak, Salpetersäure, salpetrige Säure.

atmosphärische Elektrizität, svw. → Luftelektrizität.

Atoll, → Korallenriffe.

Atom, das kleinste Teilchen eines chemischen Elementes, das mit chemischen Mitteln nicht weiter teilbar ist. Mit physikalischen Mitteln kann es in → Elementarteilchen gespalten werden. Das A. besteht aus einem positiv geladenen **Atomkern** (→ Kernphysik) und negativ geladenen Elektronen, die in ihrer Gesamtheit die **Atomhülle** bilden. Kern und Hülle halten durch ihre entgegengesetzte elektrische Ladung (→ Coulombsches Gesetz) und spezielle quantenmechanische Kräfte zusammen. Die Träger der positiven Ladung im Kern sind die Protonen. Der Anzahl der Protonen im Kern entspricht die der Elektronen in der Atomhülle, so daß das A. nach außen neutral ist. Wenn Elektronen entzogen oder hinzugefügt werden, so bezeichnet man das in diesem Falle positiv oder negativ geladene A. als → Ion. Die Protonenzahl im Kern entspricht der → Ordnungszahl (Kernladungszahl) im Periodensystem. Außer den Protonen befinden sich im Kern etwa gleich schwere, aber elektrisch neutrale Teilchen, die Neutronen. Ihre Zahl stimmt bei den A.en niederer Ordnungszahl häufig mit der Zahl der Protonen überein; A.e höherer Ordnungszahl enthalten im Kern mehr Neutronen als Protonen. Das Maß für die Masse des A.s ist das → Atomgewicht. A.e gleicher Ordnungszahl können unterschiedliche Neutronenzahlen aufweisen, d. h., ein Element kann aus einer Mischung von verschieden schweren, dabei aber chemisch nahezu gleichartigen A.en, den → Isotopen, bestehen. Einige Isotope wandeln sich unter Energieabgabe spontan in A.e einer anderen Ordnungszahl, also in andere Elemente um (→ Radioaktivität). Die absolute Atommasse beträgt zwischen 10^{-24} und 10^{-22} g, der Atomdurchmesser etwa 10^{-8} cm. Da der Durchmesser des Atomkerns etwa 10^{-13} cm beträgt, ist der vom A. eingenommene Raum fast leer; deshalb können Teilchen mit großer kinetischer Energie, z. B. Elektronen und Protonen, A.e oft ohne Zusammenstoß durchfliegen. Die A.e selbst konnten bisher nicht sichtbar gemacht werden, wohl aber wurde ihre Lage in Kristallgittern mit Hilfe von Röntgen-, Elektronen- und Neutronenstrahlinterferenzen auf Photoplatten dargestellt (→ Kristallstrukturanalyse).

Ein Bild vom Aufbau eines A.s vermittelt das **Atommodell,** das, aus der Empirie abstrahiert, mathematisch-physikalisch abgeleitete Schlüsse über atomare Größen zulassen muß. Von großer Bedeutung war lange Zeit das 1913 entwickelte *Bohrsche Atommodell*, nach dem die Elektronen den Atomkern auf elliptischen Umlaufbahnen (*Elektronenschalen*) umkreisen (→ Atomphysik). Als nachteilig bei diesem Modell erwies sich jedoch die bei der theoretischen Erklärung auftretende Mischung von Gesetzen der klassischen Physik und der Quantentheorie. Diese Schwierigkeiten wurden wesentlich durch die Wellenmechanik beseitigt. Die Wellenmechanik liefert kein anschauliches Atommodell, sondern beschreibt den Atomzustand durch mathematische Funktionen (→ Schrödinger-Gleichung), die dann so interpretiert werden, daß man zu einem etwa anschaulichen Modell, dem *wellenmechanischen Atommodell* (*undulatorisches Atommodell*),

gelangt. Das wellenmechanische Modell kommt der Realität sehr nahe; es gibt viele Beispiele der Übereinstimmung zwischen der wellenmechanischen Theorie und dem Experiment. Analog zur Elektronenbahn im Bohrschen Atommodell spricht man beim wellenmechanischen Modell von *Orbitalen*, d. s. die in der Umgebung des Atomkerns befindlichen Räume, in denen sich ein Elektron mit großer Wahrscheinlichkeit stationär aufhalten kann.

Eine vereinfachende und schematisierende Modellvorstellung vom Bau des Atomkerns vermitteln die Kernmodelle (→ Kernphysik).

Zur Zeit sind 104 in bezug auf Ordnungszahl, Aufbau und chemische Eigenschaften unterschiedliche Atomarten, d. h. → chemische Elemente, bekannt. Die schematische Anordnung aller Atomarten nach ihrer Ordnungszahl führt zum → Periodensystem der Elemente. Fast alle auf der Erde vorkommenden Atomarten konnten mit Hilfe der Spektralanalyse auch auf anderen Himmelskörpern nachgewiesen werden. Durch → Kernreaktionen konnten Elemente, die auf der Erde nicht natürlich vorkommen, künstlich hergestellt werden.

Unter → Atomphysik versteht man im allgemeinen die Physik der Atomhülle, während sich die → Kernphysik speziell mit der Physik der Atomkerne befaßt.

atomare Masseeinheit, Masseeinheit der Atomphysik. 1) **atomphysikalische M.,** Kurzz. **u**, die Masse des zwölften Teils der Masse des Kohlenstoffatoms ^{12}C; noch nicht gesetzlich. 1 u = $1{,}660277 \cdot 10^{-27}$ kg. Der tausendste Teil hat das Kurzz. **mu**; 1 mu = $1{,}660277 \cdot 10^{-30}$ kg.

2) Kurzz. **amu**, die Masse des sechzehnten Teils der Masse des Sauerstoffatoms ^{16}O; veraltet. 1 amu = $1{,}659760 \cdot 10^{-27}$ kg. Der tausendste Teil hat das Kurzz. **mamu**; 1 mamu = $1{,}659750 \cdot 10^{-30}$ kg.

3) Kurzz. **ME**, veraltet. 1 ME = $1{,}6601 \cdot 1^{-27}$ kg. Der tausendste Teil hatte das Kurzz. **TME**; 1 TME = $1{,}6601 \cdot 10^{-30}$ kg (heute nicht mehr gebräuchlich).

Atombindung, → Bindung 1).

Atombombe, → Kernwaffen.

Atombrenner, → Kernreaktor.

Atomenergie, → Kernenergie.

Atomgeschütz, → Geschütz.

Atomgewicht, 1) **relatives A.** (exakt: **relative Atommasse**), ein relatives, auf ein Standardatom bezogenes Maß für die Massen der Atome. Das relative A. ist eine dimensionslose Verhältniszahl. 2) **Absolutes A.** (exakt: **absolute Atommasse**), absoluter Wert der durchschnittlichen Atommasse in der Einheit Gramm.

Als Standardatom wählte man früher das Sauerstoffatom, dessen A. aus praktischen Gründen 16,000 gesetzt wurde. Auf diese Weise ergab sich die chemische Atomgewichtsskale, in der der Wasserstoff das A. 1,008 hat. Da sich jedoch das Standardatom der chemischen Atomgewichtsskale aus Isotopen zusammensetzt, war der Standard dieser Skale nicht das Sauerstoffatom, sondern ein angenommenes Atom mit der Durchschnittsmasse der Sauerstoffisotope. In der Kernphysik verwendete man zur Umgehung dieser Unzulänglichkeiten deshalb nicht das durchschnittliche Sauerstoffatom, sondern das Hauptisotop als Standard und kam so zur physikalischen Atomgewichtsskale.

Auf Grund einer Empfehlung der Internationalen Union für reine und angewandte Physik (IUPAP) und Chemie (IUPAC) von 1961 werden jetzt die A.e nicht mehr auf das Sauerstoffatom mit dem A. 16,000 (^{16}O), sondern auf das Kohlenstoffisotop mit dem A. 12,000 (^{12}C) bezogen. Dadurch entfällt der Unterschied zwischen der chemischen und physikalischen Atomgewichtsskale. Die Umstellung auf den Standard ^{12}C bringt für den Chemiker keine großen Änderungen mit sich. Allerdings werden in dieser neuen Atomgewichtstabelle für die radioaktiven Elemente außer Thorium und Uran keine A.e mehr angegeben (→ chemische Elemente, Tab.). Gemäß Definition ist das A. maßzahlgleich mit der Masse des Grammatoms in der Einheit Gramm. Die absolute Atommasse erhält man durch Division des A.s durch die Loschmidtsche Zahl N_L (Zahl der im Grammatom enthaltenen Atome = $6{,}023 \cdot 10^{23}$). Die Masse eines Atoms Wasserstoff z. B. beträgt $1{,}673 \cdot 10^{-24}$ g.

Atomgramm, svw. → Grammatom.

Atomgranate, → Granate.

Atomistik, allgemein naturphilosophisch die Lehre vom Aufbau aller Stoffe aus kleinsten Teilchen, den → Atomen. Auf die A. gründen sich die gesamte moderne Chemie und große Teile der Physik. Durch die → Atomphysik wurde die Existenz der Atome experimentell bewiesen, aber gleichzeitig ihre Zerlegbarkeit in → Elementarteilchen gezeigt.

Geschichtliches. Schon im 5. Jh. v. u. Z. hatten die griechischen Philosophen Empedokles und Anaxagoras auf die wahrscheinliche Existenz von Teilchen hingewiesen, die wegen ihrer Winzigkeit von unseren Sinnen nicht mehr unmittelbar wahrgenommen werden könnten. Bahnbrechend aber wirkte vor allem Demokrit durch seine Lehre von der Existenz nicht mehr teilbarer kleinster Teilchen, der Atome, die in ständiger Eigenbewegung sein und je nach ihrer Mischung die einzelnen Körper aufbauen sollten. Demokrit kannte auch schon den Begriff Molekül für einfachste Atommischungen. Die Atomlehre wurde später von der idealistischen Richtung Platos als gottlos bekämpft, jedoch von Epikur und Lukrez weiterentwickelt, um dann bis über das Mittelalter hinaus durch die Scholastik verdrängt zu werden. Die vom aufstrebenden Bürgertum geschaffene neuzeitliche Naturwissenschaft griff die Atomlehre auf (Giordano Bruno, † 1600, dann Boyle, † 1691, und Newton, † 1727). Im 18. Jh. ist sie eine anerkannte Hypothese (Lomonossow) und wird durch Dalton (1808) und Avogadro (1811) eine begründete Theorie. Diese beherrscht das 19. Jh. und wird durch die kinetische Wärmetheorie von Krönig und Clausius (1856/57) sowie durch die Aufstellung des → Periodensystems (Mendelejew, 1869; L. Meyer) noch weiter gesichert. Aber erst um 1900 gelingen die ersten direkten, zur Atomphysik führenden Beweise der realen Existenz der Atome. Das erste brauchbare Atommodell stammt von Bohr; jedoch erst durch die von Heisenberg und Schrödinger entwickelte Quantenmechanik konnten die bekannten Erfahrungstatsachen, soweit sie die Atomhülle betreffen, hinreichend erklärt werden. Eine genaue und endgültige Theorie des Atomkerns fehlt dagegen heute noch.

Atomkern, → Atom, → Kernphysik.

Atomkonstanten, für das atomare Verhalten der Stoffe charakteristische Größen, wie → Elementarladung, Elektronenruhmasse (→ Elektron), → Boltzmannsche Konstante und Planncksches Wirkungsquantum (→ Quantentheorie). Hieraus werden unter Benutzung allgemeiner physikalischer Konstanten (z. B. Vakuumlichtgeschwindigkeit) die **abgeleiteten A.** gebildet, z. B. Sommerfeldsche → Feinstrukturkonstante und → Rydbergkonstante.

Atomkraftwerk, → Kernkraftwerk.

Atommeiler, → Kernreaktor.

Atommine, → Mine.

Atommüll, radioaktive Abfallprodukte, z. B. Brennstoffelemente, unter Umständen auch radioaktiv verseuchte Geräte und Geräteteile, die nicht weiter verwendbar sind. A. muß so aufbewahrt oder beseitigt werden, daß er seine Umgebung, besonders das Grundwasser, nicht radioaktiv verseuchen kann. Man kann ihn in Betonbehältern in alten Bergwerken vergraben oder ins Meer versenken.

Atomnummer, svw. → Ordnungszahl 2).

Atomphysik, ein Teilgebiet der Physik, das etwa um 1900 entstanden ist und sich mit den Vorgängen in der Atomhülle beschäftigt. Die A. wird daher auch als **Hüllenphysik** bezeichnet. Im 19. Jh. wurde der chemische Reaktions-

mechanismus aufgeklärt; man erkannte, daß die Moleküle als kleinste Teilchen der chemischen Verbindungen aus Atomen aufgebaut sind und daß sich diese bei chemischen Reaktionen umlagern. Das Atom erschien als Baustein der Materie, als unveränderliches, unteilbares Ganzes. Eine Bereicherung der Kenntnisse über das Wesen und die Eigenschaften der Atome wurde durch die Entdeckung und theoretische Deutung der Katoden-, Röntgen- und Kanalstrahlen und des Photoeffekts erzielt.

Eine Theorie vom Aufbau des Atoms muß insbesondere in der Lage sein, die Existenz diskreter Emissions- und Absorptionsfrequenzen in den Linien- und Bandenspektren der Atome zu deuten. Das wurde durch die Theorie von Bohr (1913) geleistet. Vorher hatte schon Rutherford (1902) den Aufbau des Atoms aus Kern und Elektronen erkannt. Diese Vorstellung wurde nun von Bohr zu einem Atommodell ausgebaut, das die Emission und Absorption von Strahlung zu erklären vermag. Danach bewegen sich die Elektronen auf bestimmten Kreisbahnen um den Kern, ähnlich wie die Planeten um die Sonne. Der Radius der Bahn hängt von dem Energiezustand des jeweiligen Elektrons ab. Beim Auftreffen von Licht oder anderer elektromagnetischer Strahlung auf das Atom kann ein Elektron von einem Zustand niederer Energie auf einen Zustand höherer Energie gehoben werden, d. h. auf eine Kreisbahn mit größerem Durchmesser. Dabei wird Licht absorbiert (→ Anregung). Die Differenz der Energien ist der Frequenz ν des absorbierten Lichts proportional. Der Proportionalitätsfaktor ist eine universelle Naturkonstante, das Plancksche Wirkungsquantum h; Energiedifferenz $\Delta E = h \cdot \nu$. Beim Übergang eines Elektrons von einem Zustand höherer Energie in einen Zustand niederer Energie wird entsprechend Licht emittiert. Diese Vorstellungen widersprechen zwar der klassischen Elektrodynamik, ermöglichen aber, die Spektren einfacher Atome zahlenmäßig genau zu deuten. Von Sommerfeld ist später das Bohrsche Modell durch Einführung von Ellipsenbahnen und Berücksichtigung der Massenveränderlichkeit des Elektrons mit der Geschwindigkeit verfeinert worden. Trotzdem blieb unbefriedigend, daß die Grundlagen der Theorie im Widerspruch zu anderen wohlgesicherten Erfahrungen standen. Außerdem zeigten sich bei komplizierter gebauten Atomen auch Abweichungen von experimentellen Zahlenwerten. Das alles führte dazu, daß diese ältere Quantentheorie in der Bohrschen Form schließlich (1925) durch die → Wellenmechanik ersetzt wurde, die nach unseren heutigen Kenntnissen die genaueste Wiedergabe aller Vorgänge in der Atomhülle möglich macht. Allerdings ist sie recht abstrakt, so daß man sich zur anschaulichen Vorstellung dieser Vorgänge auch heute noch gern des Bohrschen Modells bedient, das nur im Hinblick auf die Ergebnisse der Wellenmechanik etwas modifiziert wurde (Vektormodell).

Lit. Böhm u. Dörge: Gigant Atom (5. Aufl. Berlin 1960); Finkelnburg: Einführung in die A. (Berlin, Heidelberg, New York 1967); Lindner: Grundriß der Atom- und Kernphysik (8. Aufl. Leipzig 1967); Schpolski: A. (dtsch 2 Bde, Bd 1 5. Aufl. Berlin 1965, Bd 2 4. Aufl. 1967); Weißmantel: Atom in unserer Hand (Berlin 1959); → Kernphysik.

Atomrakete, 1) Bezeichnung für eine Kampfrakete mit Kernsprengladung, → Raketenwaffen.

2) unexakte Bezeichnung für eine Rakete mit Kernenergie-Triebwerk, → Rakete.

Atomreaktor, → Kernreaktor.

Atomsäule, → Kernreaktor.

Atomstrahl, Molekularstrahl, ein Bündel schneller Atome oder Moleküle. Den A. erhält man z. B. aus einem Gas durch geeignetes Aussondern (Ausblenden) aller in einer Richtung fliegenden Teilchen. Versuche mit A.en sind besonders für die Messungen der elektrischen und magnetischen Momente von Atomkernen, Atomen und Molekülen wichtig.

Atomuhr, Moleküluhr, ein Frequenz- und Zeitmeßgerät höchster Genauigkeit. Die A. ist an die nahezu unveränderlichen Eigenschwingungen von Atomen oder Molekülen angeschlossen. Es wird eine relative Frequenzkonstanz von 10^{-10} gegenüber 10^{-8} bei einer Quarzuhr angestrebt. Die Frequenz eines Quarzoszillators wird vervielfacht und einer mit verdünntem Ammoniak- oder Zäsiumdampf gefüllten Absorptionszelle zugeführt, die dadurch zu Eigenschwingungen im Mikrowellengebiet angeregt wird. Die verschieden starke Absorption bei nicht genauer Übereinstimmung der Frequenzen betätigt eine Regelschaltung, mit der der Quarzoszillator laufend auf die Eigenschwingungen der betreffenden Gasmoleküle und -atome nachgestellt wird; somit ist die Zeiteinheit an atomare Eigenschaften angeschlossen. Der geregelte Oszillator betreibt eine Synchronuhr über Frequenzteiler. Die Anordnung ist wenig temperaturabhängig.

Atomunterseeboot, → Unterseeboot.

Atomvolumen, das Volumen eines Grammatoms. Man erhält das A. eines Elements, indem man dessen Atomgewicht durch die Dichte teilt. Teilt man das A. durch die Loschmidtsche Zahl ($6{,}023 \cdot 10^{23}$ Atome je Grammatom), so ergibt sich der Raumbedarf eines einzelnen Atoms. Mit wachsender Ordnungszahl nehmen die Atomvolumina mehrfach ab und wieder zu.

Atomwaffen, → Kernwaffen.

Atomwärme, → spezifische Wärme.

Atramentieren, → Phosphatieren.

Atropin, DL-Hyoszyamin, ein wichtiges giftiges Alkaloid, der Tropasäureester des Tropins. A. kommt in sehr vielen Nachtschattengewächsen vor, besonders in Tollkirsche und Stechapfel. Atropinhaltige Präparate wirken krampflösend und erweitern die Pupille.

Atto, Kurzz. a, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-18} (Trillionstel); z. B. **Attometer,** Kurzz. am, = 10^{-18} m.

atu, veraltetes Kurzz. für technische → Atmosphäre Unterdruck.

atü, veraltetes Kurzz. für technische → Atmosphäre Überdruck.

Atwoodsche Fallmaschine, → Fall.

Ätzen, 1) allgemein das Verändern der Oberfläche von Stoffen (Metall, Glas, lebendes Gewebe) durch chemische Verbindungen **(Ätzmittel),** z. B. Laugen, Säuren, auch Gase.

2) graphische Technik: das Herausarbeiten von druckfähigen Bildelementen aus der Oberfläche von Metallplatten mit Hilfe chemischer Mittel. Durch Ä. werden vor allem → Autotypien und → Strichätzungen hergestellt. Die zu ätzende Platte wird mit einer säurebeständigen Schicht aus Wachs, Mastix oder Asphalt, dem **Ätzgrund,** versehen. In diese wird die Abbildung eingeritzt, dann ätzt man. Dadurch entsteht eine **Tiefätzung,** z. B. eine Radierung. Bei einem anderen Verfahren überzieht man die Platte mit einer lichtempfindlichen Schicht, kopiert auf diese ein Negativ, entwickelt und ätzt. Das Ergebnis ist eine **Hochätzung;** die Abbildung erscheint erhaben. Als **Ätzmittel** dienen z. B. für Zink: verdünnte Salpetersäure; für Stahl: Salpetersäure mit Zusätzen von Weinsäure, Salzsäure; für Kupfer: Eisenchlorid, Salzsäure mit Zusätzen von Wasserstoffperoxid; für Gold: Königswasser; für Glas, Achat, Bergkristall: Flußsäure. Eine Schnellätzmethode ist das **Dow-Ätzverfahren,** auch **Einstufenätzverfahren** genannt. Hierbei wird eine Platte aus Magnesiumlegierungen oder Mikrozink in einer Spezialmaschine, z. B. der Einstufenätzmaschine EM 120, mit einer besonders zusammengesetzten

Lösung, die unter anderem Gelatine enthält, geätzt. Autotypien können auch durch **elektrolytisches Ä.** hergestellt werden. Hierbei wird das Metall zwischen den Rasterpunkten durch elektrischen Strom unter Verwendung einer geeigneten Elektrolytlösung abgetragen.

3) Metallographie: das Behandeln der polierten Schliffoberfläche mit speziellen Chemikalien, um das Gefüge des Metalls sichtbar zu machen.

4) Fertigungstechnik: ein Fertigungsverfahren zum Abtragen von Werkstückschichten, ausgehend von der Oberfläche, durch Auflösen von Stoffteilchen unter Einfluß von Säuren oder Laugen. Je nach dem vorgegebenen Fertigungsziel unterscheidet man z. B. Tiefätzen, Gegenformätzen, Rauhätzen, Polierätzen.

5) Glastechnik: das Abtragen der Glasoberfläche mit Flußsäure. Beim **Säurepolieren** taucht man das Glas mehrmals kurz in ein Säurebad aus Flußsäure, Schwefelsäure und Wasser ein. Man erzielt eine glatte, glänzende Oberfläche. Bei der **Tiefätzung** wird das Glas vor dem Ä. im Säurebad mit einer schützenden Wachsschicht bedeckt, in die der Dekor eingeritzt wird. Die **Mattätzung** erfolgt in einer angesäuerten Lösung von Kalium- oder Ammoniumfluorid. Das sich dabei bildende unlösliche Kaliumfluorosilikat setzt sich stellenweise kristallin auf der Glasoberfläche ab und schützt vor weiterem Säureangriff. Es entstehen Unebenheiten, die lichtstreuend und mattierend wirken. Das Aufstreichen oder Aufstempeln einer mit Glyzerin verdickten Lösung von Hydrogenfluoriden ergibt ebenfalls eine Mattierung des Glases.

Ätzkali, Kaliumhydroxid, → Kalium.

Ätznatron, Natriumhydroxid, → Natrium.

Au, Symbol für → Gold.

Audiogramm, → Audiometer.

Audiometer, ein Meßgerät zur Bestimmung der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs. Ein A. besteht im einfachsten Fall aus geeichtem Tongenerator, Kopfhörer und Lautstärkeregler. Der Versuchsperson werden Töne verschiedener Frequenzen über Kopfhörer dargeboten, und es werden die Schallintensitäten festgestellt, bei denen die Töne gerade noch bzw. gerade nicht mehr hörbar sind. Zwischen diesen beiden Grenzwerten liegt die Hörschwelle der Versuchsperson. Ihre Abweichungen von der mittleren menschlichen Hörschwelle in Abhängigkeit von der Frequenz ergeben eine Kurve, das **Audiogramm.** Da audiometrische Messungen im allgemeinen der Feststellung der Schwerhörigkeit dienen, spricht man bei den Werten des Audiogramms vom Hörverlust, der in dB (Dezibel) angegeben wird.

Audion, → Demodulation.

Audiongleichrichtung, → Demodulation.

Aufbaumaschine (Tafel 30), eine aus standardisierten Fertigungseinheiten zusammengesetzte Werkzeugmaschine. Die weitgehende Standardisierung der Fertigungseinheiten ermöglicht es, die A. so zu komplettieren, daß sie für eine entsprechende Fertigungsaufgabe verwendet werden kann. Durch Auswechseln einzelner Standardteile kann man eine A. für sehr unterschiedliche Funktionen einsetzen. Durch Zusatzeinrichtungen lassen sich solche Maschinen auch in automatische Fertigungsstraßen eingliedern.

Aufbereitung, die Behandlung von bergbaulichen Rohstoffen, z. B. von Erzen, Mineralen und Salzen, von Zwischenprodukten der Metallherstellung, von Schlacken u. a. Die A. hat das Ziel: a) minderwertige Ausgangsmaterialien unter Ausscheidung von Begleitstoffen, die den Weiterverarbeitungsprozeß belasten oder schädigen, zu hochwertigen anzureichern; b) die Ausgangsstoffe durch entsprechende Behandlung technisch und wirtschaftlich transportfähig zu machen; c) die beim Herstellungsprozeß anfallenden Rückstände für eine Weiterverarbeitung nutzbar zu machen.

Die verschiedenen Verfahren der A. unterteilt man technologisch in Vorbereitungs-, Anreicherungs- und ergänzende Verfahren. 1) Zu den Vorbereitungsverfahren gehören → Zerkleinern, → Aufschließen und → Klassieren. 2) Die Anreicherungsverfahren beruhen auf der Ausnutzung unterschiedlicher physikalischer oder physikochemischer Eigenschaften der zu trennenden Komponenten. Man unterscheidet: Anreichern a) durch → Klauben, b) durch → Klassieren, c) nach der Dichte, z. B. durch → Schwerflüssigkeitsaufbereitung, d) auf Grund von Grenzflächenkräften (z. B. → Flotation), e) auf Grund magnetischer Eigenschaften (z. B. → Magnetscheiden), f) durch elektrische A. in Elektroscheidern bei Spannungen zwischen 10^4 und $8 \cdot 10^4$ V, wobei die unterschiedliche Leitfähigkeit ausgenutzt wird, g) durch → Läutern u. a. 3) Zu den ergänzenden Verfahren gehören alle Arbeitsgänge, die die vorstehend genannten Verfahrensarten ermöglichen, z. B. Entwässern, Fördern, Bunkern, Probenahme.

Lit. Kirchberg: A. bergbaulicher Rohstoffe (Jena 1953); H. Schubert: A. fester mineralischer Rohstoffe, 3 Bde (Bd 1 Leipzig 1964); → Verfahrenstechnik.

Aufblas-Verfahren, → Stahlerzeugung.

Aufdampfen, ein Oberflächenbehandlungsverfahren zum Aufbringen von Metallschichten auf feste Werkstoffe, um bestimmte technisch-physikalische Eigenschaften (z. B. Korrosionsschutz, Verschleißwiderstand, elektrisches Leitvermögen) zu erzielen. Es können alle Metalle aufgedampft werden, die sich in die Gasphase überführen lassen. Das aufzudampfende Metall wird in glühenden Wolframschalen geschmolzen und verdampft, das A. selbst geschieht im Hochvakuum. Die aufgebrachten Schichten haben meist eine Dicke von weniger als 1 μm (Mikrometer).

Aufdornen, → Aufkugeln.

Auffahren, im Bergbau das Vortreiben und gegebenenfalls der Ausbau von Strecken und anderen Grubenräumen außer Schächten.

Aufglasurfarben, → keramische Farben.

Aufgleisgerät, ein seitlich verschiebbares hydraulisches Hebezeug, mit dem entgleiste Schienenfahrzeuge wieder auf die Fahrbahn gehoben werden.

Aufgleiten, eine meteorologische Erscheinung, die auftritt, wenn warme Luft auf kalte trifft. Da die warme Luft leichter ist, schiebt sie sich über die kalte. Das A. ist überwiegend großräumig, wobei die Aufwärtsgeschwindigkeit wesentlich geringer als die Horizontalbewegung ist. Das A. führt zur Schichtwolkenbildung und häufig zu Niederschlägen (→ Tiefdruckgebiet). Im Gegensatz zum A. ist das **Aufsteigen** überwiegend kleinräumig, wobei die Aufwärtsbewegung größer oder wesentlich größer als die Horizontalbewegung ist.

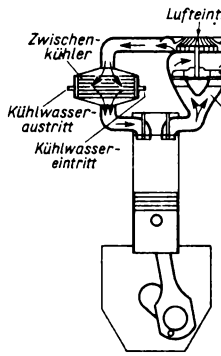
Aufhauen, Aufhau, Steigort, ein Grubenbau von Streckenquerschnitt, der in geneigter Lagerstätte schwebend oder schräg von unten nach oben aufgefahren wird. Unterschied: → Abhauen.

Aufklauung, → Holzverbindungen.

Aufkohlen, Einsetzen, Zementieren, ein Verfahren der → Wärmebehandlung, das Anreichern von Kohlenstoff in der Randzone niedrig-kohlenstoffhaltiger Stähle (Einsatzstähle). Es erfolgt durch Glühen bei Temperaturen von etwa 900 °C in kohlenstoffabgebenden Mitteln. Dadurch wird eine härtbare Randschicht (bis über 1 mm Dicke) mit etwa 1% Kohlenstoff bei weichem und zähem Kern mit weniger als 0,25 % Kohlenstoff erreicht. Das A. erfolgt gegebenenfalls unter gleichzeitigem → Aufsticken.

Aufkugeln, ein Fertigungsverfahren zum Verbessern der Maßgenauigkeit und Oberflächengüte. Dabei wird eine polierte Kugel in oder durch ein Werkstück gedrückt. So wird z. B. durch eine Bohrung eine Stahlkugel hindurchgedrückt, deren Durchmesser einige hundertstel Millimeter größer ist als der der Bohrung. Wird statt der Kugel ein Dorn verwendet, spricht man von **Aufdornen.**

Aufladung, bei Verbrennungsmotoren die Vergrößerung der Masse der Frischladung durch Vorverdichtung der angesaugten Luft mit einem besonderen **Aufladegebläse (Lader).** Durch die A. wird eine bedeutende Steigerung der Hubraumleistung erreicht, ohne daß dabei die Konstruktion des Motors wesentlich geändert wird. 1) Bei der **mechanischen A.** treibt der Motor einen Drehkolben- oder einen Radialverdichter (Radiallader) an, wobei sich seine Leistung um die Antriebsleistung des Laders vermindert. 2) Bei der **Abgasturboaufladung** wird das Wärmegefälle des austretenden Auspuffgases (Abgases) für den Antrieb einer Turbine (Abgasturbine) ausgenutzt, die ihrerseits einen Radiallader antreibt. Die Abgasturboanlage (Abgasturbolader) stellt somit ein aus einer Gasturbine und einem Verdichter bestehendes Aggregat dar.



Motor mit Abgasturbolader und Zwischenkühler

Die A. kommt sowohl für Ottomotoren als auch für Dieselmotoren in Betracht, wobei jedoch das Schwergewicht bei Dieselmotoren liegt. Verbrennungsmotoren mit A. werden zum Antrieb von Kraftfahrzeugen, Lokomotiven, Schiffen und Flugzeugen verwendet. Die A. von Flugtriebwerken (Kolbentriebwerken) dient dazu, den in großen Flughöhen durch geringere Luftdichte bedingten starken Abfall der Triebwerksleistung zu verringern.

Auflager, ein Konstruktionsteil zur Aufnahme von Lasten aus Balken, Trägern, Dachbindern u. a. Es kann als festes A. ausgebildet sein oder — um die Ausdehnung der Balken und Tragwerke zu ermöglichen — als bewegliches A., z. B. als Rollen-, Gleit- oder Pendellager. Bei Gewölben und Bogenkonstruktionen spricht man von → Widerlager.

Auflagerkraft, → Bogen 3).

Auflösungsvermögen, 1) Optik: bei abbildenden Systemen (Fernrohr, Mikroskop, Photooptik) der geringste Abstand zweier Punkte oder Striche, die bei der Abbildung gerade noch getrennt werden. Das A. dieser Geräte wird außer durch Abbildungsfehler durch Beugungseffekte begrenzt. Durch die beugende Wirkung der Linsenfassung oder des Blendenrandes werden Punkte als mehr oder weniger große Beugungsscheibchen abgebildet; z. B. können zwei dicht benachbarte Sterne (Doppelsterne) mit Hilfe eines Fernrohrs nur dann getrennt wahrgenommen werden, wenn sich ihre Beugungsscheibchen in der Brennebene des Objektivs nicht überdecken. Die Beugungsscheibchen sind um so kleiner, je größer der Durchmesser D der Linse, je kürzer ihre Brennweite f und je kleiner die Wellenlänge λ des Lichts ist. Für das astronomische Fernrohr ist das A. $d_0 = 1{,}22 \cdot \lambda f/D$. Im Mikroskop wird das vom Kondensator kommende Licht an den Strukturelementen des Objekts gebeugt und tritt — infolge der Beugung nur teilweise — in das Objektiv ein. Die Abbesche Theorie der Abbildung im Mikroskop sagt aus, daß das Bild um so ähnlicher wird, je größer die Zahl der Beugungsmaxima ist, die vom Objektiv erfaßt werden. Um überhaupt eine Auflösung zu erhalten, müssen bei zentraler Beleuchtung wenigstens die ersten beiden seitlichen Maxima an der Bilderzeugung beteiligt sein. Ist σ der Winkel zwischen der Achse und den gebeugten Strahlen 1. Ordnung und n die Brechzahl des Stoffs zwischen Objekt und Objektiv, so ist der kleinste im Mikroskop noch auflösbare Abstand $\Delta x \geqq \lambda/n \sin\sigma$ (*laterales A.*). Die Größe $n \sin\sigma$ bezeichnet man als *numerische Apertur* des Mikroskops. Das A. ist also um so größer, je größer die numerische Apertur (und je kleiner λ) ist. Bei Mikroskopen kann man demnach das A. vergrößern, indem man zwischen Objekt und Objektiv eine stark brechende Flüssigkeit (Zedernholzöl, Monobromnaphthalin) bringt (Immersionssystem). Für das Tiefen-A. gilt die Berekse Formel $\Delta z \geqq \lambda/n^2 \sin^2\sigma$. Δx und Δz nähern sich für große Aperturen einander an.

Das A. eines Spektralapparates ist die Möglichkeit, zwei eng benachbarte Spektrallinien gerade noch zu trennen. Die Wellenlänge einer Spektrallinie sei λ, die Wellenlänge einer dicht daneben befindlichen, eben noch getrennten Linie sei $\lambda + \Delta\lambda$, dann ist das A. des Spektralapparates $\lambda/\Delta\lambda$. Es beträgt bei Prismenapparaten bis 50000, bei Gitterspektralapparaten bis $4 \cdot 10^5$ und bei Interferenzspektralapparaten bis $4 \cdot 10^6$.

Über das A. des menschlichen Auges → Auge.

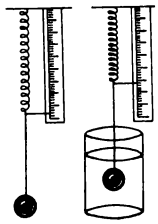
2) Photographie: die Fähigkeit des photographischen Materials, kleine Einzelheiten, etwa Feinstrukturen des Originals (Details), im Bild getrennt wiederzugeben. Das A. wird durch die → Körnigkeit begrenzt. Eine zweite Ursache für ein vermindertes A. ist der Diffusionslichthof (→ Lichthof), der eine Unschärfe aller scharf aufbelichteten Konturen bewirkt. Das A. begrenzt in der bildmäßigen Photographie das Format nach unten, d. h., das Negativformat muß so groß sein, daß noch eine genügende Auflösung von Größendetails vorhanden ist. Überdies kommt dem A. noch eine besondere Bedeutung zu, wenn an dem Negativ Messungen ausgeführt werden sollen, z. B. bei astronomischen Aufnahmen, bei Spektralaufnahmen, bei Registrierungen. Das A. wird durch Aufkopieren verlaufender Raster auf das Negativmaterial ermittelt und in Linien je mm angegeben. Beeinflußt wird das A. durch die Eigenschaften der Schicht, durch Belichtung (Überbelichtung setzt es herab), durch das Licht (Abhängigkeit von der Wellenlänge) und durch die Entwicklung.

3) Kernphysik: Bei einer Zählanordnung für Kernstrahlung versteht man unter dem zeitlichen A. den reziproken Wert der Zeit, die vergehen muß, bis die Apparatur nach Eintreffen eines Impulses wieder aufnahmebereit für den nächsten Anstoß ist.

Aufnahmewandler, → elektroakustische Wandler.

Aufprojektionsverfahren, Aufpro-Verfahren, Aufpro-Technik, ein Kombinations-Trickverfahren. Dabei werden aus ökonomischen oder technischen Gründen außerhalb des Filmateliers aufgenommene kinematographische Bilder auf eine Spezialwand projiziert, die als Hintergrund

Aufsammelpresse



Auftrieb: Gewichtsverlust eines Körpers beim Eintauchen in eine Flüssigkeit

für eine zu filmende Realszene dient. Das A. benötigt geringen Lichtaufwand, da die aus mikroskopisch kleinen Glaskügelchen auf Kunststoffolie bestehende Bildwand das Licht gerichtet reflektiert. Die optischen Achsen von Bildkamera und Aufprojektor dürfen nur eine sehr geringe Abweichung voneinander aufweisen, da nur dann das „Aufpro"-Bild in voller Helligkeit erscheint. Kameraschwenks sind nicht möglich.

Aufsammelpresse, svw. → Räum- und Sammelpresse.

Aufsattelgerät, Sattelgerät, ein traktorgezogenes Gerät, das entweder ein Fahrgestell mit nur einer Achse oder nur ein Stützrad besitzt und das mit der Anhängevorrichtung auf den ziehenden Traktor abgestützt wird. Durch die aufgesattelte Masse wird die Hinterachse des Traktors zusätzlich belastet, wodurch die Adhäsion der Triebräder erhöht und das Zugvermögen des Traktors gesteigert wird. A.e sind ein Mittelding zwischen → Anhängegeräten und → Anbaugeräten. Als A.e sind z. B. moderne Drillmaschinen **(Aufsattelmaschinen)** oder manche Beetpflüge ausgeführt. Ein Rückwärtsfahren mit A.en ist nur bedingt möglich.

Aufschiebung, eine → Verwerfung.

Aufschleppe, svw. → Slip.

Aufschließen, Aufschluß, 1) Chemie: das Überführen schwerlöslicher Stoffe in wasser- oder säurelösliche Verbindungen durch gasförmige, flüssige oder feste **Aufschlußmittel** bei erhöhten oder hohen Temperaturen. Wichtige Aufschlußmittel sind z. B. Wasserstoff, Sauerstoff, Chlor, Mineralsäuren, Natronlauge, Natriumkarbonat, Natriumhydroxid, Kaliumhydrogensulfat und Kohlenstoff.

2) Textiltechnik: die Gewinnung von Bastfasern aus Pflanzenstengeln und -blättern mittels biologischer Verfahren (→ Rösten), chemischer oder mechanischer Verfahren. Chemische Aufschlußverfahren werden vorwiegend bei Ramie in Form des Degummierens angewandt. Mechanische Aufschlußverfahren sind die Grünentholzung bei Flachs, Hanf und Ramie sowie die Gewinnung von Blattfasern mit Entfleischungsmaschinen bei Sisal und Abaka.

3) Mineralogie: das Zerkleinern von verwachsenen Mineralen, um die beteiligten Wertkomponenten freizulegen. Das A. ist eine wichtige Voraussetzung für die Anreicherung in der Erz-, Kohle- und Mineralsalzaufbereitung.

Aufschluß, 1) allgemein svw. → Aufschließen.

2) Geologie: eine Stelle im Gelände, an der das anstehende Gestein unverhüllt durch Pflanzenwuchs oder Bodenbildung unmittelbar beobachtet werden kann. Man unterscheidet künstliche Aufschlüsse (Steinbrüche, Kiesgruben, Straßen- und Bahneinschnitte, Baugruben, Schurfgräben und Tagebaue) und natürliche Aufschlüsse (Felswände, Steilufer u. dgl.).

Aufschmelzen, ein Oberflächenbehandlungsverfahren, bei dem ein Werkstück in geschmolzenes Metall eingetaucht wird. Verwendet werden Werkstoffe mit niedrigem Schmelzpunkt, z. B. Zink (Feuerverzinken), Zinn (Feuerverzinnen), Blei (Feuerverbleien). Das A. dient als Korrosionsschutz für Werkstücke aus Blei, Zinn, Aluminium und Stahl.

Aufschrumpfen, → Schrumpfverbindung.

Aufsetzen, → Auskeilen.

Aufsteckschlüssel, → Schraube.

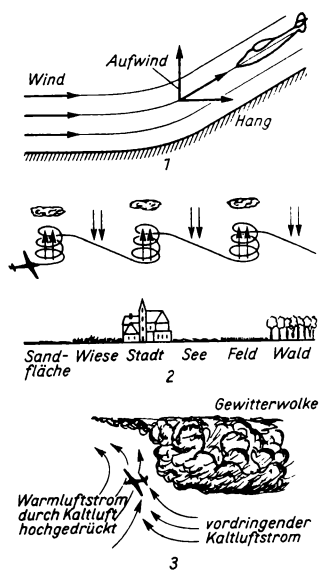
Aufsteigen, → Aufgleiten.

Aufsticken, svw. Nitrieren, → Härten.

Auftrieb, statischer A., die Kraft, die auf jeden in eine Flüssigkeit oder ein Gas getauchten Körper nach oben, also der Schwerkraft entgegengesetzt wirkt und dadurch eine scheinbare Gewichtsverminderung verursacht. Der A. ist nach oben gerichtet, weil der Druck in Gasen und Flüssigkeiten nach unten stetig zunimmt, an der Unterseite des Körpers also größer ist als an seiner Oberseite. Die seitwärts auf den Körper angreifenden Drücke heben sich gegenseitig auf. Der auf einen Körper wirkende Auftrieb ist gleich der Differenz Δp aus dem Druck an der unteren Seite und dem Druck an der oberen Seite. Der A. $\Delta p \cdot A$ (A = Fläche) ist dann gleich dem Gewicht der Flüssigkeits- oder Gasmenge, die von dem eintauchenden Körper verdrängt wird (*Archimedisches Prinzip*). Ist der A. eines Körpers größer als sein Gewicht, so steigt dieser (steigender Ballon); ist er gleich dem Gewicht, so schwimmt oder schwebt der Körper (Schiff, Unterseeboot, Luftschiff). Ist der A. kleiner als das Gewicht, so sinkt oder fällt der Körper. Besitzt der in die Flüssigkeit oder das Gas eingetauchte Körper eine Relativgeschwindigkeit gegenüber dem umgebenden Medium, so kann bei entsprechender Form des Körpers (Tragflügelprofile) zusätzlich ein **dynamischer A.** senkrecht zur Bewegungsrichtung entstehen; angewandt beim Flugzeug (→ Flugmechanik) und beim Tragflügelboot (→ Motorboot).

Aufwachsverfahren, Van-Arkel-de-Boer-Methode, ein Verfahren zur Gewinnung von reinen (z. T. auch reinsten) Metallen und Halbmetallen (Zirkonium, Titan, Hafnium, Thorium, Bor, Silizium, Vanadin, Tantal, Rhenium, Wolfram, Molybdän) sowie deren Verbindungen, z. B. sehr reinem Titannitrid, Titankarbid, Zirkoniumnitrid. Eine flüchtige Verbindung des Metalls, meist Jodid oder auch Chlorid, wird im Vakuum an einem glühenden Wolframfaden thermisch zersetzt. Das frei werdende Metall scheidet sich an dem Wolframfaden in Form eines mehrere Millimeter starken Stabes ab.

Aufwind, eine vertikal nach oben gerichtete Luftströmung, die beim → Segelflug zum Höhengewinn ausgenutzt wird. Nach der Entstehung unterscheidet man Hang-, thermischen, Fronten- und Wellenaufwind. 1) Beim **Hangaufwind** (Abb. 1) wird die Luft durch die Geländeform zum Aufsteigen veranlaßt. 2) Beim **thermischen A.** oder bei der **Thermik** (Abb. 2) steigt die Luft bei unterschiedlicher Erwärmung der Erdoberfläche über den stärker erwärmten Gebieten



Aufwind: *1* Hangaufwind, *2* thermischer Aufwind, *3* Frontenaufwind

(z. B. Städte, reife Getreidefelder, Sandflächen) nach oben und sinkt über den weniger erwärmten Gebieten (feuchte Wiesen, Wälder, Seen u. a.) nach unten. Ein besonderes Kennzeichen thermischer A.e sind die Kumulus- oder Haufenwolken, die entstehen, wenn sich der in der Luft befindliche überschüssige Wasserdampf infolge Abkühlung der aufsteigenden Luft ausscheidet und kondensiert. 3) Beim **Frontenaufwind** (Abb. 3) schiebt sich vor einer Gewitter- bzw. Kalt- oder Warmluftfront die kalte Luft unter die warme und hebt diese an, oder die warme Luft gleitet auf der kalten nach oben. 4) Beim **Wellenaufwind** bilden sich auf der Leeseite langgestreckter Gebirgszüge bei Queranblasung durch starken Wind Aufwindgebiete.

Aufzug, Lift, fälschlich oft auch **Fahrstuhl** genannt, ein Fördermittel, eine Hebemaschine zum vertikalen oder schrägansteigenden Transport (Schrägaufzug) von Personen und Gütern. Charakteristisch beim A. ist, daß das Lastaufnahmemittel (Förderkorb, Kabine, Plattform u. dgl.) im Gegensatz zu dem anderer Förderanlagen zwischen oder an Schienen geführt wird und die Führung nicht verläßt. Als Führung kann auch eine Schachtwand oder eine andere Fahrbahnbegrenzung dienen. Nach der Antriebsart unterscheidet man den heute allgemein üblichen **elektrischen A.**, den **hydraulischen A.** (z. B. die Versenkungen auf Bühnen) und den **Handaufzug,** nach der Einsatzart Personenaufzug, Lastenaufzug, kombinierter Personen- und Lastenaufzug, Umlaufaufzug, Kleinlastenaufzug (für Akten und Speisen), Unterfluraufzug, vereinfachter Lastenaufzug (Bauaufzug) sowie Mühlenaufzug und Mühlenumlaufaufzug.

Die Hauptbauarten sind Treibscheibenaufzug und Umlaufaufzug. Der **Treibscheibenaufzug** ist in einem Aufzugsschacht aus feuerfestem Mauerwerk, Beton oder in einer Stahlkonstruktion (in Treppenhäusern mit Drahtgitterverkleidung) angeordnet. Der Antrieb befindet sich grundsätzlich über dem Fahrschacht, nur in Ausnahmefällen oben oder unten neben dem Schacht, geschützt gegen Witterungseinflüsse in einem Triebwerksraum. Der Antrieb erfolgt mittels einer Treibscheibenwinde (→ Schachtförderanlagen), bestehend aus Antriebsmotor (meist Drehstrom-Asynchronmotor), der elastisch meist mit einem Schneckenuntersetzungsgetriebe gekuppelt ist, Bremse und Treibscheibe, über die die meist an Seilen hängenden Lastaufnahmemittel und Gegengewichte bewegt werden. Ältere Aufzüge weisen statt der Treibscheibe eine Seiltrommel auf **(Trommelaufzug).** Das Gegengewicht läuft wie das Lastaufnahmemittel in Führungen und gleicht im allgemeinen 50 % der Nutzlast und die Masse des Tragorgans aus, so daß der Antrieb nur für 50 % der Nutzlast ausgelegt zu sein braucht. Die Seilmasse wird durch ein Unterseil ausgeglichen. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt meist etwa 2 m/s, es gibt aber auch Ausführungen mit 6 bis 8 m/s Fahrgeschwindigkeit. Beim Reißen der Tragseile setzt eine Fangvorrichtung (Reibgesperre) den Fahrkorb selbsttätig still. Setzt sich der Fahrkorb unbeabsichtigt fest, so wird ein Schlaffwerden der Tragmittel durch eine Schlaffseilvorrichtung verhindert, die sofortiges Stillsetzen des Antriebsmotors bewirkt. Die Schachttürverriegelungen ermöglichen es, nur diejenige Tür zu öffnen, hinter der der Fahrkorb steht.

Aufzugssteuerungen. Führeraufzüge haben nur Innensteuerung, Selbstfahrer Innen- und Außensteuerung, Lastenaufzüge nur Außensteuerung. Bei der Selbststeuerung betätigt ein endloses Steuerseil einen Wendeanlasser für Auf- und Abwärtsfahrt. Radsteuerung beim Führeraufzug verwendet ebenfalls das Steuerseil. Die Hebelsteuerung (nur vom Fahrkorb aus) ist rein elektrisch. Die Druckknopfsteuerung wirkt selbsttätig elektrisch bei Bedienung der Druckknopftafeln im Fahrkorb oder an den Schachtzugängen. Solange eine Schachttür nicht einwandfrei geschlossen ist, arbeitet die Steuerung nicht. Bei Aufzügen mit Innen- und Außensteuerung schaltet beim Betreten ein Fußbodenkontakt die Außensteuerung vollständig ab. Beim Selbstfahraufzug ist an den Schachttüren meist nur ein Hol-Druckknopf vorgesehen. Besondere Feineinstellungen bewirken ein bündiges Anhalten des Fahrkorbs.

Der **Umlaufaufzug (Paternoster)** ist ein stetig fördernder A. für Personen oder Waren (Umlauförderer in Lagern u. dgl.). Zwischen zwei parallel verlaufenden, endlosen Ketten, die über 4 Kettenscheiben (je 2 oben und unten) geführt sind und sich immer in gleicher Richtung bewegen, sind mehrere Lastaufnahmemittel (an einer Seite offene Kabinen u. dgl.) eingehängt. Diese laufen (meist ebenfalls in einem Schacht) auf der einen Seite langsam aufwärts und auf der anderen langsam abwärts. Beim Personenumlauf-A. kann man beim Passieren einer Kabine in einem Stockwerk in diese eintreten oder aus ihr herausgehen.

Der **Schrägaufzug** besteht aus einem schräg angeordneten Gleis, auf dem ein Wagen mit einer Seilwinde hochgezogen wird. Er wird besonders an Hochöfen zum Beschicken, ferner in Steinbrüchen zum Herausschaffen von Gestein verwendet. Im weiteren Sinne kann man auch den in Gruben üblichen Bremsberg und den Haspelberg als Schrägaufzug auffassen.

Lit. Thiemann: Aufzüge (Berlin 1963); → Fördertechnik.

Auge, 1) Optik: der rezeptorische Teil des Sinnesorgans, das das Sehen ermöglicht (Sehorgan), im erweiterten Sinne das Sehorgan selbst. Das A. als rezeptorischer Teil ist eine geordnete Anhäufung von Sinneszellen in der Netzhaut mit ihren nervösen Ableitungen zum Gehirn, auf die durch die optischen Elemente (Linse, Hornhaut, Kammerwasser, Glaskörper), ähnlich wie auf die Mattscheibe eines Photoapparates durch das Objektiv, eine Abbildung der Umwelt erfolgt. Zur Regelung des einfallenden Lichtstroms und zur Verbesserung der Abbildung besitzt das A. in der Regenbogenhaut (Iris) eine verstellbare Blende. Die Öffnung dieser Blende ist die Pupille.

Bei den Sinneszellen in der Netzhaut lassen sich zwei Arten unterscheiden: die weniger empfindlichen *Zapfen* für das Tagessehen und das Farbensehen und die höher empfindlichen *Stäbchen* für das Sehen in der Dämmerung und bei Nacht. Zapfen und Stäbchen sprechen nur auf elektromagnetische Strahlung eines bestimmten Wellenlängenbereichs an, und zwar des Bereichs zwischen etwa 380 und 780 nm (Nanometer), des sichtbaren Bereichs des elektromagnetischen Spektrums. Die Grenzen dieses Bereichs schwanken mit der Intensität der Strahlung. Die Augenempfindlichkeit ist nicht für alle Gebiete dieses Bereichs gleich groß; sie besitzt im mittleren Gebiet bei etwa 520 nm ein Maximum für das Dämmerungssehen und bei etwa 555 nm ein solches für das Tagessehen.

Die Erregung der Sinneszellen und ableitenden Nerven erfolgt durch photochemischen Abbau und Wiederaufbau der Sehstoffe in den Sinneszellen infolge Absorption der auftreffenden elektromagnetischen Strahlung. Für die Stäbchen ist dieser Sehstoff als Sehpurpur bekannt, für die Zapfen werden drei für bestimmte Wellenlängenbereiche (Rot, Grün, Blau) unterschiedlich empfindliche Sehstoffe oder unterschiedlich empfindliche Zapfenarten vermutet, die das Farbensehen durch additive Mischung der Erregungen entstehen lassen.

Augenempfindlichkeit

Das **Auflösungsvermögen** oder die **Sehschärfe** des A.s, die Fähigkeit, zwei sehr dicht beieinanderliegende Punkte noch getrennt wahrzunehmen, wird durch die Sehzellendichte und die Dichte der nervösen Ableitungen bestimmt. Es ist in der Netzhautgrube, der Stelle des schärfsten Sehens, am besten und nimmt zur Peripherie hin ab. Als Sehschärfe 1 oder einhundertprozentige Sehschärfe gilt die Fähigkeit, zwei Objekte oder Objekteinzelheiten im Abstande von 1 Bogenminute getrennt wahrnehmen zu können. Im allgemeinen besitzt ein normalsichtiges A. eine höhere Sehschärfe. Die Sehschärfe hängt jedoch sehr von der Objektwahl, der Leuchtdichte des Objekts und der Anpassung des A.s ab.

Von den Anpassungsvorgängen im A. seien nur genannt: die *Akkommodation*, d. i. die Anpassung an die Objektentfernung, um das Objekt scharf zu sehen, die *Adaptation*, d. i. die Anpassung an die Umweltleuchtdichte, um nicht geblendet zu werden oder um auch bei geringer Leuchtdichte, z. B. abends, noch möglichst gut zu sehen, und das *Fusionsvermögen* (→ Fusion), d. i. die Fähigkeit, mit beiden A.n das gleiche Objekt zu betrachten. Bei nachlassender Akkommodation mit zunehmendem Alter fällt es immer schwerer und wird es schließlich unmöglich, nahe Gegenstände scharf zu sehen (*Alterssichtigkeit, Weitsichtigkeit*). Eine schlechte Adaptation verursacht erhöhte Blendempfindlichkeit und Lichtscheu. Fehlendes Fusionsvermögen führt zum Schielen.

Besteht zwischen der Brechkraft der optischen Elemente (Hornhaut und Linse) und der Augapfellänge ein Mißverhältnis, liegt Fehlsichtigkeit (*Kurzsichtigkeit, Übersichtigkeit*) vor. Die Akkommodation ist bei der Kurzsichtigkeit überhaupt nicht, bei der Übersichtigkeit oft nur z. T. in der Lage, die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Fehlsichtigkeiten und Alterssichtigkeit können durch ein optisches Hilfsmittel (→ Sehhilfe) meist vollkommen korrigiert werden.

Lit. Mütze: Die Akkommodation des menschlichen A.s (Berlin 1956); Schober: Das Sehen, 2 Bde (Leipzig 1957/58).

2) Maschinenbau: eine erhöhte Lochumrandung, durch die Bolzen oder Schrauben eingeführt werden.

Augenempfindlichkeit, → Lichttechnik, → Auge.

Auger-Effekt, die von dem französischen Physiker Auger entdeckte Erscheinung, daß ein in einer inneren Schale ionisiertes Atom strahlungslos in den Grundzustand zurückkehrt. Dieser Vorgang ist mit der Emission eines oder mehrerer Elektronen **(Auger-Elektronen)** verknüpft.

Augite, Pyroxene, eine Gruppe sehr wichtiger gesteinsbildender Minerale, chemisch Silikate mit der vereinfachten Formel $XY[Z_2O_6]$ (X = Ca, Na, K, Mn^{II}; Y = Mg, Fe^{II}, Fe^{III}, Al, Ti^{III}, Mn^{II}, selten Li; Z = Si, seltener Al und Fe; monoklin, einige orthorhombisch (Kettensilikatstrukturen), durchsichtig bis undurchsichtig, Farbe verschieden, Spaltbarkeit ziemlich vollkommen bis deutlich, Härte nach Mohs 5 bis fast 7, D. 3,1 bis 3,7 g cm^{-3}. Die A. sind den → Amphibolen sehr ähnlich.

Man unterscheidet 1) Monokline A. a) Diopsid-Reihe: **Diopsid** $(CaMg)[Si_2O_6]$ ist isomorph mischbar mit **Hedenbergit** $(CaFe)[Si_2O_6]$. **Diallag** enthält stets auch etwas Al und Fe^{III}. b) Augite im engeren Sinne, chemisch dem Diopsid entsprechend, jedoch mit Al und Fe^{III}, z. T. auch Ti. Hierzu gehören der **gemeine Augit,** der **basaltische Augit, Fassait** und **Titanaugit.** c) Alkaliaugite: **Jadeit** $NaAl[Si_2O_6]$, mikrokristallin. **Ägirin** $NaFe^{3+}[Si_2O_6]$ enthält zuweilen Seltenerden und Titan. **Spodumen** $LiAl[Si_2O_6]$, in frischem Zustand durchsichtig, ist ein wichtiger Rohstoff für Lithiumsalze. Die farbigdurchsichtigen Abarten **Kunzit** (violett, rosa) und **Hiddenit** (smaragdgrün, gelb) gelten als wertvolle Edelsteine.

2) Orthorhombische A. Hierzu gehören **Enstatit** $Mg_2[Si_2O_6]$, Gehalt an Eisenoxid FeO bis 5 %; **Bronzit** $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$, FeO-Gehalt 5 bis 15 %; **Hypersthen** $(Fe, Mg)_2[Si_2O_6]$, FeO-Gehalt 15 bis 34 %. Alle drei Minerale sind isomorph mischbar. Besonders die magnesiumreichen A. wandeln sich hydrothermal oft in Talk um, häufig auch in Serpentin.

Aurate, die Salze des Gold(III)-hydroxids (Goldsäure) $Au(OH)_3$. Wichtig sind die Chloroaurate, z. B. Natriumtetrachloroaurat (→ Gold).

Aureole, 1) svw. → Hof.

2) bläuliche Lichterscheinung in Form eines Hofes, die sich an der Benzinwetterlampe bildet, wenn die Wetter Grubengas (Methan) enthalten.

3) bei hohen Spannungen an elektrisch geladenen Körpern, im Lichtbogen oder bei Glimmentladungen auftretende Lichterscheinung.

Aureolin, → Kobalt.

Auripigment, Rauschgelb, ein Mineral, Arsenerz, As_2S_3; monoklin, gelb, Härte nach Mohs 1,5 bis 2, D. 3,48 g cm^{-3}, synthetisch herstellbar. A. findet sich in hydrothermalen Lagerstätten.

Ausbau, 1) Bauwesen: alle Arbeiten zur Fertigstellung eines im Rohbau befindlichen Gebäudes. Dazu gehören das Einbringen der Fenster, Türen, Fußböden, Installationen, Heizungen, die Malerarbeiten u. a. Im Wohnungsbau machen die Ausbaukosten 55 bis 60 % der Gesamtkosten aus. Durch Komplettierung der Bauelemente (Einbau von Fenstern, Türen, Installationen, Fußböden, fertigen Sichtflächen) in der Vorfertigung verschwindet bei der industriellen Bauweise immer mehr die Trennung von Rohbau und A.

2) Bergbau: das Abstützen des Daches und der Stöße von Grubenbauen. Durch den A. werden das Hereinbrechen sowie auch Stein- und Kohlefall verhindert und so die Baue offen gehalten sowie die Bergleute geschützt.

Ausbauchen, ein Blechziehverfahren. Gerade, meist achsenparallele Mantellinien rohr- oder napfförmiger Blechkörper werden durch Verdrängen flüssiger oder elastisch-formloser Druckmedien, z. B. kleiner Stahlkugeln, seltener durch Aufspreizen fester Formbacken, gekrümmt und verlängert. Die Endform für den Blechkörper ist dabei meist durch feste, zweiteilige Werkzeuge vorgegeben.

Ausbiß, svw. → Ausstrich.

Ausdehnung, die Vergrößerung der Länge oder des Rauminhalts, die jeder Körper (mit wenigen Ausnahmen, z. B. Eis) beim Erwärmen erfährt. Der **lineare Ausdehnungskoeffizient** eines Stoffes gibt den Längenzuwachs je Längeneinheit eines Stabes aus diesem Stoff bei einer Temperaturerhöhung von 1 grd an, die entsprechende Änderung des Volumens wird als **kubischer Ausdehnungskoeffizient** bezeichnet. Bei festen Körpern ist der kubische Ausdehnungskoeffizient

Ausdehnungskoeffizienten einiger Stoffe

feste Stoffe	linearer Ausdehnungskoeffizient bei 18 °C	Flüssigkeiten	kubischer Ausdehnungskoeffizient
Aluminium	0,0000218	Alkohol	0,00110
Kupfer	0,0000159	Quecksilber	0,00181
Eisen	0,000012	Petroleum	0,00092
Glas	0,000008	Wasser (bei 18 °C)	0,00018

etwa dreimal so groß wie der lineare. Besonders einfachen Gesetzen unterliegt die A. der Gase, → Gay-Lussacsches Gesetz. Auf A. infolge Temperaturerhöhung beruhen z. B. die mit einer Flüssigkeit gefüllten Thermometer.

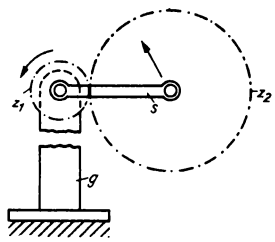
Ausfällen, svw. → Fällen.

Ausflocken, das Abscheiden von Kolloiden aus ihren Lösungen durch Koagulation.

Ausfunken, in der Fertigungstechnik das Schleifen ohne Zustellung bis zur Beendigung der Spanabnahme und bis zum Verschwinden der Schleiffunken. Das A. dient dem Ausgleich von Rundlauffehlern, die unter der Wirkung von Schnittkräften beim Schleifen mit eingestellter Zustellung, besonders bei schlanken Werkstücken, auftreten können.

Ausgehendes, svw. → Ausstrich.

Ausgleichgetriebe, **Differentialgetriebe,** ein Stirnrad- oder Kegelradgetriebe mit drei bewegten Achsen, bei denen ein Glied jeweils die



1 Einfachste Form eines Ausgleichgetriebes (Stirnradgetriebe). z_1, z_2 Zahnräder, s Steg, g Gestell; angetrieben werden z_1 und s

Drehzahlsumme oder -differenz der beiden anderen Glieder empfängt. Das A. ist eine Spezialform der → Umlaufgetriebe. Im einfachsten Falle besteht ein A. (Stirnradausgleichgetriebe) aus zwei miteinander kämmenden Zahnrädern, einem Steg und dem Gestell (Abb. 1). Ein Kegelradausgleichgetriebe ist z. B. das A. beim Kraftwagen (Abb. 2).

Ausgleichsbogen, svw. Lyrabogen, → Rohrdehner.

Ausgleichsperre, **Differentialsperre,** bei Kraftfahrzeugen eine Vorrichtung zum Sperren des → Ausgleichgetriebes. Durch die A. werden beide Achswellen der Triebachse starr miteinander gekuppelt, damit ist eine Fortbewegung des Fahrzeugs gewährleistet, auch wenn nur eines der beiden Räder Kraft auf den Boden übertragen kann. Die A. wird entweder durch einen Schalthebel eingeschaltet, oder das Ausgleichgetriebe ist selbstsperrend ausgeführt. Mit A. sind geländegängige Kraftfahrzeuge, viele Traktoren sowie manche Rennwagen versehen.

Ausgleichsrechnung, das Verfahren, aus einer Reihe von Meßwerten den wahrscheinlichsten Wert (Mittelwert, Durchschnittswert, Bestwert) der gesuchten Größe zu ermitteln. Jede Messung ist naturgemäß mit Fehlern behaftet (Beobachtungs- und Meßfehler, natürliche Schwankungen des zu messenden Objekts), und diese Fehler sind durch geeignete Verfahren auszugleichen. In der modernen A. wird fast ausschließlich die von Gauß und Legendre entwickelte *Methode der kleinsten Quadrate* angewendet. Danach wird aus einer Anzahl von Meßwerten der wahrscheinlichste Wert so bestimmt, daß die Summe der Quadrate seiner Abweichungen von den Meßwerten ein Minimum wird. Es ergibt sich daraus, daß (im Falle direkter Messung) der wahrscheinlichste Wert das arithmetische Mittel der einzelnen Meßwerte ist. Ein Maß für die Streuung der einzelnen Werte x_i um den Mittelwert x ist die mittlere Abweichung (mittlere Schwankung) $m = \sqrt{\frac{\Sigma (x_i - x)^2}{n}}$, wobei n die Anzahl der Meßwerte bedeutet. Der Mittelwert kann um so genauer bestimmt werden, je mehr Einzelwerte vorliegen. Die A. hat für alle Wissenschaftsgebiete Bedeutung, in denen Beobachtungs- und Meßergebnisse exakt auszuwerten sind.

Lit. Baule: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Bd 2 (7. Aufl. Leipzig 1963); Linnik: Die Methode der kleinsten Quadrate in moderner Darstellung (dtsch Berlin 1961); Reißmann: Die Ausgleichungsrechnung (Berlin 1962).

Aushärten, 1) Plastverarbeitung: eine Verarbeitungsphase, bei der das Material (besonders Duroplaste) nach der Formgebung durch einen chemischen Vorgang fast unschmelzbar und in Lösungsmitteln unlöslich wird (z. B. bei Phenolharzen der Übergang vom Resitol- in den Resitzustand). Das A. wird entweder durch Erhitzen oder unter der Einwirkung von Katalysatoren oder Kalthärtern, z. B. wäßrigen anorganischen Säuren, erreicht.

2) Fertigungstechnik: → Härten.

Auskeilen, das allmähliche Dünnerwerden einer Gesteinsschicht, eines Flözes, Erzgangs u. dgl. zwischen zwei anderen Schichten bis zum völligen Verschwinden. Das Wiedererscheinen an anderer Stelle bezeichnet man als **Aufsetzen.**

Ausklinken, ein Fertigungsverfahren zum Abschneiden von Flächenstücken aus äußeren oder inneren Blechrändern mit einer an zwei Randstellen offenen Schnittlinie, eine Form des Scherschneidens (→ Zerteilen).

Auskristallisieren, → Kristallisation.

Auslaugen, → Extraktion.

Ausleger, in der Fördertechnik und im Hochbau ein über die Unterstützung hinausragender Träger oder eine Stahlkonstruktion, die fest oder um einen Drehpunkt schwenkbar angeordnet sein kann. Bei festen Anlagen muß der A. verankert, bei drehbaren A.n muß die Eigenmasse des A.s annähernd ausgeglichen werden. A. sind bei Auslegerkranen, Verladebrücken, Baggern, Absetzern und Abraumförderbrücken vorhanden, ferner an Gerüsten, Speichergebäuden u. ä., wo der A. als Fahrbahn für ein Hebezeug (z. B. Elektroflaschenzug) dient. Über **Auslegergerüst** → Gerüst.

Auslenkung, svw. → Elongation.

Auslösezählrohr, svw. → Geiger-Müller-Zählrohr.

Auspuffleitung, ein Leitungssystem zur Ableitung der Abgase von Verbrennungsmotoren. Die A. besteht meist aus dem Auspuffsammelrohr (bei Mehrzylindermotoren), dem → Schalldämpfer und den diese verbindenden und die Abgase ableitenden Rohrstücken.

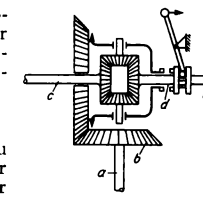
Ausrüstung, svw. → Appretur.

Aussalzen, das Verdrängen eines Stoffes aus seiner Lösung oder das Zerstören einer Emulsion durch Zugabe eines festen oder gelösten Salzes, z. B. Natriumchlorid. Als A. wird manchmal auch die Verringerung der Löslichkeit eines Stoffes in einem Lösungsmittel durch Auflösen irgendeines zweiten Stoffes bezeichnet, während beim **Einsalzen** die Löslichkeit eines Stoffes durch den Zusatz eines Salzes erhöht wird. Technisch angewendet wird das A. unter anderem zum Abscheiden von Seifen bei der Verseifung von Fetten, zum Reinigen von Teerfarbstoffen, zum Niederschlagen von Direktfarbstoffen auf die Faser und zur Isolierung und Trennung von Eiweißstoffen.

Ausschießen, in der graphischen Technik das Zusammenstellen der fertiggestellten Kolumnen (Satzseiten) in der Ordnung, daß nach dem Druck und anschließendem Falzen die einzelnen Seiten in der richtigen Reihenfolge erscheinen.

Ausschließungsprinzip, svw. → Pauli-Prinzip.

Ausschluß, das Blindmaterial zum Trennen von Buchstaben (z. B. beim Sperren) oder Wörtern innerhalb der Zeile. Die Ausschlußstücke sind verschieden dick, haben aber alle den Kegel



2 Ausgleichgetriebe (Kegelradgetriebe) mit Ausgleichsperre. a Kardanwelle, b Antriebskegelrad, c mit den Treibrädern verbundene Achswellen, d Ausgleichsperre

(→ Letter) der jeweils verwendeten Schrift. Unterschied: → Durchschuß.

Ausschneiden, früher als **Stanzen** bezeichnet, ein Fertigungsverfahren zum Trennen von Blechen längs einer geschlossenen Schnittlinie mit Hilfe eines Stempels und einer Schnittplatte. Der Ausschnitt ist das Fertigteil, im Gegensatz zum Lochen. Das A. ist eine Form des Scherschneidens (→ Zerteilen).

Lit. Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951); Romanowski: Handb. der Stanzereitechnik (dtsch Berlin 1959).

Außenbordmotor, ein am Heck oder an der Seite von Falt-, Ruder-, Renn- und Sturmbooten sowie Motorjachten befestigter Ottomotor (meist Zweitaktmotor) von 2 bis 35 PS Leistung. Heckmotoren haben eine senkrechte Welle, deren Drehbewegung durch ein Kegelradgetriebe auf die Schraube übertragen wird, Seitenbordmotoren eine schräg liegende direkt mit der Schraube verbundene Welle.

Im weiteren Sinne ist auch der Ruderpropeller mit seinem Antrieb (→ Propeller) ein A.

Außenpolmaschine, eine Ausführungsform der Synchronmaschine, → elektrische Maschine.

Außenring, ein Teil des Wälzlagers, → Lager.

Außenwiderstand, der gesamte Widerstand eines Stromkreises außer dem Innenwiderstand der Stromquelle. Der A. besteht im wesentlichen aus dem Widerstand der angeschlossenen Geräte, nur zu einem kleinen Teil aus dem Widerstand der Leitung.

Aussolen, die Gewinnung von Steinsalz durch unterirdisches Auflösen von Steinsalz in Wasser zu Sole. Das A. kann geschehen a) durch einen Grundwasserstrom selbsttätig (natürliche Sole), b) indem man Wasser durch Bohrlöcher von über oder unter Tage zuführt (künstliche Sole), c) bergmännisch, indem man einen Schacht abteuft, von ihm aus Strecken auffährt und dann durch stehende Sole (Standverfahren) oder durch aus Düsen verspritzte Sole (Spritzverfahren) Abbauorte anlegt. Die entstehende Sole wird in allen Fällen nach über Tage gepumpt und hier weiterverarbeitet.

Aussondern, → Stoffeigenschaftsändern.

Aussteuerung, in der Elektrotechnik das Anlegen einer oder mehrerer Wechselgrößen an eine betriebsmäßige Anordnung in Form einer Schaltung. Diese enthält eine oder mehrere Elektronenröhren oder andere aktive Bauelemente, um aus den Eingangswechselgrößen proportionale Ausgangswechselgrößen zu gewinnen. Der Aussteuerbereich gibt das Intervall an, in dem die Amplituden der Eingangswechselgrößen liegen müssen, damit der → Klirrfaktor einen gewünschten Wert nicht überschreitet. Die A. über die Grenze höchstzulässiger nichtlinearer Verzerrungen hinaus bezeichnet man als **Übersteuerung.**

Ausstrahlung, Energieabgabe eines Körpers durch Strahlung, → Strahlungsgesetze. Über die Bedeutung der A. in der Meteorologie → Strahlung 1).

Ausstrich, Ausgehendes, Ausbiß, der Schnitt eines Gesteinskörpers mit der Erdoberfläche. Die Breite eines A.s läßt Schlüsse auf die Mächtigkeit und das Einfallen von Gesteinsschichten zu.

Ausströmungsgesetz, ein von dem deutschen Chemiker Bunsen entdecktes Gesetz, nach dem bei gleicher Druckdifferenz die Ausströmungsgeschwindigkeiten verschiedener Gase den Wurzeln aus ihren Dichten umgekehrt proportional sind.

Austauschbau, die Herstellung von Maschinen und Geräten, wobei deren Einzelteile so gefertigt werden, daß sie beim Zusammenbau in vorgeschriebener Weise zusammenpassen, ohne daß eine Paßarbeit erforderlich ist. Jedes Einzelteil ist gegen ein gleichartiges austauschbar (→ Toleranz, → Passung). Gegensatz: → Paßarbeit.

Austauschenergie, 1) bei Molekülen der Anteil an der gesamten Bindungsenergie, der nicht allein von elektrostatischer Anziehung entgegengesetzter Ladungen herrührt (→ Bindung). Die A. kann nur mit Hilfe der → Wellenmechanik verständlich gemacht werden und beruht auf einem „Austausch" derart, daß die ausgetauschten Elektronen dem Gesamtmolekül angehören und nicht ausschließlich einem bestimmten Atom des Moleküls. Die durch sie verursachten Kräfte heißen **Austauschkräfte.**

Man kann sich z. B. den Bau eines Wasserstoffmoleküls (H_2) so vorstellen, daß sich die beiden vorhandenen Elektronen im Durchschnitt häufiger in der Mittelebene zwischen beiden Protonen aufhalten als anderswo. Dann sind die Anziehungskräfte zwischen jedem Proton und den beiden Elektronen wegen der kleineren Entfernung größer als die Abstoßungskräfte zwischen beiden Protonen. Die Wellenmechanik zeigt, daß es einen bestimmten Kernabstand gibt, bei dem das ganze System stabil ist.

2) Bei Atomkernen stellt die A. die gesamte Bindungsenergie dar, durch die Neutronen und Protonen zusammengehalten werden. Sie beruht hier – vor allem nach den Vorstellungen von Yukawa – auf einem „Austausch" von geladenen Mesonen (sehr wahrscheinlich π-Mesonen), derart, daß die Mesonen nicht einem bestimmten Nukleon des Kerns angehören. Die Mesonen sind nur während des Übergangs von Proton zu Neutron und umgekehrt vorhanden; sie werden deshalb „virtuell" genannt. Ein einzelner Kernbestandteil wird also abwechselnd Proton oder Neutron sein. Die **Austauschkräfte,** hier auch **Kernkräfte** genannt, haben sehr geringe Reichweite (etwa 10^{-13} cm), so daß sie für Vorgänge in der Atomhülle, die ungefähr eine Ausdehnung von 10^{-8} cm hat, ohne Einfluß bleiben.

Austauscher, → Ionenaustauscher.

Austenit *m*, **γ-Eisen,** metallographische Bezeichnung für das Gefüge des Stahls bei Temperaturen oberhalb der Linie GOSE im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen), eine feste Lösung des Kohlenstoffs in Eisen (maximal 2,06 % C bei 1147 °C). A. mit 0,8 % C zerfällt bei langsamem Abkühlen unterhalb 723 °C in → Perlit. A. wurde nach dem englischen Metallurgen Roberts-Austen benannt. Stähle, bei denen durch Legierungszusatz (Mangan, Nickel und Chrom) auch bei Raumtemperatur A. vorliegt, bezeichnet man als austenitische Stähle. Sie sind unmagnetisch.

Austrittsarbeit, die Energie, die aufzuwenden ist, um ein Elektron, das sich frei im Kristallgitter eines Metalls bewegt, gegen die zurückziehende Kraft zwischen dem negativen Elektron und dem positiven Gitterbaustein aus dem Metall zu lösen. Die A. kann aufgebracht werden durch Temperatursteigerung (→ glühelektrischer Effekt, → Elektronenröhre), Belichtung (äußerer → lichtelektrischer Effekt), Anlegen hoher Spannungen (Feldelektronenemission, → Feldelektronenmikroskop) oder aus der kinetischen Energie aufprallender Korpuskularstrahlen (angewandt im Sekundärelektronenvervielfacher). – Die A. wird in Elektronenvolt (eV) gemessen und beträgt, je nach Material, 1 bis 6 eV (z. B. Wolfram 4,5 eV, Kalium 1,5 eV).

Auswuchten, das Ermitteln und Beseitigen einer Massenungleichheit (*Unwucht*) in rotierenden Körpern (Rädern, Wellen u. a.). Das Feststellen der Lage und Größe der Unwucht geschieht auf Auswuchtmaschinen, das A. selbst durch Anbringen von Ausgleichsgewichten oder Abnahme von Material an den betreffenden Stellen, wodurch der Schwerpunkt in die Drehachse zurückverlegt wird (**statisches A.**). Beim

dynamischen A. muß die Drehachse auch Trägheitshauptachse sein.

authigen, ursprünglich, an Ort und Stelle entstanden. Als a. bezeichnet man Gesteinskomponenten, die während der Gesteinsbildung entstanden (etwa bei der Erstarrung einer magmatischen Schmelze). Gegensatz: → allothigen.

Auto, svw. → Kraftwagen.

Autobahn, → Straße.

autochthon, am Bildungsort befindlich. Als a. bezeichnet man z. B. Gesteine, die am Ort ihrer Entstehung lagern. Gegensatz: → allochthon.

Autodyne, ein aus dem Einankerumformer entstandener, rotierender Umformer von Drehstrom in Gleichstrom. Die A. hat ein veränderbares Verhältnis zwischen der Ausgangsgleichspannung und der Eingangswechselspannung. Da zur Steuerung dieses Verhältnisses nur eine geringe Steuerleistung erforderlich ist, kann die A. als Verstärkermaschine eingesetzt werden.

Lit. Benedikt: Die neue elektrische Maschine A. (dtsch Berlin 1957).

Autogiro, svw. Tragschrauber, → Rotorflugzeuge.

Autograph, → Stereoauswertegeräte.

Autokatalyse, → Katalyse.

Autoklav *m*, ein luft- und dampfdicht verschließbares starkwandiges Gefäß, in dem Stoffe unter Druck (bis zu 1000 at) über ihren gewöhnlichen Siedepunkt hinaus bis zu 400 °C erhitzt werden können. Der A. ist mit eingebautem Thermometer, Manometer, zuweilen mit Rührwerk u. a. ausgestattet. Er wird besonders in der organischen Chemie und Technik für Reaktionen verwendet, die unter Normalbedingungen unbefriedigende Ausbeute ergeben (vor allem katalytische Hydrierungen). In der Medizin und Pharmazie verwendet man A.en zum Sterilisieren mittels gespannten, gesättigten Wasserdampfes oder mittels chemischer Gase.

Autokollimator, → Kollimator.

Automaschinist, eine Einrichtung zur → automatischen Zuglaufsteuerung.

Automat, 1) allgemein eine real existierende oder abstrakte Vorrichtung, die nach Freigabe ihrer Tätigkeit eine Funktion selbsttätig ausführt. Konkrete Automaten sind z. B. → Rechenautomaten, → Münzautomaten und die A.en für die Herstellung von Werkstücken (siehe 2). Die Entwicklung wirtschaftlich nutzbarer A.en ist von grundlegender Bedeutung für die → Automatisierung. Noch vor wenigen Jahren gab es nur solche A.en, deren Arbeitsschritte zwangläufig nach einem von Menschen vorgegebenen Programm aufeinanderfolgten. Dieses Programm kann durch die technische Struktur des A.en unabänderlich festgelegt sein oder durch Einbau entsprechender Speichergeräte auswechselbar gestaltet werden (→ Programmsteuerung, → Digitalrechenautomat). Heute arbeitet man daran, A.en zu entwickeln, die lediglich das Grundprinzip ihrer Vorgehensweise mitgeteilt bekommen, während nicht bekannt ist, wie sie eine ihnen angetragene Aufgabe im einzelnen lösen und welche Lösung die beste ist. Ein solcher **lernender A.** muß auf Grund der Erfahrungen, die er aus Lösungsversuchen gewonnen hat, seine Struktur bzw. sein Programm selbst so ändern, daß sich sein Verhalten bei der Lösung der Aufgabe laufend verbessert, d. h. er muß entsprechend früheren Erfolgen oder Mißerfolgen das interne Modell der Außenwelt verbessern (*Prinzip des Lernens*). Von grundlegender Bedeutung für das Verständnis und die Nachbildung von Lernvorgängen ist die → Lernmatrix von Steinbuch.

Abstrahiert man von den technischen Einzelheiten und interessiert man sich nur für das logische Verhalten eines A.en, so gelangt man zum Begriff des **abstrakten A.en.** Dieser ist gekennzeichnet durch seine Eingänge, seine inneren Zustände, seine Ausgänge, seine Überführungsfunktion (zur Festlegung der Aufeinanderfolge der inneren Zustände) und seine Ergebnisfunktion. Die mathematische Beschreibung, die Gesetze in und zwischen abstrakten A.en, die Darstellung von funktionellen Abhängigkeiten in A.en sowie Methoden zur Verringerung des Realisierungsaufwandes werden in der *Automatentheorie* untersucht.

Lit.: Gluschkow: Theorie der abstrakten A.en (dtsch Berlin 1963); Neidhard: Informationstheorie und automatische Informationsverarbeitung (2. Aufl. Berlin 1964); Steinbuch: A. und Mensch (3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Kobrinski u. Trachtenbrot: Einführung in die Theorie endlicher A.en (dtsch Berlin 1967); Peschel: Moderne mathematische Methoden der Automatentheorie (Berlin 1967).

2) Fertigungstechnik: eine automatische → Werkzeugmaschine mit selbsttätigem Fertigungsablauf aller notwendig aufeinanderfolgenden Arbeitsstufen für die Herstellung von Werkstücken. Die Steuerung der erforderlichen Bewegungen (Richtung, Dauer und Größe) kann mechanisch, hydraulisch, pneumatisch, elektrisch oder durch Kombinationen erfolgen. Die frühere, nur für Drehautomaten mit mechanischer Steuerung verwendete Bezeichnung A. ist infolge der fortschreitenden Automatisierung veraltet.

Lit. Schaumjan: A.en (dtsch Berlin 1961); → Werkzeugmaschinen.

Automatenstahl, Stangenstahl, ein Stahl, der durch einen höheren Schwefelgehalt (0,15 bis 0,3 %) oder Spezialzusätze (z. B. Blei, Selen, Tellur) besonders gut zerspanbar ist und hohe Schnittgeschwindigkeiten zuläßt. A. ist besonders zur Herstellung von Massendrehteilen bestimmt.

Automation, svw. → Automatisierung.

Automatisation, svw. → Automatisierung.

automatische Kupplung, svw. → Kupplungsautomat.

automatischer Pilot, Autopilot, automatische Steuerung, Dreiachsensteuerung, ein Flugregler zur Entlastung des Flugzeugführers bei Langstrecken- und Instrumentenflügen. Hauptteil ist ein Kommandogerät. Es besteht aus einem Kursautomaten, der einem Kurskreisel mit Überwachung durch einen Fernkompaß (→ Kompaß) gleicht, und einem Neigungsautomaten, der dem Horizontkreisel im Wendehorizont gleicht (→ künstlicher Horizont). An diesem Kommandogerät werden der gewünschte Kurs sowie meist auch Flughöhe und -geschwindigkeit eingestellt und dabei die Abtrift berücksichtigt. Während des Fluges werden Abweichungen von diesen Sollwerten durch die Kreisel angezeigt und einer Mischanlage gemeldet, die aus Verstärkern und unter Umständen auch Rechenanlagen besteht. Sie registriert die Abweichungen und steuert die Rudermaschinen für Höhen-, Seiten- und Querruder, so daß die Abweichungen ausgeglichen werden. Wird das Kommandogerät durch eine Anlage für Programmsteuerung ersetzt, so kann ein Luftfahrzeug oder Flugkörper einen vorher berechneten Flug allein und dabei z. B. auch Steig-, Gleit- und Kurvenflüge sowie Wendungen und Spiralen durchführen.

automatisches Getriebe, svw. → Getriebeautomat.

automatische Sprachübersetzung, → Maschinenübersetzung.

automatische Waffen, Maschinenwaffen, Schußwaffen, bei denen Laden, Spannen, Verriegeln und Öffnen des Verschlusses sowie Ausziehen und Auswerfen der leeren Hülsen automatisch erfolgen. Dies kann bewirkt werden durch den Rückstoß **(Rückstoßlader),** wobei Energie der Pulvergase über die Patronenhülse auf den Verschluß oder beweglichen Lauf über-

tragen wird, oder durch die Energie der Pulvergase (**Gasdrucklader**), die dem Geschoß folgen, in die Gaskammer eindringen und auf die Stirnfläche eines Gaskolbens drücken. Dieser wirkt auf die Schloßführung ein und bewegt diese nach hinten, der Verschluß wird entriegelt und die Schließfeder gespannt. A. W. werden eingeteilt in **halbautomatische W.**, mit denen nur Einzelfeuer geschossen werden kann, z. B. Schnellfeuergewehre (→ Gewehr) und Selbstladepistole (→ Pistole), und **vollautomatische W.**, mit denen Einzel- und Dauerfeuer sowie Feuerstöße geschossen werden können (→ Maschinenpistole, → Maschinengewehr und → Maschinenkanone).

automatische Zuglaufsteuerung, automatische **Zugsteuerung,** die Regulierung der Zuggeschwindigkeit durch eine selbsttätig wirkende Einrichtung (automatischer Lokführer, Automaschinist) auf der Lokomotive, die Streckenprofil, zulässige Streckengeschwindigkeit, Fahrplan, Signalbilder u. a. berücksichtigt.

automatische Zuglenkung, die selbsttätige Lenkung von Eisenbahnzügen durch die verschiedenen Fahrstraßen bei Bahnhöfen und Streckenverzweigungen. Sie kann bei modernen elektrischen Stellwerken angewendet werden. Wenn sich ein Zug nähert oder im Bahnhof abfahrbereit ist, erfolgt durch a. Z. selbsttätig die Fahrstraßen- und Signalstellung entsprechend dem vorgesehenen Fahrtziel des Zuges. Dies geschieht entweder nach einem im Stellwerk fest eingespeicherten Programm, das die Reihenfolge der nacheinander durchzuführenden Fahrten enthält (problematisch bei Abweichungen vom Fahrplan), oder es führt jeder Zug seine Fahrtziel-Information individuell mit, z. B. Beigeben der Richtungskennzeichen durch Einwahl der Zugnummer (oder Entschlüsselung aus dieser) und Weiterschalten oder Aussenden der Richtungskennzeichen vom Zug selbst und Empfangen durch ortsfeste Anlagen. Da die a. Z. die üblichen Bedienungshandlungen des Stellwerkspersonals zur Fahrstraßeneinstellung ersetzt, wird dieses entlastet und braucht nur noch bei größeren Abweichungen vom Fahrplan einzugreifen.

automatische Zugnummernmeldung, → Stellwerk.

Automatisierung, entsprechend den englischen bzw. amerikanischen Begriffen auch **Automatisation** oder **Automation,** die Anwendung von technischen Mitteln, mit deren Hilfe mechanisierte Arbeitsmittel teilweise oder ganz nach vorgegebenen Programmen bestimmte Operationen durchführen, so daß die unmittelbare Einflußnahme des Menschen entfällt. Während bei der Mechanisierung der selbsttätige Ablauf einzelner Operationen angestrebt wird, befaßt sich die A. mit der selbsttätigen Befehlsgabe an mechanisierte Einzeloperationen bzw. mit dem sinnvollen selbsttätigen Zusammenwirken mehrerer solcher Operationen. Die A. kann somit sowohl an einzelnen Einrichtungen zur Lösung einer bestimmten Aufgabe (z. B. Steuerung oder Regelung von Temperaturen, Drehzahlen) als auch an komplexen Einrichtungen mit mehreren zu steuernden oder zu regelnden Größen (z. B. Kopierfräsmaschine, Sortierautomat) oder in der entwickeltsten Form in einem gesamten Prozeß erfolgen.

Die A. ermöglicht durch die völlige Ausschaltung des Menschen aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß eine noch weitgehendere Steigerung der Arbeitsproduktivität als bei der Mechanisierung.

Voraussetzung für alle Automatisierungsvorhaben ist das enge Zusammenwirken der technischen Disziplinen Betriebsmeßtechnik, Steuerungstechnik und Regelungstechnik. Dieser Forderung entspricht ihre Zusammenfassung in dem modernen Industriezweig Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik (abg. BMSR-Technik).

Die A. wird perspektivisch in allen Zweigen und Bereichen der Volkswirtschaft eingeführt. Für die fortschreitende A. haben die Erkenntnisse der Kybernetik besondere Bedeutung. Die Haupttätigkeit des Menschen wird orientiert auf die Vorbereitung und Einrichtung automatischer Maschinen, auf die Zerlegung des technologischen Prozesses in kleine Teiloperationen und deren Vereinigung zu einem fließenden Gesamtprozeß.

Lit. Auerhan: Die A. und ihre ökonomische Bedeutung (Berlin 1961); Berg: Hydraulische Bauelemente in der Automatisierungstechnik (Berlin 1965); Götte: Elektronische Bauelemente in der Automatisierungstechnik (Berlin 1965); Hornauer: Industrielle Automatisierungstechnik (5. Aufl. Berlin 1963); Peschel: Kybernetik und A. (Berlin 1966); Schaumjan: Automaten (Berlin 1966); Schwarze: Grundbegriffe der Automatisierungstechnik (3. Aufl. Berlin 1965); Wagner: Automatisierungstechnik — Einführung und Überblick (Berlin 1965); Lehrbuch der Automatisierungstechnik (Berlin 1966); Ztschr. messen — steuern — regeln (Berlin); → Regelung.

Autopilot, svw. → automatischer Pilot.

Autoradiographie, eine Methode zum Nachweis der Lokalisation radioaktiver Substanzen in Geweben, Organen, Legierungen u. a. mittels photographischer Emulsionen. Die von den radioaktiven Stoffen ausgesandte Korpuskular- oder Quantenstrahlung schwärzt die photographische Platte. Das zu untersuchende Material wird einige Zeit (Belichtungszeit) auf eine photographische Platte bestimmter Lichtempfindlichkeit gepreßt und in lichtdichten Behältern aufbewahrt (Kontaktverfahren). Die Platte wird dann wie ein belichteter Film entwickelt. Die Grenze für das Auflösungsvermögen liegt bei etwa 1 μm. Die durch die A. gewonnenen Aufnahmen werden als *Autoradiogramme* bezeichnet. Die A. dient auch zur Sichtbarmachung radioaktiver Substanzen auf Papierchromatogrammen und -pherogrammen (**Autoradiochromatographie**).

Autotransformator, svw. → Spartransformator.

Autotypie, Netzätzung, Rasterätzung, ein nach einem Halbtonbild, z. B. einem Photo, unter Zuhilfenahme der Photographie hergestellter Originaldruckstock; auch das Druckbild selbst. Die Originalvorlage wird photographiert, wobei man vor die lichtempfindliche Platte einen → Raster schaltet. Dieser zerlegt das vom Objektiv der Reproduktionskamera auf die lichtempfindliche Schicht geworfene Abbild der Vorlage in ein System von Punkten mit gleichmäßigem Abstand. Die Größe der Punkte auf dem Negativ hängt von den Helligkeitsstufen der Vorlage, der Blendenöffnung und dem Abstand des Rasters von der photographischen Schicht ab. Das so gewonnene Rasternegativ wird auf Zink, Magnesium oder Kupfer kopiert und geätzt (→ Ätzen). Die dabei erhaben stehenbleibenden Rasterpunkte bilden die druckenden Teile der Ätzung. Dem menschlichen Auge erscheinen die Rasterpunkte (Druckelemente), vermischt mit der durchscheinenden Papierfarbe, als Halbtöne.

Autoxydation, Oxydation bei normaler Lufttemperatur durch Luftsauerstoff, z. B. das Rosten von Eisen, auch das Festwerden trocknender Öle, z. B. Leinöl.

Autunit, → Uranminerale.

Auxine, pflanzliche → Wuchsstoffe.

auxochrome Gruppen, → Farbstoffe.

Avanturin, Varietät des → Quarzes.

Aviochemie, ungenaue Bezeichnung für das Ausbringen chemischer Mittel zur Düngung und Schädlingsbekämpfung, → Wirtschaftsflug.

Avivage, das Ausrüsten von Textilgeweben, um diesen z. B. ein gefälligeres Aussehen (lebhafte Färbung, Glanz) oder einen besseren Griff (Weichheit, Fülle) zu verleihen. Als Avivagemittel dienen meist Textilhilfsmittel auf Öl- oder Fettbasis wie bei der → Präparation.

Avogadrosches Gesetz, von H. Avogadro 1811 entwickeltes Gesetz, das besagt, daß gleiche Volumina idealer Gase die gleiche Anzahl von Atomen oder Molekülen enthalten, wenn Druck und Temperatur gleich sind. Die **Avogadrosche Zahl** gibt die in 1 cm^3 eines idealen Gases bei 0 °C und einem Druck von 1 atm enthaltene Anzahl von Molekülen an; sie beträgt $2{,}6873 \cdot 10^{19}$ und ergibt sich aus der → Loschmidtschen Zahl durch Division mit dem Molvolumen.

AVR, → Schwunderscheinungen.

Axerophthol, Vitamin A, → Vitamine.

Axialmaschine, eine → Strömungsmaschine.

Axiom, eine grundlegende Aussage, die aus vielfach wiederholter Erfahrung gewonnen wurde und sich in der Praxis so oft als wahr erwiesen hat, daß sie als unmittelbar einleuchtend und eines Beweises nicht mehr bedürftig erscheint, z. B. in der Mathematik die Aussage, daß jede Größe sich selbst gleich ist, oder der Satz: addiert man zu gleichen Größen wiederum gleiche Größen, so sind die Summen ebenfalls gleich: $a = b,\ c = d,\ a + c = b + d$. Für die moderne Wissenschaftstheorie ist der Begriff A. vor allem als Bestandteil eines Axiomensystems von Bedeutung. Ein **Axiomensystem** ist eine Gesamtheit von A.en, die als Grundlage für den Aufbau einer bestimmten wissenschaftlichen Disziplin dient, wobei alle weiteren Aussagen mit Hilfe logischer Umformungs- und Schlußregeln aus diesen A.en abgeleitet werden. Von einem Axiomensystem muß gefordert werden, daß es widerspruchsfrei und vollständig ist und die einzelnen A.e unabhängig voneinander, d. h. nicht auseinander ableitbar sind. Bekannte Axiomensysteme stammen z. B. von Euklid (für die Geometrie), Hilbert (Geometrie), Peano (Arithmetik der natürlichen Zahlen). Die Lehre von der Aufstellung von Axiomensystemen bezeichnet man als **Axiomatik**. Die Axiomatisierung ist eine wissenschaftliche Methode, die in der modernen Forschung immer mehr auch auf außermathematische Wissenschaftsgebiete angewandt wird und ein wichtiges Hilfsmittel für die Untersuchung von Theorien darstellt.

Axonometrie, Methode der darstellenden Geometrie, räumliche Gebilde mit Hilfe der Parallelprojektion eines gleichschenklig-rechtwinkligen Achsenkreuzes (Koordinatendreibein) auf eine Ebene abzubilden, wobei das Achsenkreuz durch drei beliebig lange und unter beliebigem Winkel von einem Punkt O ausgehende Strahlen OX, OY, OZ dargestellt wird. Jedes durch ein solches Achsenkreuz gekennzeichnete Parallelbild eines Gegenstandes wird als *axonometrisches Bild* bezeichnet. Man legt den darzustellenden Körper stets in die einfachste Stellung zum Achsenkreuz und bestimmt die Bilder der einzelnen Punkte des Gegenstandes mittels des Bildes ihres Koordinatenzugs. Je nachdem, ob das Dreibein in rechtwinkliger oder schiefwinkliger Parallelprojektion dargestellt wird, spricht man von *rechtwinkliger* oder *schiefwinkliger* A. Als Spezialfälle der rechtwinkligen A. sind die *Isometrie*, die *Dimetrie* und die *Trimetrie* zu nennen (Abb.). In der Praxis werden vor allem die isometrische (einmaßstäbliche) und die dimetrische (zweimaßstäbliche) Darstellung bevorzugt, die genormte dimetrische A. besonders in der Technik, sie hat große Ähnlichkeit mit der schrägen Parallelprojektion bei einem Winkel von 45° und einem Verkürzungsverhältnis von 1 : 2. Sie ist dieser aber bei der Abbildung krummflächiger Körper an Anschaulichkeit überlegen. Ein Beispiel für die schiefwinklige A. ist die Kavalierperspektive (→ Perspektive). Vorteil der axonometrischen Darstellung ist, daß sie anschauliche Bilder liefert und zugleich die Entnahme von Maßen aus der Zeichnung ermöglicht.

Azenaphthen, ein aromatischer Kohlenwasserstoff. A. bildet farblose Nadeln (F. 95 °C). Es kommt im Steinkohlenteer vor und ist Ausgangsprodukt bei der Herstellung von Farbstoffen, Plasten, Pflanzenschutz- und Kautschukalterungsschutzmitteln.

azeotropes Gemisch, ein Gemisch von Flüssigkeiten, das einen konstanten Siedepunkt besitzt, der sich von den Siedepunkten der einzelnen Komponenten unterscheidet. Azeotrope G.e können nur mit besonderen Verfahren getrennt werden (→ Destillation).

Azetaldehyd, Äthanal, $CH_3—CHO$, eine farblose, in Verdünnung angenehm und erfrischend riechende, leicht entzündliche Flüssigkeit (Kp. 20 °C). A. wird leicht zu Essigsäure oxydiert, die katalytische Hydrierung mit Wasserstoff führt zu Äthanol. Durch Polymerisation des A.s entsteht **Paraldehyd** $(CH_3CHO)_3$, der als Schlafmittel und Beruhigungsmittel, oder **Metaldehyd** $(CH_3CHO)_4$, der als Brennstoff (Trockenspiritus) und als Schneckenbekämpfungsmittel (Molluskizid) dient. A. kommt als Zwischenprodukt im tierischen und pflanzlichen Stoffwechsel sowie bei der Gärung vor allem in Früchten vor. Technisch gewinnt man A. durch Anlagerung von Wasser an Äthin unter katalytischer Einwirkung von Quecksilbersalzen. Man verwendet A. zur Herstellung von Essigsäure, Äthanol, Pentaerythrit und über Butadien zu synthetischem Kautschuk.

Azetale, organische Verbindungen, formal die Kondensationsprodukte von Aldehyden und Ketonen mit je zwei Molekülen Alkohol. Sie entstehen aus den Komponenten unter dem Einfluß saurer Katalysatoren. Findet die Reaktion mit nur einem Molekül Alkohol statt, so entstehen meist unbeständige **Halbazetale.** Man verwendet A. als Lösungsmittel für Zelluloseester und -äther, als Weichmacher und als Riechstoffzusätze.

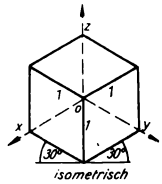
Azetanhydrid, svw. → Essigsäureanhydrid.

Azetate, die Salze und Ester der → Essigsäure.

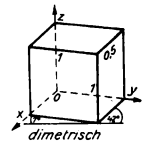
Azetatfarbstoffe, → Dispersionsfarbstoffe.

Azetatfaserstoff, ein Chemiefaserstoff auf der Basis von → Zelluloseazetat. Das Zellulose-(2,5)-azetat (in geringerem Umfange auch das Triazetat) wird in Methylenchlorid oder Azeton zu einer 20- bis 25%igen Spinnlösung gelöst, die nach dem Trockenspinnverfahren versponnen wird. Die filtrierte Lösung wird dabei durch Düsen in einen langen Schacht gepreßt, die sich bildenden Elementarfäden erstarren rasch, da das Lösungsmittel durch eingeblasene warme Luft sehr schnell verdunstet. Danach werden die Fäden meist noch zur Erhöhung der Festigkeit verstreckt. Die so erhaltenen unendlichen Fäden stellen die **Azetatseide** dar. Sie können weiter zu Stapelfasern zerschnitten und als solche einem Kräuselungsprozeß unterworfen werden; dabei entsteht die **Azetatfaser.** A. wird vor allem in den Zweigen der Textilindustrie verwendet, wo bestimmte Glanzeffekte erzielt werden sollen.

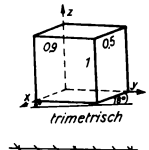
Azetessigester, Azetylessigsäureäthylester, $CH_3—CO—CH_2—COOC_2H_5$, eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit (Kp. 181 bis 184 °C). A. liegt stets als Gleichgewichtsgemisch der Keto- und Enolform (→ Tautomerie) vor. Man erhält A. durch Einwirkung von Natrium oder Natriumäthylat auf Essigsäureäthylester, technisch auch aus Diketen (3-Hydroxybuten-(3)-säurelakton) und Äthanol. A. wird als Ausgangsstoff für die Synthese von organischen Arzneimitteln, zur Herstellung von Pyrazolonfarbstoffen und als Riechstoffzusatz verwendet.



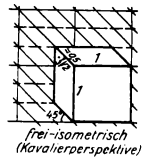
isometrisch



dimetrisch



trimetrisch



frei-isometrisch (Kavalierperspektive)

Axonometrie

Azeton, Dimethylketon, Propanon, $CH_3—CO—CH_3$, das einfachste aliphatische Keton. A. ist eine farblose, angenehm riechende, brennbare Flüssigkeit (Kp. 56 °C). Es kommt in ätherischen Ölen und bei Zuckerkranken im Harn vor. Technisch gewinnt man A. vor allem durch katalytische Zersetzung von Essigsäure, ferner durch Dehydrierung von Isopropanol sowie aus Äthin, Äthanol oder Azetaldehyd und Wasserdampf an geeigneten Katalysatoren. A. dient vor allem als Lösungsmittel, besonders für Plaste, Chemiefaserstoffe, Lacke, Harze, Äthin, Fette und fette Öle, ferner verwendet man es als Extraktionsmittel, als Denaturierungsmittel für Alkohol und zur Entparaffinierung von Rohschmierölen.

Azetonitril, Methylzyanid, CH_3CN, das Nitril der Essigsäure. A. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. 81 bis 82 °C). Man erhält A. aus Dimethylsulfat und Natriumzyanid. A. ist Zwischenprodukt für organische Synthesen und ein wichtiges Lösungsmittel.

Azetonkörper, Stoffe, die beim unvollständigen Abbau der Fettsäuren im Organismus auftreten und sich besonders im Blut und Harn von Zuckerkranken finden. Zu den A.n gehören Azeton, Azetessigsäure und β-Hydroxybuttersäure.

Azetophenon, → Ketone.

Azetyl..., Bezeichnung für die Atomgruppierung $CH_3—CO—$, die als Fragment eines Moleküls oder als instabiles freies Radikal auftreten kann. Die Einführung dieser Gruppe in eine organische Verbindung mittels Essigsäureanhydrids oder Azetylchlorids bezeichnet man als **Azetylierung.**

Azetylcholin, → Cholin.

Azetylen, svw. → Äthin.

Azetylenchemie Sammelbegriff für alle vom Äthin (Azetylen) ausgehenden chemischen Reaktionen. Äthin ist die Grundsubstanz nahezu aller organischen Verbindungen. Die Entwicklung der A. läßt sich in zwei Stufen einteilen, wobei die erste in dem von O. Nicodemus im Jahre 1936 aufgestellten Azetylenstammbaum ihren Niederschlag gefunden hat. Danach lassen sich Azetaldehyd und seine Folgeprodukte, wie Essigsäure, Äthylazetat, Essigsäureanhydrid, Azeton, Äthanol (Karbidsprit), Aldol, Krotonaldehyd und Butanol, aus Äthin herstellen.

Die zweite, technisch außerordentlich wichtige Entwicklungsphase, der modernere Teil der A., wird nach ihrem Begründer Walter Reppe als **Reppe-Chemie** bezeichnet. Reppe führte die Drucksynthesen bis 30 at ein. Die Explosionsgefahr des komprimierten Äthins wurde von ihm durch sorgfältigste Betriebsführung ausgeschlossen. Neben Einführung hoher Drücke spielen neuartige Katalysatoren, z. B. Schwermetallazetylide, Metallkarbonyle und Metallkarbonylwasserstoff, eine wichtige Rolle.

Das Gebiet der A. ist heute so weit verzweigt, daß sich nur schwer ein vollständiger Überblick geben läßt. Von besonders großer Bedeutung für großtechnische Synthesen sind folgende Anlagerungs- und Polymerisationsreaktionen: 1) Die katalytische Hydratisierung des Äthins führt zu Azetaldehyd, dem wichtigsten Zwischenprodukt der A.: $HC{\equiv}CH + H_2O \rightarrow CH_3—CHO$. 2) Die katalytische Anlagerung von Wasserstoff an Äthin führt bei Verwendung von Palladium, Nickel oder Platin als Katalysatoren über Äthen zu Äthan: $HC{\equiv}CH + H_2 \rightarrow H_2C{=}CH_2 + H_2 \rightarrow H_3C—CH_3$. 3) Bei der Anlagerung von Halogenen, z. B. Chlor, bildet sich zunächst ein Tetrahalogenäthan, das unter Abspaltung von Halogenwasserstoff in Trihalogenäthen übergeht: $CH{\equiv}CH + 2Cl_2 \rightarrow Cl_2HC—CHCl_2$, $Cl_2HC—CHCl_2 \xrightarrow{-HCl} ClHC{=}CCl_2$. Trichloräthen ist ein wichtiges Lösungsmittel. 4) Bei der Polymerisation des Äthins entsteht in Gegenwart von Kupferschwamm das korkähnliche, gelb gefärbte Kupren. 5) Bei der Dimerisation des Äthins bildet sich bei Verwendung von Ammonium- und Kupfer(I)-chlorid als Katalysator Vinyläthin, das Ausgangsprodukt für Chloropren.

Als **Reppe-Synthesen** werden bezeichnet: 6) **Vinylierungen,** bei denen durch Anlagern von Säuren, Alkoholen u. a. Vinylverbindungen gewonnen werden, die große technische Bedeutung für die Herstellung von Plasten besitzen, z. B.

$$\underset{\text{Chlorwasserstoff}}{HC{\equiv}CH + HCl} \longrightarrow \underset{\text{Vinylchlorid}}{H_2C{=}CH—Cl} \longrightarrow \underset{\text{Polymerisation}}{PVC},$$

$$\underset{\text{Blausäure}}{HC{\equiv}CH + HCN} \rightarrow \underset{\text{Akrylnitril}}{H_2C{=}CH—CN} \rightarrow \underset{\text{Polymerisation}}{}$$

Polyakrylnitrilfasern (Wolpryla). Durch Anlagerung von Essigsäure zu Äthin entsteht Vinylazetat, das zum Polyvinylalkohol verseift werden kann. Mit Alkoholen entstehen die Vinyläther, mit Karbonsäuren die Vinylester. 7) **Äthinylierungen,** bei denen Äthin mit Aldehyden oder Ketonen reagiert, wobei die Dreifachbindung erhalten bleibt und nur die H-Atome des Äthins ersetzt werden. Wichtig sind die Anlagerungen von 1 und 2 Mol Formaldehyd unter Zusatz eines Schwermetallsalzes, z. B. Kupferazetylid, als Katalysator: $HC{\equiv}CH + HCHO \rightarrow HC{\equiv}C—CH_2OH$ (Propargylalkohol); $HC{\equiv}CH + 2HCHO \rightarrow HOCH_2—C{\equiv}C—CH_2OH$ (Butindiol). Beide Verbindungen sind ebenfalls unter anderem wichtige Ausgangsprodukte für die Plaste. 8) **Karbonylierungen,** bei denen Äthin und Kohlenmonoxid in Gegenwart von Verbindungen mit reaktionsfähigem Wasserstoff, z. B. mit Wasser, Alkohol und sekundären Aminen, zu Akrylsäure oder Akrylsäurederivaten umgesetzt werden: $HC{\equiv}CH + CO + H_2O \rightarrow CH_2{=}CH—COOH$ (Akrylsäure), $HC{\equiv}CH + CO + ROH \rightarrow CH_2{=}CH—COOR$ (Akrylsäureester), $HC{\equiv}CH + CO + R_2NH \rightarrow CH_2{=}CH—CONR_2$ (Akrylsäureamid). Die Karbonylierung verläuft unter dem katalytischen Einfluß karbonylbildender Metalle, z. B. Kobalt, Nickel und Eisen. 9) **Zyklisierungen,** bei denen mit Hilfe geeigneter Katalysatoren Äthin in Ringverbindungen, z. B. Benzol, Styrol und Azulen, übergeführt wird.

Azetylenide, eine Gruppe der → Karbide.

Azetylide, eine Gruppe der → Karbide.

Azetylsalizylsäure, $C_6H_4—(O—COCH_3)—COOH$, ein Derivat der Salizylsäure, das aus dieser durch Azetylierung mit Essigsäureanhydrid hergestellt wird. A. bildet farblose Nadeln (F. 137 °C) und dient medizinisch als fiebersenkendes, schmerzstillendes und antirheumatisches Mittel.

Azetylzellulose, svw. → Zelluloseazetat.

Azide, 1) die Salze der Stickstoffwasserstoffsäure HN_3. **Schwermetallazide** sind explosiv und werden deshalb als Initialsprengstoff verwendet (z. B. Bleiazid).

2) **Säureazide,** Karbonsäurederivate der Formel $R—CO—N_3$. Sie entstehen z. B. aus den Säurechloriden durch Umsetzung mit Natriumazid oder aus Karbonsäurehydraziden durch Reaktion mit salpetriger Säure.

Azidimetrie, Methode der → Neutralisationsanalyse.

Azidität, das Maß für die Säurestärke.

Azimut n oder m, der Horizontalwinkel, den die Richtung von einem Punkte P_1 nach einem anderen Punkte P_2 mit einer besonderen, je nach Art des A.es festgelegten Richtung bildet. **Astronomisches A.** ist der Winkel zwischen Ortsmeridian und Vertikalkreis eines Gestirns

(→ astronomische Koordinatensysteme). **Geodätisches A.** ist der Winkel zwischen der geographischen Nordrichtung und der Richtung zu einem Punkt der Erdoberfläche, **magnetisches A.** der Winkel zwischen der magnetischen Nordrichtung und der Richtung nach dem jeweiligen Zielpunkt bei Vermessungsarbeiten mit der → Bussole.

Azine, organische Verbindungen mit mehreren Stickstoffatomen: 1) Kondensationsprodukte von Aldehyden (Aldazine) oder Ketonen (Ketazine) mit Hydrazin; 2) heterozyklische sechsgliedrige Ringsysteme. Je nach Anzahl der im Ring befindlichen Stickstoffatome unterscheidet man Monoazine, z. B. Pyridin, Diazine, z. B. Pyrimidin, Triazine und Tetrazine.

Azinfarbstoffe, Phenazinfarbstoffe, Teerfarbstoffe, die sich vor allem vom Oxazin und Thiazin ableiten und als chromophore Gruppe den Phenazinring enthalten. Zu den A.n gehören unter anderem Induline und Nigrosine, die z. B. zum Färben von Wolle, zur Herstellung von Beizen, Spirituslacken und Lederpflegemitteln verwendet werden, sowie Mauvein, der erste von W. H. Perkin 1856 synthetisch hergestellte Farbstoff, der heute keine technische Bedeutung mehr hat.

Azofarbstoffe, → Azoverbindungen.

Azoikum, die Urzeit der Erde (→ System, Tab.).

Azoverbindungen, farbige, feste organische Verbindungen, in denen die Azogruppe —N=N— an organische Reste gebunden ist. Der einfachste Vertreter ist das **Azobenzol** $C_6H_5—N=N—C_6H_5$, eine in orangeroten Blättchen kristallisierende Verbindung. Es ist der Grundkörper der **Azofarbstoffe** R—N=N—R′, die zahlenmäßig alle anderen Farbstoffklassen übertreffen. Man gewinnt sie durch Kupplung von Diazoniumsalzen mit Aminen und Phenolen sowie deren Sulfon- oder Karbonsäuren. Sie werden besonders zum Färben von Wolle, aber auch von Seide, Baumwolle, Zellwolle, Chemieseiden sowie als Leder- und Lebensmittelfarben verwendet. Eine Reihe von Azofarbstoffen, die zwei Azogruppen im Molekül enthalten, z. B. Kongorot und Chrysophenin, färben Baumwolle und regenerierte Zellulosefasern direkt, d. h. ohne vorheriges Beizen.

Azurit, Kupferlasur, ein Mineral, $Cu_3[OH|CO_3]_2$; monoklin, lasurblau, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 3,7 bis 3,9 g cm^{-3}. A. befindet sich fast ständig in Paragenese mit Malachit in der Oxydationszone von kupferführenden Lagerstätten.

azyklisch, Bezeichnung für organische → Kohlenstoffverbindungen mit offener Kette.

b, 1) Kurzz. für → Barn. 2) veraltetes Kurzz. für → Bar. 3) veraltetes Kurzz. für → Bel.

B, 1) Kurzz, für → Bel. 2) Kurzz. für → Baud. 3) Symbol für → Bor. 4) Zeichen für → magnetische Induktion. 5) *B*, Zeichen für → Leuchtdichte.

°B, Kurzz für Ballinggrad, → Ballingskale.

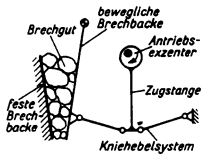
Ba, Symbol für → Barium.

Babinetsches Prinzip, ein von dem französischen Naturforscher J. Babinet entdecktes Prinzip, das besagt, daß außerhalb des direkten Lichts das Beugungsbild das gleiche ist, wenn man statt der Öffnungen Schirme und statt der Schirme Öffnungen annimmt. So ist die Beugungserscheinung an einem dünnen Draht außerhalb des direkten Lichts die gleiche wie an einem engen Spalt, die Beugung an Staubteilchen die gleiche wie an kleinen Öffnungen (→ Beugung).

Back *f*, Aufbau auf dem Vorschiff.

Backbord, abg. **Bb,** in Fahrtrichtung die linke Seite eines Schiffs. Sie wird zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang durch ein rotes Licht mit Sektor von rechts voraus bis 112,5° nach links gekennzeichnet.

Backenbrecher, eine Maschine zum Grobzerkleinern von harten Stoffen, z. B. Eruptivgesteinen und harten Erzen. Am verbreitetsten ist der B. nach System Blake **(Pendelschwingenbrecher)** mit Kniehebelsystem, wobei das Brechgut zwischen einer festen und einer beweglichen Backe vorwiegend durch Druck zerkleinert wird. Großbackenbrecher können Aufgabestücke bis zu 1500 mm Kantenlänge aufnehmen.



Pendelschwingenbrecher

Backenfutter, eine radial spannende Einrichtung an Werkzeugmaschinen mit konzentrisch angeordneten Spannelementen, den Backen. Drei-, in selteneren Fällen auch Zwei- und Vierbackenfutter werden vorwiegend als → Werkstückspanner beim Drehen und als → Werkzeugspanner beim Bohren verwendet.

Bacon-Element, ein → galvanisches Element.

Bad, 1) **Heizbad,** eine Vorrichtung zum gleichmäßigen, temperaturgenauen und schonenden Erhitzen von festen oder flüssigen Stoffen bei chemischen Reaktionen, Destillationen, Extraktionen u. a. Je nach dem Wärmeüberträger gibt es Wasser-, Sand-, Paraffin-, Ölbäder.

2) **chemisches B.,** ein flüssiges Medium, das auf einen eingetauchten Gegenstand einwirkt, z. B. Fixierbad, galvanisches Bad, Farbbad.

Baddeleyit, Brazilit, das technisch wichtigste Zirkoniummineral, ZrO_2; monoklin, farblos bis gelb, meist rötlichbraun bis schwarz, Härte nach Mohs 6,5, D. 5,7 bis 6,0 g cm^{-3}. B. kommt fast ausschließlich in Brasilien vor. Verwendung: → Zirkonium.

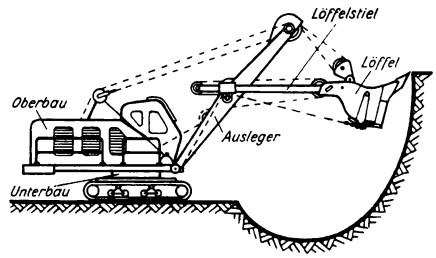
Bafesa, Abk. für **Bahnfernschreibselbstanschlußanlage,** d. i. die Dienstfernschreibanlage der Deutschen Reichsbahn mit Selbstwählbetrieb zwischen den Fernschreibteilnehmern.

Baffle, svw. → Dampfsperre 2).

Bagger (Tafeln 14 und 20), ein Fördermittel zur Gewinnung und zum Transport von gewachsenem, gesprengtem oder geschüttetem Material, z. B. Erdreich, Sand, Schutt, Kohle, Kies und Erz.

Man kann die B. grundsätzlich einteilen in Trocken- und Naßbagger. 1) **Trockenbagger** sind an Land eingesetzte B. Nach der Anzahl der Grabgefäße (Löffel, Schaufeln, Eimer) unterscheidet man bei ihnen Eingefäß- und Mehrgefäßbagger. a) **Eingefäßbagger** sind unstetig arbeitende Fördermittel. Der **Löffelbagger** besitzt als Grabgefäß einen Löffel (Hochlöffel oder Tieflöffel), er ist in der Regel als **Universalbagger** ausgeführt und kann dann wahlweise mit verschiedenen Arbeitsausrüstungen (außer mit Hochlöffel und Tieflöffel z. B. mit Schleppschaufel, Kran, Greifer oder Ramme) ausgestattet werden. Universalbagger sind mit einem zentralen Antriebsmotor, meist einem Dieselmotor, ausgerüstet. Alle Arbeitsbewegungen, z. B. Heben und Vorstoßen des Löffels, Drehen des Baggeroberteils, Fahren des B.s, werden durch Betätigen von Kupplungen ausgelöst. Beim **Hochlöffelbagger** (Abb. 1) ist an einem Ausleger ein Löffelstiel mit festangebautem Löffel beweglich angeordnet. Über Seilrollen am Löffel sind Seile geführt, die mit einer Winde den Löffelstiel heben und absenken. Beim Heben wird der Löffelstiel vorgestoßen, der Löffel gräbt sich in das Baggergut ein und füllt sich. Danach wird das gesamte Baggeroberteil über ein daneben oder dahinter stehendes Fördermittel geschwenkt und der Löffel durch eine Bodenklappe entleert. Löffelbagger können durch Konzentration der gesamten Maschinenkraft auf ein Grabgefäß an diesem große Kräfte er-

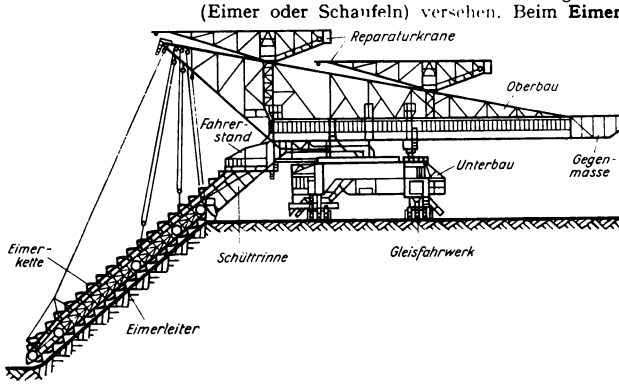
zeugen und dadurch auch schwerste Bodenarten und gesprengten Fels abtragen. Der Löffelinhalt beträgt bei Universalbaggern bis zu 2,5 m³, bei reinen Hochlöffelbaggern mit elektrischem Einzelantrieb für jede Arbeitsbewegung bis zu 150 m³. Beim **Tieflöffelbagger** ist der Löffel am Löffelstiel gelenkig angeordnet, er entleert durch die Füllöffnung und hat einen geschlossenen Boden. Tieflöffelbagger dienen zum Ausheben von Fundamentgruben. Beim **Schleppschaufelbagger (Eimerseilbagger, Dragline)** hängt an einem Ausleger in Seilen ein großer Schürfkübel, die Schleppschaufel. Sie wird ausgeworfen und über den Boden hin zum B. gezogen (geschleppt),



1 Eingefäßbagger (Hochlöffelbagger)

wobei sie sich füllt. Die Entleerung erfolgt über die Füllkante durch Ankippen der Schaufel mittels eines besonderen Entleerseils. Große Schleppschaufelbagger haben eine Auslegerlänge bis zu 100 m und einen Schleppschaufelinhalt bis zu 50 m³. Der **Autobagger** ist mit einem auf LKW-Fahrgestell aufmontierten Oberteil eines kleineren Eingefäßbaggers mit Hoch- und Tieflöffelausrüstung ausgerüstet. Bei **Hydraulikbaggern**, deren Grabgefäße mit einem Inhalt bis zu 0,2 m³ ausgeführt werden, erfolgt der Antrieb der Arbeitsbewegungen durch Hydraulik-Zylinder. Der Ölstrom wird von einer dem zentralen Antriebsmotor nachgeschalteten Ölpumpe erzeugt. Kleinere Eingefäßbagger haben luftbereifte Fahrwerke, größere Raupenfahrzeuge. In der UdSSR ist das Fahrwerk von Schleppschaufelbaggern als Schreitmechanismus ausgebildet **(Schreitbagger)**.

b) **Mehrgefäßbagger** sind stetig (kontinuierlich) arbeitende Fördermittel und mit mehreren im festen Abstand umlaufenden Grabgefäßen (Eimer oder Schaufeln) versehen. Beim **Eimer-**



2 Eimerkettenbagger

kettenbagger (Abb. 2) sind an einer endlosen Kette schalenförmig ausgebildete Eimer befestigt und in einer festen Längsbahn in der Eimerleiter geführt. Die Schneidmesser werden wie bei Schaufelradbaggern ausgeführt. Die Kette wird am oberen Umlenkrad (Turas) angetrieben (Antriebsturas) und an der Spitze der Eimerleiter über ein Umlenkrad umgelenkt und gespannt (Umlenkturas). Die Eimer werden durch die Eigenmasse der Eimerleiter auf das Baggergut gedrückt, schneiden das Baggergut, nehmen es auf und entleeren sich über die hintere Kante beim Umlauf um den Antriebsturas. Das Baggergut fällt dabei in den Schüttrumpf, eine Art Trichter, und wird mit Gurtbandförderern zu den Strossenfördermitteln (Waggon oder Gurtbandförderanlage) befördert. Die Eimerleiter ist heb- und senkbar und mit dem gesamten Baggeroberteil schwenkbar. Eimerkettenbagger arbeiten bei hochgestellter Eimerleiter im Hochschnitt, bei abgesenkter im Tiefschnitt. Fahren sie längs der Abbaufront, nennt man diese Betriebsart *Strossenbetrieb* (im allgemeinen für Eimerkettenbagger charakteristisch). Stehen die Eimerkettenbagger beim Abbau, und wird das Baggeroberteil geschwenkt, spricht man von *Blockbetrieb*. Für Strossenbetrieb werden die Eimerkettenbagger mit Schienenfahrwerken, für Blockbetrieb mit Raupenfahrwerken ausgerüstet. Zum Ziehen von Gräben (zum Verlegen von Rohren, zur Dränung und Entwässerung) werden **Grabenbagger** eingesetzt, die das Baggergut über ein Gurtförderband neben dem Graben abwerfen. Der Eimerinhalt von Grabenbaggern beträgt bis etwa 100 dm³, der von Eimerkettenbaggern für Tagebaue 150 bis 3150 dm³, das Fördervolumen bis zu 7800 m³/h. Je nach Größe des B.s kann die Antriebsleistung des Elektromotors der Eimerkette bis zu 2 mal 1500 kW betragen.

Der **Schaufelradbagger** (Abb. 3, S. 71) hat als Grabgefäße mehrere (6 bis 16) Schaufeln, die sich am Umfang eines einseitig geschlossenen Radkörpers (Schaufelrad) befinden. Für leichte Böden sind die Schaufeln mit einem Schneidmesser, für schwere Böden mit Schneide und Reißzähnen aus besonders verschleißfestem Material versehen. Der Keilwinkel der Schneide und der Zähne beträgt mit Rücksicht auf den Verschleiß etwa 30 bis 40° (beim normalen Messer $\approx 6°$). Das Schaufelrad ist in einem heb- und senkbaren Ausleger gelagert. Durch Drehen des Schaufelrades bei gleichzeitigem Schwenken des Baggeroberteils wird das Baggergut von den Schaufeln gegraben und aufgenommen. Etwa in der oberen Lage entleeren sich die Schaufeln wieder. Vorzeitiges Entleeren wird durch eine feststehende Radschurre verhindert. Das Baggergut gleitet über eine Schurre (Rutsche) oder andere Austragvorrichtungen (Band, Teller) auf einen Gurtbandförderer, der sich im Ausleger neben dem Schaufelrad befindet. Der weitere Transport zu den Strossenfördermitteln erfolgt ebenfalls mittels Gurtbandförderern. Charakteristisch für Schaufelradbagger ist der Blockbetrieb. Der Schaufelinhalt kleinerer Schaufelradbagger beträgt bis 100 dm³, der von Großgeräten für Tagebaue bis 4000 dm³. Der Antrieb des Schaufelrades erfolgt durch einen Elektromotor. Die Antriebsleistung kann bis zu 2 · 630 kW betragen.

2) **Naßbagger** oder **Schwimmbagger** werden auf Gewässern eingesetzt und sind auf Schiffen oder Pontons aufgebaut. a) Beim **Eimerkettenschwimmbagger** hängt das untere Trum frei durch. Im Gegensatz zu den Trockenbaggern werden die Eimer, die sich nur im Bereich des Umlenkturas füllen, im oberen Trum geführt. Die Eimer sind vollständig geschlossen oder bei manchen B.n. zum Abfließen des Wassers perforiert. Sie entleeren sich über Kopf, d. h. aus der Füllöffnung beim Umlaufen um den Antriebsturas. Der Abtransport des Baggergutes erfolgt durch Rohrleitungen, über Gurtbandförderanlagen oder durch Schuten (Lastkähne). Als Eingefäßbagger sind Naßbagger in Europa nicht

üblich. b) Der **Pumpenbagger** oder **Saugbagger** ist mit einem Saugrohr und einer Förderpumpe ausgerüstet und dient vor allem zum Fördern von Boden-Wasser-Gemischen. Es können alle spülfähigen Bodenarten bei einem Boden-Wasser-Gemisch von 1:3 bis 1:6 gefördert werden. Der **Schleppkopfsaugbagger** schleppt das Saugrohr über den Boden hinweg und saugt das Boden-Wasser-Gemisch an. Beim **Schneidkopfsaugbagger** ist an der Spitze des Saugrohrs ein maschinell angetriebener Schneidkopf angebracht, der den Boden löst. Der Abtransport des Baggergutes erfolgt beim Saugbagger wie beim Eimerkettenschwimmbagger. Der **Laderaumsaugbagger** oder **Hopperbagger** dient zum Baggern und Transportieren von Baggergut, er hat einen eigenen Laderaum innerhalb des Schiffskörpers. Der Antrieb von Naßbaggern erfolgt durch Dieselmotor, dieselelektrisch oder mit Turbinen.

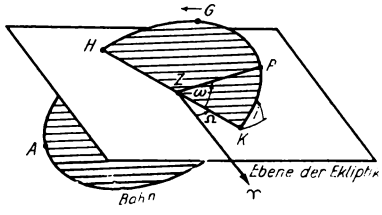
Die → Flachbagger sind keine B. im eigentlichen Sinn, sie schürfen das Baggergut bei der Fahrbewegung der gesamten Maschine.

B. werden eingesetzt im Siedlungs-, Hoch- und Industriebau zum Ausheben von Fundamentgruben, im Straßen-, Eisenbahn- und Kanalbau zur Herstellung von Einschnitten und Dämmen, im Fluß- und Seebau zum Ausbaggern und Freihalten von Hafeneinfahrten und Fahrrinnen, im Tagebau zum Abtragen von Deckgebirge und zur Gewinnung von Bodenschätzen sowie auf Lagerplätzen.

Lit. → Fördertechnik.

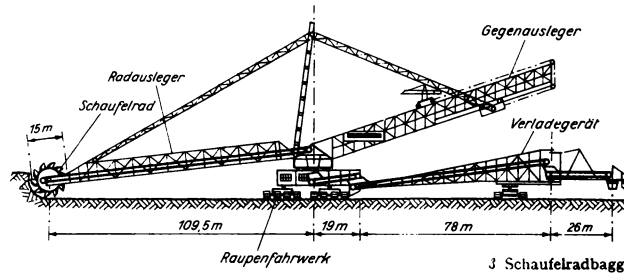
Bahn, 1) Physik: der Weg, den ein makroskopischer Körper, z. B. ein Planet, durchläuft, oder auch der Weg eines Moleküls, Atoms oder Elementarteilchens, z. B. in einer Gasentladungsröhre oder Nebelkammer. Allerdings kann man in der Quantenmechanik infolge der Heisenbergschen Unschärferelation einem Teilchen in einem bestimmten Zeitpunkt keinen genau bestimmten Ort zuschreiben; damit ist auch der Bahnbegriff nicht mehr ohne weiteres anwendbar. In der vierdimensionalen Formulierung der Relativitätstheorie wird die B. und ihr zeitliches Durchlaufen seitens des bewegten Körpers im → Minkowski-Raum durch eine einzige Kurve, die Weltlinie, dargestellt.

2) Astronomie: der Weg eines Himmelskörpers, den er an der Himmelskugel relativ zu den Fixsternen beschreibt **(scheinbare B.)**, und der Weg, den er wirklich im Raume zurücklegt **(wahre B.)**. Die scheinbare B. ergibt sich aus der wahren B.



Bahn eines Planeten G um die Sonne Z. HK Knotenlinie, K aufsteigender Knoten, H absteigender Knoten, P Perihel, A Aphel, $Z\Upsilon$ Richtung zum Frühlingspunkt, Ω Länge des aufsteigenden Knotens, ω Knotenabstand des Perihels, i Bahnneigung

und der Bewegung des Beobachtungsortes. Die wahre B. eines Himmelskörpers des Sonnensystems um die Sonne ist ein Kegelschnitt (Kreis, Ellipse, Parabel, Hyperbel), in dessen einem Brennpunkt die Sonne steht. Jedoch kann dieser Kegelschnitt durch die anziehende Wirkung der großen Planeten gestört sein (→ Himmelsmechanik, → Störungen). Ebenso ist die Bahn eines künstlichen Erdsatelliten in erster Näherung ein Kegelschnitt, in dessen einem Brennpunkt sich der Erdmittelpunkt befindet. Störende Wirkungen üben dabei der Mond und die Erdabplattung aus. Sind Form, Größe und räumliche Lage des Kegelschnitts bekannt und steht fest, zu welchem



3 Schaufelradbagger

Zeitpunkt sich der Himmelskörper an einem beliebigen Ort der B., z. B. dem Perihel bzw. dem Perigäum, befindet, ist seine B. bestimmt und eine Vorausberechnung seines Ortes und seiner Geschwindigkeit an der Himmelssphäre möglich.

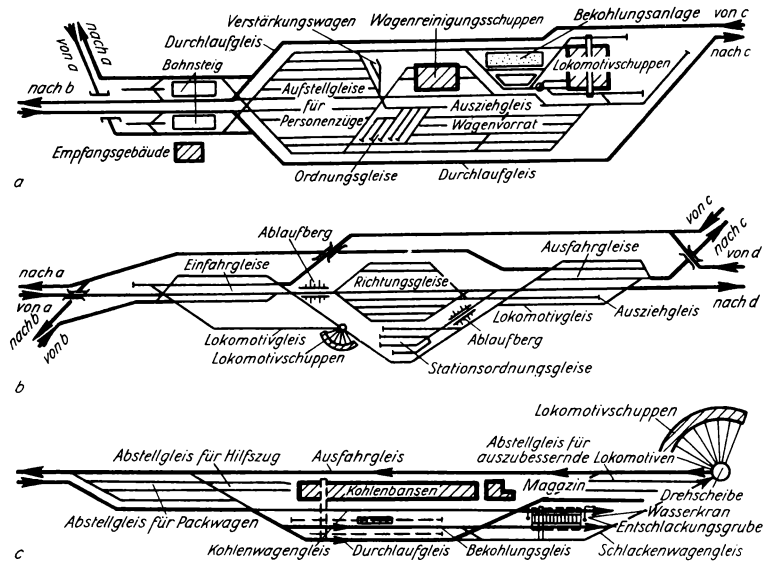
Die 6 **Bahnelemente,** die die B. festlegen, sind 1) T, die Perihelzeit, d. i. die Zeit des Durchgangs durch das Perihel; 2) π, die Länge des Perihels, gegeben durch die Beziehung $\pi = \Omega + \omega$, wenn ω den Winkelabstand des Perihels P vom Knoten K bezeichnet; 3) Ω, die Länge des aufsteigenden Knotens; 4) i, die Neigung zwischen Bahn- und Bezugsebene, z. B. die Ebene der Ekliptik; 5) e, die numerische Exzentrizität der B.; 6) a, die mittlere Entfernung des Himmelskörpers vom Zentralkörper, z. B. der Sonne. Die Konstanten 5 und 6 bestimmen Form und Größe der B., 3 und 4 die räumliche Lage der Bahnebene und 2 die Orientierung der B. in der Bahnebene. Zur Bestimmung der Bahnelemente sind bei einer Kreisbahn mindestens zwei vollständige Ortsbestimmungen des Himmelskörpers an der Himmelssphäre (zwei Koordinaten und die Beobachtungszeit) erforderlich, bei einer Ellipsen- oder Hyperbelbahn drei vollständige Ortsbestimmungen.

3) Verkehrstechnik: → Schienenbahn.

4) Getriebelehre: → Geradführung.

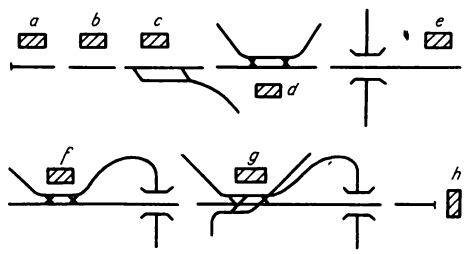
Bahnhof, eine Anlage zur Abwicklung des Personen- und Güterverkehrs im Eisenbahnbetrieb, auf der Eisenbahnzüge beginnen, enden, kreuzen, überholen oder mit Gleiswechsel (Spitzkehre) wenden dürfen. Jeder B. hat mindestens eine Weiche. Aufgabe des B.s ist die Bildung und Auflösung von Zügen, die Zuführung von Güterwagen zur Be- und Entladung und die Durchführung der sicheren, planmäßigen Zugförderung. Nach ihrem Zweck unterscheidet man **Personenbahnhöfe** für den Verkehr von Reisenden, Gepäck und Expreßgut und **Güterbahnhöfe** (nur bei großem Verkehrsumfang als selbständige Anlagen) mit zahlreichen Freiladegleisen und -straßen, Laderampen zum Be- und Entladen von Güterwagen und Güterschuppen für den Stückgutverkehr. Großen Personenbahnhöfen sind **Abstellbahnhöfe** angeschlossen zum Abstellen, Versorgen, Untersuchen und Bilden der Reisezüge. Auf **Rangierbahnhöfen** (früher **Verschiebebahnhöfe** genannt) werden die aus verschiedenen Verkehrsgebieten ankommenden Güterzüge zerlegt und — nach den Bahnhöfen der Zielstrecken geordnet — gebildet. Rangierbahnhöfe haben einen oder mehrere Ablaufberge und eine große Anzahl von Richtungs- sowie Einfahr- und Ausfahrgleisen. Nach den Neigungsverhältnissen unterscheidet man bei Rangierbahnhöfen **Flachbahnhöfe** sowie **Gefällebahnhöfe,** die durchgehend im Gefälle zwischen 3 und 20 % liegen. Auf

Gefällebahnhöfen laufen die Wagen von selbst infolge der Schwerkraft in die Richtungsgleise. Dem Lokomotivdienst dienen **Lokomotivbahnhöfe** oder **Lokomotivbetriebswerke** mit Anlagen und in **Knotenbahnhöfe**, auf denen mehrere Linien zusammenlaufen oder sich kreuzen. Anschluß-, Kreuzungs- und Berührungsbahnhöfe gehören zu den **Übergangsbahnhöfen**.



1 Anlagen bei *a* Personenbahnhof, *b* Rangierbahnhof, *c* Lokomotivbahnhof

zum Abstellen, Reinigen und Bekohlen der Lokomotiven, mit Lokomotivschuppen, Drehscheiben oder Schiebebühnen, Wasserhochbehältern, Kohlenlagern, Entschlackungsgruben, Reparaturwerkstätten und Schuppen zur Unterbringung der Hilfszüge mit Geräte- und Arztwagen. **Industriebahnhöfe** und **Hafenbahnhöfe** sind Anschlußbahnanlagen in Industriewerken und Häfen, die etwa 80 % des gesamten Güterverkehrs umschlagen; sie bestehen aus Rangieranlagen und Ladegleisen.



2 Einteilung der Bahnhöfe nach der Lage zum Netz bzw. nach der Grundrißform: *a* Endbahnhof in Durchgangsform, *b* einfacher Zwischenbahnhof, *c* Anschluß- oder Trennungsbahnhof, *d* Berührungsbahnhof, *e* Turm- oder Brückenbahnhof, *f* einfacher Kreuzungsbahnhof, *g* mehrfacher Kreuzungsbahnhof (Knotenpunkt), *h* Endbahnhof in Kopfform

Nach ihrer Lage im Eisenbahnnetz unterscheidet man **Endbahnhöfe** als Ausgangs- und Endpunkte von Strecken und **Zwischenbahnhöfe**; diese werden ihrerseits eingeteilt in einfache Zwischenbahnhöfe (Bahnhöfe ohne Abzweigung), **Anschluß-** oder **Trennungsbahnhöfe**, auf denen eine Bahnlinie an eine durchlaufende Linie anschließt oder von ihr abzweigt, ferner in **Kreuzungsbahnhöfe**, in denen sich zwei selbständige Linien überschneiden, **Berührungsbahnhöfe**, in denen sich zwei selbständige Linien berühren,

Nach der Grundrißform werden unterschieden: **Kopfbahnhöfe**, bei denen die Hauptgleise stumpf enden und durchlaufende Züge wenden müssen, und **Durchgangsbahnhöfe**, bei denen die Hauptgleise durchlaufen (häufigste Bahnhofsform). Durchgangsbahnhöfe können ausgeführt sein als **Inselbahnhöfe**, bei denen das Empfangsgebäude von den Hauptgleisen inselartig eingeschlossen wird; als **Keilbahnhöfe**, bei denen das Empfangsgebäude im Winkel zwischen der durchgehenden und einer abzweigenden Strecke liegt; als **Turmbahnhöfe (Brückenbahnhöfe)**, in denen sich zwei Strecken schienenfrei mittels Brücken kreuzen. Beim einfachen Durchgangsbahnhof liegt das Empfangsgebäude im allgemeinen seitlich.

Zu den Bahnhofsanlagen gehören Haupt- und Nebengleise, Weichenverbindungen und Stellwerke sowie die Verkehrseinrichtungen: Empfangsgebäude, Gepäckabfertigung, Bahnsteige, Expreßgut- und Postanlagen für den Reiseverkehr, Güterabfertigung, Güterschuppen, Rampen, Krane usw. für den Güterverkehr.

Lit. Grau: **Bahnhofsgestaltung**, 2 Bde (Berlin, Bd 1 1967, Bd 2 1968).

Bahnkörper, → Eisenbahnbau.

Bahnkraftwerk, ein bahneigenes Dampf- oder Wasserkraftwerk zur Erzeugung der für die → elektrische Zugförderung benötigten Elektroenergie. B.e werden heute nicht mehr gebaut, weil die Energie aus → Gemeinschaftskraftwerken oder aus den öffentlichen Landesnetzen bezogen wird.

Bahnmetall, genormtes Lagermetall der Deutschen Reichsbahn (TGL 8110), eine Legierung mit 98,0 % Blei und kleinen, härtesteigernden Zusätzen von Kalzium, Natrium, Lithium, Silizium und Aluminium. Es wird hauptsächlich als Lagermetall für umlaufende Wellen und Achsen verwendet.

Bahnstromsystem, in der elektrischen Zugförderung Bezeichnung für die verwendete Strom-

art hinsichtlich Spannung und Frequenz. Die wichtigsten B.e sind 1) das **Gleichstromsystem** mit 600 V für Straßenbahnen und O-Busse, 750 V für Metros und S-Bahnen, 1200 V und 2400 V für Gruben- und Abraumbahnen, 1500 V und 3000 V für Vollbahnen und Stadtschnellbahnen; 2) das **Einphasenwechselstromsystem** $16^2/_3$ Hz mit 15000 V und das Einphasenwechselstromsystem 50 Hz und 25000 V, beide für Vollbahnen und angeschlossene Stadt- und Vorortbahnen. Das **Drehstromsystem** wird in der elektrischen Zugförderung nur noch vereinzelt verwendet.

Bahnstromversorgung, ein Energieversorgungssystem zur Erzeugung und Verteilung der für die → elektrische Zugförderung benötigten Elektroenergie. Die Art der Erzeugung ist bei den verschiedenen → Bahnstromsystemen unterschiedlich. 1) Bei **Gleichstromzugförderung** wird die Energie heute ausschließlich den 50-Hz-Landesnetzen entnommen, in Gleichrichterwerken (→ Unterwerk) entlang der Strecke gleichgerichtet und in die Fahrleitung eingespeist. 2) **Wechselstromzugförderung.** a) Bei Wechselstromzugförderung mit $16^2/_3$ Hz wird die Energie entweder durch Primärerzeugung mit besonderen $16^2/_3$-Hz-Generatoren in → Bahnkraftwerken oder → Gemeinschaftskraftwerken erzeugt oder aus dem öffentlichen 50-Hz-Netz entnommen und in → Umformerwerken auf eine Frequenz von $16^2/_3$ Hz umgeformt. Die so gewonnene Energie wird über ein besonderes $16^2/_3$-Hz-Hochspannungsnetz zu den Unterwerken geleitet und in die Fahrleitung eingespeist. b) Bei Wechselstromzugförderung mit 50 Hz kann die Energie den 50-Hz-Drehstromnetzen direkt entnommen werden. Zur gleichmäßigen Verteilung der einphasigen Bahnbelastung auf die Phasen des Drehstromnetzes werden die 50-Hz-Unterwerke mit besonderen Umspannern ausgerüstet.

Bainit, svw. → Zwischenstufe.

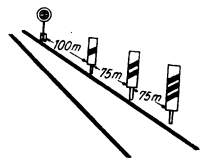
Bajonettverschluß, eine leicht lösbare Verbindung, bei der Stifte oder Klauen durch eine Drehbewegung in Schlitze eingeriegelt werden, z. B. bei Stangen, Hülsen, Rohren, Behälterverschlüssen, Glühlampen, Kamera-Objektiven. (Abb.)

Bake, 1) ein festes Seezeichen, ein an Land oder in flachem Wasser errichtetes Holz- oder Stahlgerüst (Abb. → Seezeichen). B.n sind z. T. mit Toppzeichen und Lichterscheinungen zur Markierung des Fahrwassers **(Richtbaken)** oder von Untiefen versehen.

2) ein Signalgeber, der in der Luft- und Schiffahrt als Navigationshilfsmittel dient. Die Signale werden akustisch (gilt nur für Schiffahrt), optisch oder funktechnisch gegeben, sie ermöglichen eine Orientierung oder die exakte Bestimmung der Richtung. Bei der Abstrahlung der Signale ist zu unterscheiden zwischen gleichbleibender, periodischer und ungerichteter Strahlung, ferner zwischen Strahlung nach einer Richtung und nach mehreren bestimmten Richtungen. Die Signale können in den einzelnen Fällen unmoduliert oder moduliert sein (z. B. veränderliche Tonhöhe, Blinklicht im Rhythmus von Morsezeichen, Tonmodulation hochfrequenter Wellen). Im Strahlungsmodus ist meist ein Kennungssignal enthalten, das zur Identifizierung der betreffenden B. dient.

In der Schiffahrt verwendet man außer den festgegründeten B.n auch am Meeresgrund verankerte Tonnen mit bakenförmigem Aufbau **(Bakentonnen).** Sie können als **Heultonnen** oder **Glockentonnen** mit akustischen Signalgebern (Pfeifen oder Glocken) ausgerüstet sein, die durch den Seegang in Funktion gesetzt werden. B.n und Bakentonnen können mit Lichtträgern **(Leuchtbaken** und **Leuchttonnen)** versehen sein, die durch verschiedene Lichterscheinungen (Gruppen von Blitzen oder Blinken) die Identifizierung ermöglichen; sie können außerdem Toppzeichen und/oder Radarreflektoren tragen. In der Luftfahrt werden optische B.n während der Dunkelheit zur Befeuerung von Flughäfen verwendet, insbesondere als Erkennungsfeuer, d. s. Drehfeuer hoher Intensität, die z. T. mit zweifarbiger Kennung arbeiten. In Luft- und Schiffahrt werden ferner funktechnische Anlagen **(Funkbaken,** → Funkfeuer) eingesetzt, die für → Funkortung und → Funknavigation erforderlich sind.

3) Eisenbahn: eine rechteckige Tafel mit 3, 2 oder 1 schrägen schwarzen Streifen auf weißem Grund. B.n stehen rechts neben dem Gleis in Abständen von 250, 175 und 100 m vor dem Vorsignal **(Vorsignalbaken)** und künden dieses dem Lokführer an.



Vorsignalbaken

4) Straßenverkehr: eine Holztafel mit 3, 2 oder 1 schrägen roten Streifen auf weißem Grund oder (auf Autobahnen) weißen Streifen auf blauem Grund. Die B.n stehen im Abstand von 240, 160 und 80 m vor Bahnübergängen, auf Autobahnen mit Angabe der Meterzahl 600, 400 und 200 m vor den Ankündigungsschildern für Anschlußstellen.

5) Geodäsie: svw. → Fluchtstab.

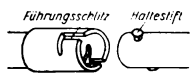
Bakelite, → Plaste, Übers.

BAL, → Lewisit.

Balata *f,* ein der Guttapercha ähnliches, zähes, hartes, wenig elastisches Produkt, das vor allem aus dem Baum Mimusops balata gewonnen wird. B. ist zur Herstellung wasserdampfbeständiger Treibriemen und Transportbänder geeignet.

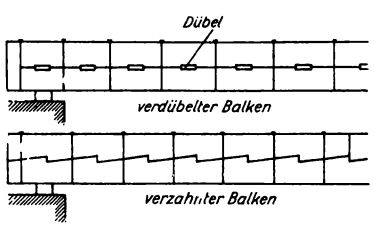
Baldriansäure, eine → Valeriansäure.

Balken, Bauholz (Schnittholz) von rechteckigem Querschnitt (→ Kantholz). Der Querschnitt der B. ist statisch am günstigsten, wenn sich die Breite zur Höhe wie $1 : \sqrt{2}$ oder 5 : 7 verhält. B. werden als Vollholzbalken oder in Dübel-, Nagel- oder Leimbauweise, als lamellierte B., Verbundkasten- oder Doppel-T-Balken hergestellt und zu Deckenbalken, Rahmen, Unterzügen, Tragwerk von Brücken und Fachwerk verwendet. Sie werden meist waagerecht verlegt, nehmen in diesem Falle senkrecht wirkende Lasten auf, werden dabei überwiegend auf Biegung beansprucht und übertragen die Last auf ihre Auflager. Die **Balkenlage,** die Gesamtheit der Konstruktionshölzer einer Holzbalkendecke, setzt sich aus **Ort-** oder **Giebelbalken, Streich-, Wand-** und **Stichbalken** zusammen. Das auf dem Auflager ruhende Ende eines B.s ist der **Balkenkopf,** er muß mit Holzschutzanstrich versehen sein.



Bajonettverschluß

Im weiteren Sinne bezeichnet man als B. alle Bauelemente mit vollem oder T-förmigem, auch



durchbrochenem Querschnitt, die überwiegend auf Biegung beansprucht werden **(Stahlbetonbalken).** Im Sinne der Statik ist B. svw. ein gerader → Träger, bei dem durch Belastung nur vertikale Stützenreaktionen entstehen.

Ballas, eine Varietät des → Diamanten.

Ballempfang, der Empfang von hochfrequenten drahtlosen Sendungen durch einen **Ballempfänger.** Dieser ist ein Spezialempfangsgerät für Rundfunkstationen zum Empfang von Sendeprogrammen anderer Stationen für die Weitergabe über den eigenen Sender.

Ballingskale, Balling-Brix-Skale, nach dem böhmischen Chemiker K. J. N. Balling benannte, in der Sacharimetrie verwendete empirische Aräometerskale, die den Rohrzuckergehalt von Lösungen direkt in Masseprozenten angibt. 1 Ballinggrad (Kurzz. °B) = 1 kg/hl = 1 %.

Ballistik, die Lehre von der Bewegung der Geschosse. Die **innere B.** befaßt sich mit den Vorgängen in der Feuerwaffe, ermittelt den Gasdruck und die Geschwindigkeit des Geschosses bis zur Rohrmündung. Maßgebend hierfür sind Kaliber, Größe des Verbrennungsraums, Rohrlänge, Geschoßmasse, Masse der Treibladung sowie die Form und die Ausmaße der einzelnen Treibladungskörper. Die Verbrennungsgeschwindigkeit ist abhängig vom Gasdruck. Um dem Geschoß eine stabile Fluglage zu sichern, besonders um Überschlagen zu vermeiden, sind in das Rohr spiralförmige Züge eingeschnitten, die dem Geschoß einen Drehimpuls, den → Drall, verleihen. Das Ziel der **äußeren B.** ist die Berechnung der → Flugbahn bei gegebener Anfangsgeschwindigkeit v_0 und gegebenem Abgangswinkel. Während des Fluges wirken auf das Geschoß außer der Schwerkraft Luftkräfte ein, die stark von der Geschwindigkeit abhängen; der in Richtung der Bahntangente wirkende Luftwiderstand verursacht ein Zusammendrücken der ohne Luftwiderstand parabelförmigen Flugbahn zur ballistischen Kurve, deren absteigender Ast steiler als der aufsteigende ist. Größte Flugweite im luftleeren Raum erhält man bei einem Abgangswinkel von 45°. Im lufterfüllten Raum ist der Winkel größter Schußweite im allgemeinen kleiner als 45°, bei großen Kalibern und großer Anfangsgeschwindigkeit (über 1000 m/s) aber größer als 45° (bis etwa 56°). Innerhalb des Bereichs größter Flugweite kann man mit derselben Anfangsgeschwindigkeit jede Entfernung mit zwei verschiedenen Abgangswinkeln erreichen, nämlich mit Flach- und Steilschuß. Im luftleeren Raum würde die Rotationsachse des mit einem Drall versehenen Geschosses ihre Richtung im Raum beibehalten, d. h., das Geschoß würde mit seinem unteren Teil aufschlagen. Durch den Luftwiderstand ist diese Kreiselbewegung jedoch nicht kräftefrei; es findet eine Präzessionsbewegung statt. Durch geeignete Wahl der Drehgeschwindigkeit läßt es sich auf Grund der Präzessionsbewegung einrichten, daß während des Fluges die Richtung der Geschoßlängsachse nur wenig von der Richtung der Bahntangente abweicht, so daß das Geschoß mit der Spitze auftrifft. Der Drall bewirkt zusammen mit den Luftkräften noch eine seitliche Abweichung der Flugbahn, da die Geschoßlängsachse während des Fluges einseitig von der Schußebene abweicht. Die gebräuchlichen Anfangsgeschwindigkeiten betragen zwischen 100 m/s und 1600 m/s. Die mit Feuerwaffen erreichbaren Höchstgeschwindigkeiten sind begrenzt. Bei Überschallgeschwindigkeit ist die spitze Geschoßform günstiger als die Stromlinienform. Es bildet sich eine kegelförmige → Kopfwelle aus, deren Öffnungswinkel vom Verhältnis der Schallgeschwindigkeit zur Geschoßgeschwindigkeit abhängt. Bei der Berechnung großer Schußweiten, wie sie bei ballistischen Fernraketen (→ Rakete) auftreten, müssen die Änderung der Richtung der Schwerkraft sowie ihre Änderung mit der Höhe und die Krümmung der Erdoberfläche berücksichtigt werden. Bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes ergibt sich dann als Flugbahn eine Ellipse, deren einer Brennpunkt im Erdmittelpunkt liegt.

Lit. Popoff: Die Hauptprobleme der äußeren B. im Lichte der modernen Mathematik (2. Aufl. Leipzig 1954); W. Wolff: Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Problem der Geschoßstreuung (Berlin 1960), Innere B. (Berlin 1961), Raketen und Raketenballistik (3. Aufl. Berlin 1967).

Balloelektrizität, → Lenard-Effekt 1).

Ballon, in der Luftfahrt eine geschlossene, gasdichte Stoffhülle, die sich durch Füllen mit einem Gas, das leichter ist als Luft, aufblasen läßt. Der Auftrieb ist gleich dem Gewicht der durch den prallen Körper verdrängten Luftmenge. Zieht man hiervon das Gewicht des eingeschlossenen Füllgases ab, so erhält man dessen Hubkraft. Der Hubkraft steht das Festgewicht (Hülle, Netz, Korb, Besatzung, Zuladung) gegenüber. Ist erstere größer, so steigt der B.; ist letzteres größer, so fällt er; bei Kräfteausgleich schwebt er. Die Hülle wird für B.s, die als Luftfahrzeug verwendet werden sollen, aus gummiertem Ballonstoff (aus Baumwoll-, Seiden- oder Chemiefasern) hergestellt, für kleinere aus Gummi oder einem anderen Elast. Als Füllgas werden verwendet Wasserstoff (guter Auftrieb), Helium (unbrennbar), Stadtgas, früher auch heiße Luft („Montgolfière").

1) Der **Freiballon** ist für die Bewegung in der Senkrechten eingerichtet. Beim bemannten Freiballon wird zum Steigen Sandballast aus Säcken abgeworfen, zum Fallen wird Gas aus einem Ventil abgelassen. Meist läßt sich aber durch Aufsuchen von Luftschichten mit geeigneter Windrichtung auch eine Horizontalfahrt durchführen, besonders an einer → Inversion. Um beim Steigen in dünnere Luftschichten oder beim Erwärmen durch Sonnenbestrahlung keinen Überdruck entstehen zu lassen, wird der Füllansatz unten an der Hülle durch einen Ring (Poeschelring) offen gehalten. Am oberen Pol der Hülle befindet sich das Gasventil, das durch Ziehen an einer Leine geöffnet werden kann. Um eine rasche Entleerung zu ermöglichen, ist in der Hülle ein langer Schlitz angebracht, der mit einem Stück Ballonstoff, der Reißbahn, zugeklebt ist. Diese Reißbahn wird bei der Landung mit Hilfe der Reißleine losgerissen. Die Last, die der B. tragen soll, wird durch ein Ballonnetz auf die Hülle verteilt. Am Korbring hängt der Korb oder, wie bei Stratosphärenballonen, eine geschlossene Gondel.

2) Der **Fesselballon** wird an einem Drahtseil mit Hilfe einer Motorwinde aufgelassen und gehalten. Seine Hülle hat meist Tropfen- oder andere Stromlinienform und enthält einen oder mehrere Luftsäcke, die an einer Stelle offen sind und vom Wind stets prall gehalten werden. Am Heck sind Stabilisierwülste aufgesetzt, die den B. mit dem Bug in den Wind drehen. Der Fesselballon erhält seinen Auftrieb im Gegensatz zum Freiballon außer vom Füllgas auch vom Wind. Die Steighöhe (bis zu 2000 m) hängt von der Ballongröße (etwa 600 bis 1000 m^3 Gasinhalt) und Windstärke ab.

Verwendung. Bemannte Freiballons wurden bis in die Neuzeit zu sportlichen Überland- und Zielflügen sowie zu Höhenforschungsflügen verwendet (Rekord im bemannten Ballonflug etwa 34 km). Unbemannte Freiballons dienen der aerologischen Forschung (→ Aerologie, → Höhenforschung). Für meteorologische Zwecke werden Pilot-, Registrier- und Sondenballons eingesetzt. Die Pilotballons werden mit Wasserstoff bis zum vorberechneten Auftrieb gefüllt und völlig verschlossen. Sie nehmen eine nahezu konstante Steiggeschwindigkeit (50 bis 500 m/min) an und werden optisch mit Theodoliten verfolgt. Aus den beobachteten Bahndaten werden Windrichtung und -stärke in den entsprechenden Höhenschichten berechnet. Mit Radiotheodoliten oder Radargeräten vermessene Ballonbahnen erbringen Höhenwindangaben auch aus Wolken- und Schlechtwetterbereichen. Größere B.s, die **Registrier-** oder **Sondenballons,** tragen außerdem Geräte für meteorologische Messungen (Meteorographen) sowie geophysikalische und astrophysikalische Messungen (z. B. Sonnenkameras),

deren Ergebnisse z. T. unmittelbar zu Bodenstellen gefunkt werden (→ Radiosonde).

Pilot-, Registrier- und Sondenballons besitzen im Gegensatz zu Luftfahrtballons ihre Platzhöhen, die meist zwischen 20 und 30 km liegen und von Ballonmaterial, Temperatur sowie besonders von Ozongehalt und UV-Strahlung in der durchfahrenen Schicht abhängen. Um höhere und längerwährende Aufstiege zu erreichen, wurden in den USA Riesenballons aus nichtelastischem, plastischem Material gestartet. Diese bringen z. B. relativ kleine Wetterraketen oder andere Meßraketen bis in eine Höhe von etwa 20 km, von wo die Raketen leicht bis in 100 km Höhe geschossen werden können, während dieselben vom Boden aus mit dem gleichen Schub nur bis 30 km Höhe gelangen würden. Dieses Verfahren wird als *Rockoon-Verfahren* bezeichnet (von englisch rocket ‚Rakete' und balloon ‚Ballon'). Gleiche B.s werden, mit automatischen Ventilen und Ballastabwurfvorrichtungen ausgerüstet, über eine Woche lang in einer vorbestimmten Druckfläche gehalten und zur Ermittlung von Luftbahnen mit Flugzeugen oder Radargeräten z. T. mehrfach um die Erde verfolgt. Solche B.s können auch Radiosonden tragen (z. B. Transozeansonde = „Transosonde") oder abwerfen („Fallsonde"). Beim endgültigen Verlassen der vorgesehenen Druck-(Höhen-)stufe werden die Hauptgeräte mit Fallschirm abgeworfen, und der B. wird zum Platzen gebracht.

Bis etwa 2 km Höhe werden für Feinstrukturmessungen, besonders für solche meteorologischer Art, auch noch Fesselballons verwendet, an deren Halteseilen Radiosonden oder Spezialsonden in bestimmten Höhenstufen angebracht sind. Früher wurden Fesselballons als Sperr- und Beobachtungsballons für militärische Zwecke eingesetzt.

Balmerformel, → Wasserstoffspektrum.

Balsame, → Harze.

Band, 1) ein schmales Gewebe. Leichte Bänder werden auf **Bandwebmaschinen** mit zwangläufig durch Zahnrad angetriebenen Webschützen in hängender Weblade an vielen Arbeitsstellen nebeneinander in mehreren Etagen gleichzeitig hergestellt. Bei der schützenlosen Bandwebmaschine für große Produktion wird der Schußfaden mittels Eintragnadel von einer konischen Kreuzspule außerhalb der Webmaschine abgezogen und doppelt in das Webfach gelegt. **Gummiband,** ein elastisches B. mit eingewebten Gummikettfäden. **Gurt,** ein breites, festes B., früher meist aus Leinenfäden.

2) **Faserband,** veraltet **Lunte,** ein aus aneinander haftenden Fasern bestehendes, ungedrehtes oder schwach gedrehtes Vorerzeugnis für das Spinnen. Es wird auf dem Konverter durch Zerschneiden und/oder Zerreißen von Elementarfadenkabeln **(Konverterband)** oder auf der → Krempel **(Krempelband)** gebildet und durchläuft die Kämmaschine **(Kämmaschinenband)** und die → Strecke **(Streckenband, Kammzug).**

3) Funktechnik: begrenzter Teil des in der Funktechnik angewandten Spektrums der elektromagnetischen Wellen. Auf der Funkverwaltungskonferenz in Genf 1959 erfolgte die z. Z. gültige Festlegung der **Frequenzbänder** für sämtliche Funkdienste, z. B. Rundfunkdienste, feste Funkdienste, bewegliche Funkdienste, Seefunkdienste, Amateurfunkdienste u. a. Die Bezeichnungen der Frequenzbänder in der Funktechnik sind Längst-, Lang-, Mittel-, Kurz-, Ultrakurz-, Dezimeter-, Zentimeter- und Millimeterwelle (→ Frequenz).

Weiterhin ist der Begriff B. üblich für die Bezeichnung von **Rundfunkbändern** (Tabelle siehe untenstehend).

4) **Tonband,** → Magnettonträger.

5) Bauwesen: ein Beschlag zur Befestigung und Beweglichmachung von Türen und Fenstern. Es besteht aus Stahl, Messing, Leichtmetall oder Plast.

Bandbreite, in der Funktechnik allgemein das von einem Sender oder Empfänger übertragene Frequenzband. Die B. wird im allgemeinen als Abstand der Frequenzen angegeben, bei denen die übertragene Leistung auf die Hälfte, die übertragene Spannung auf das 0,71fache absinkt. Unter **belegter B.,** z. B. eines Senders, versteht man das Frequenzband, in dem 99 % der insgesamt ausgestrahlten Leistung enthalten sind. Unter **notwendiger B.** versteht man hingegen die minimale B., die erforderlich ist, um eine bestimmte Information mit einer gewünschten Qualität übertragen zu können. Die internationale Tendenz geht dahin, die B. einer Aussendung so klein als möglich zu halten, damit in den vorgegebenen Frequenzbändern mehr Informationen übertragen werden können. In hochwertigen Empfängern ist vielfach eine **Bandbreitenregelung** enthalten, die es gestattet, von Fall zu Fall den günstigsten Kompromiß zwischen Selektion und Übertragungsbandbreite einzustellen.

Bändermodell, eine Darstellung, die eine quantitative mathematische Behandlung der Leitungsvorgänge, z. B. der thermischen und elektrischen Leitfähigkeit, ermöglicht. Die Unterscheidung der Elektronen im Hinblick auf ihr Aktionsvermögen wird durch die Zuordnung bestimmter Energiewerte, die sich zu Bändern ordnen lassen, erreicht. Jedem Elektron ist ein bestimmter Energiewert zuzuschreiben. Eine Reihe ganz bestimmter diskreter Energiezustände **(Energieterme),** die von den Elektronen besetzt werden können, gehört zu jedem Atomkern (Abb. 1.) Nähert sich diesem freien Atom ein zweites, dann tritt zwischen den beiden Atomen eine Kopplung auf. Durch die Wechselwirkung der Potentiale spaltet sich jeder der diskreten Energiezustände des freien Einzelatoms auf in zwei neue Energiezustände, die jeweils sehr dicht beeinander liegen (Abb. 2). Wenn in einem Gitter eine Vielzahl von Atomen dicht nebeneinander gelagert ist, entsteht dementsprechend infolge der Wechselwirkung untereinander ebenfalls eine Vielzahl dicht beieinanderliegender Energieterme. Liegen Atome gleichen Charakters vor, entstehen für die Elektronen der einzelnen Schalen **Energiebänder,** die mit den Energiewerten der im Kristall befindlichen Elektronen so dicht besetzt sind, daß man praktisch eine annähernd kontinuierliche Energieverteilung in diesen Bändern erhält.

Befinden sich die Elektronen in ihrem niedrigsten Energiezustand, so haben sie eine Anzahl

UKW- und Dezimeter-Rundfunkbänder

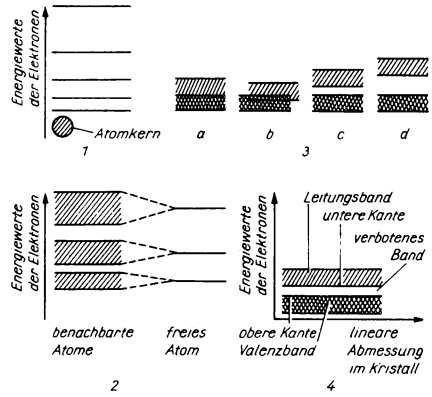
Band I [MHz]	Band II [MHz]	Band III [MHz]	Band IV/V [MHz]
41···68	87,5···100	174···230	47···790

Kurzwellen-Rundfunkbänder

Band [m]	11	13	16	19	25	31	41	49
Wellenlänge [m]	11,5···11,7	13,79···13,91	16,81···16,90	19,54···19,87	25,21···25,64	30,93···31,58	41,10···41,67	48,39···50,00
Frequenz [MHz]	25,6···26,1	21,45···21,75	17,75···17,85	15,10···15,35	11,70···11,90	9,50··· 9,70	7.20··· 7.30	6,00··· 6,20

Bänderton

der tiefer liegenden Energiebänder besetzt, während die Energiebänder höherer Energie frei bleiben. Die Leitfähigkeit eines Kristalls ist also davon abhängig, wie diese Bänder mit Elektronen besetzt sind. Nur wenn freie Energieterme vorhanden sind, ist innerhalb dieses Bandes eine Bewegung von Ladungsträgern möglich. Hiermit ergibt sich das B. für die Metalle, Halbleiter und Isolatoren (Abb. 3). Beim Metall muß das obere Band noch freie Energieterme haben, um



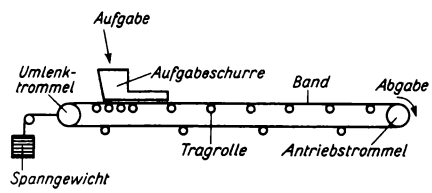
Bändermodell: *1* Energieterme eines freien Atoms; *2* Spaltung der Energieterme; *3* Anordnung der Energiebänder: *a* und *b* bei Metallen, *c* bei Halbleitern, *d* bei Isolatoren; *4* Energiebänder beim Halbleiter

die Bewegung von Ladungsträgern zu ermöglichen. Die beiden oberen Energiebänder überlappen sich, und da aus dem unteren voll besetzten Band mit Leichtigkeit Elektronen in das darüberliegende Leitungsband hineinwandern können, ergibt sich die Leitfähigkeit des Metalls. Beim Halbleiter und Isolator sind die einzelnen Energiebänder durch verbotene Zonen voneinander getrennt. Diese Zone ist beim Halbleiter so schmal, daß durch thermische Erregung die Ladungsträger diesen Energiebereich überwinden und in das Leitungsband abwandern können. Für die Leitungsvorgänge im Halbleiter interessiert im wesentlichen nur die Breite des zwischen Valenz- und Leitungsband liegenden Energiebereichs. Dieser Energiebereich ist durch die obere Kante des Valenzbandes und die untere Kante des Leitungsbandes begrenzt (Abb. 4). Im Bereich des Valenzbandes liegen die Energien, die die Valenzelektronen des Halbleiters in ihrem Gitterverband aufweisen. Das Leitungsband umfaßt die Energien derjenigen Elektronen, die innerhalb des Halbleiters freie Beweglichkeit haben.

Bänderton, feingeschichteter Ton mit wechselnder Färbung. Er bildete sich durch die jahreszeitlichen Schwankungen der Schichtenablagerungen in Schmelzwasserseen der sich nach Norden zurückziehenden Zungen des großen Inlandeises der letzten Eiszeit Mitteleuropas. Die jährlichen Ablagerungen bestehen aus einer hellen, sandreichen Tonlage, der Sommerschicht, die in eine dunkler gefärbte reine Tonlage, schließlich in eine tiefschwarze Lage mit organischen Beimengungen, die Winterschicht, übergeht. Jede dieser Abfolgen, die in den Küstengebieten der heutigen Ostsee zahlreich vorkommen, wird als **Warve** bezeichnet. An den mächtigen B.en Südschwedens hat der schwedische Geologe de Geer durch Auszählung der Warven eine absolute Zeitrechnung für die Späteiszeit aufgestellt (**Bänderton-Chronologie**).

Bandfilter, ein elektrisches Filter, das aus zwei oder mehr miteinander gekoppelten Schwingkreisen besteht. Meistens werden zweikreisige B. verwendet. Die B. werden beispielsweise in Empfängern als Koppelglied zwischen den Verstärkerstufen benutzt. Die Kopplung der beiden Schwingkreise kann induktiv, kapazitiv oder galvanisch erfolgen. Mit B.n erreicht man bessere Selektionseigenschaften als mit einzelnen Schwingkreisen. Eine Änderung der Bandbreite eines B.s kann durch Veränderung der Kopplung oder der Dämpfung erfolgen. Für besondere Anforderungen werden B. mit Quarzkristallen **(Quarzfilter),** mit mechanischen Resonatoren **(mechanische Filter)** oder piezoelektrischen Resonatoren **(Keramikfilter)** eingesetzt.

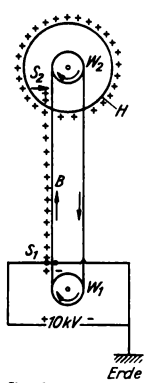
Bandförderer, ein Fördermittel zum stetigen Transport von Stück- oder Schüttgütern. Es besteht aus einem endlosen Band aus Drahtgeflecht oder Drahtgewebe (Drahtgurtförderer), Stahlblech (Stahlbandförderer), Textil- oder Gummigurt (Gurtbandförderer), das sich auf Rollen, seltener schleifend abstützt. An der einen Seite wird das Band über eine Trommel (Antriebstrommel) durch Reibschluß angetrieben und auf der anderen Seite an einer zweiten Trommel (Umlenktrommel, u. U. gleichzeitig auch Spanntrommel) umgelenkt und gespannt, oder es ist eine besondere Spanntrommel vorhanden. Der **Drahtgurtförderer** wird eingesetzt, um während des Fördervorgangs technologische Vorgänge, wie Sieben, Kühlen u. a., gleichzeitig mit durchzuführen. Der **Stahlbandförderer** wird besonders für heiße oder stark schleißende Fördergüter verwendet, für die andere Fördermittel ungeeignet sind, ferner wird er mit veredelter Oberfläche in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Der → **Gurtbandförderer** ist der am weitesten verbreitete



Bandförderer (Längsschnitt)

B. Der Antrieb von B.n erfolgt meist durch einen Elektromotor, bei Gurtbandförderern in Sonderfällen durch einen Verbrennungsmotor.

Bandgenerator, Van-de-Graaff-Generator, eine von dem amerikanischen Physiker van de Graaff 1931 erstmals gebaute Maschine zur Erzeugung von Hochspannungen bis zu einigen Megavolt bei Leistungen bis zu einigen Kilowatt. Die Wirkungsweise des B.s beruht auf dem Prinzip der Influenzmaschine. Auf ein endloses Band B (Abb.) aus Isolierstoff, das über zwei Walzen W_1 und W_2 läuft, werden unten elektrische Ladungen durch einen Sprühkamm S_1 aufgesprüht. Dabei wird zwischen Kamm und unterer Walze eine Gleichspannung der Größenordnung 10 kV (Kilovolt) gelegt. Das Band transportiert diese Ladung laufend in eine isoliert aufgestellte Metallhohlkugel H, den Konduktor, von wo sie über einen mit der Kugel verbundenen Sprühkamm S_2 zur Außenfläche der Hohlkugel abfließt. Die Hohlkugel erhält durch die Aufladung eine Spannung gegen Erde. Die erreichbare Spannung wird begrenzt durch die Durchschlagsfestigkeit zur Erde, die im wesentlichen vom Konduktorradius und vom Abstand der umgebenden Wände abhängt. Zur Erhöhung der Durchschlagsfestigkeit des umgebenden Mediums setzt man den B. in Druckkessel (Druck des Isoliergases, z. B. Stickstoff, bis etwa 20 at). Dadurch werden höhere Spannungen erreicht, oder der B. kann kleiner gebaut werden. Der B. wird als Spannungsquelle zur



Bandgenerator

Teilchenbeschleunigung in der Kernphysik verwendet.

Bandgerät, svw. Magnetbandgerät, → Magnettonverfahren.

Bandpaß, ein elektrisches Filter, → Filter 2).

Bandschleifen, ein Fertigungsverfahren zum Abspanen von Rauheitsspitzen, zum Glätten der Oberfläche oder Verbessern des Glanzes vorgearbeiteter Werkstücke. Das B. erfolgt mit einem vielschneidigen Werkzeug, bestehend aus einem Schleifband (meist aus Baumwollgewebe), auf das Korund- oder Schleifkörner aufgeleimt sind.

Bandsperre, ein elektrisches Filter, → Filter 2)

Bandtrieb, svw. → Riementrieb.

Bandwaage, → Feldwaage.

Bank, → optische Bank.

Bankett, 1) der unterste, verbreiterte Teil einer Mauer, → Fundament.

2) svw. → Berme.

3) veraltete Bezeichnung für Randstreifen, → Straße.

bar, Kurzz. für → Bar.

Bar, Kurzz. **bar,** früher **b,** gesetzliche Einheit des Druckes. 1 bar = 10^5 N m^{-2} (Newton/Quadratmeter) = 10^6 dyn cm^{-2} = 10^3 mbar (Millibar) = 750,06 Torr = 1,019716 at = 0,986923 atm. **Hektobar,** Kurzz. hbar, = 10^2 bar; **Zentibar,** Kurzz. cbar, = 10^{-2} bar; **Millibar,** Kurzz. mbar (früher mb), = 10^{-3} bar; **Mikrobar,** Kurzz. μbar, = 10^{-6} bar.

Bär, 1) Tiefbau: das Schlagwerkzeug bei Dampf-, Druckluft-, Diesel- und Vibrationsrammen **(Dampf-, Druckluft-, Diesel-, Vibrationsbär),** das in sich Schlag- und Antriebselemente vereint, oder ein einfacher herabfallender eiserner Klotz bei Freifallrammen **(Freifallbär),** bei Felsbrechern **(Schlagbär)** und bei Maschinen zur Betonzertrümmerung.

2) Fertigungstechnik: **Hammerbär,** ein in Führungen bewegtes Teil bei → Maschinenhämmern.

Barbitursäure, Malonylharnstoff, das wichtigste zyklische Ureid. Man gewinnt die bei 248 °C zersetzlichen Kristalle durch Kondensation von Malonsäurediäthylester mit Harnstoff. B. ist die Grundsubstanz der **Barbiturate,** einer wichtigen Gruppe von Schlafmitteln, z. B. von Lepinal (5-Phenyl-5-äthylbarbitursäure) und Kalypnon (5-Äthyl-5-krotylbarbitursäure).

barisches Windgesetz, die → Buys-Ballotsche Regel.

Barium, Symbol **Ba,** chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, der Erdalkaligruppe, ein Leichtmetall; Ordnungszahl 56, Massenzahlen der Isotope 130, 132, 134, 135, 136, 137, 138, Atomgewicht 137,34 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. 3,75 g cm^{-3}, F. 717 °C, Kp. 1696 °C. B. ist giftig (ebenso alle löslichen Bariumverbindungen), silberweiß, dehnbar, löslich in Säuren außer in Schwefelsäure. In der Natur kommt es nur in Verbindungen vor, vor allem in Baryt (Schwerspat) $BaSO_4$ und Witherit $BaCO_3$. Aus diesen Mineralen wird B. durch Überführen des Bariumsulfats oder -karbonats in Bariumoxid BaO und durch dessen Reduktion mit Aluminium oder Silizium bei 1200 °C im Vakuum gewonnen. B. ist Bestandteil einiger Blei- und Nickellegierungen und dient als Getter. Technisch wichtiger sind die Bariumverbindungen.

Bariumverbindungen. Bariumchlorid, $BaCl_2$, verwendet in der Technik für Bäder, bei der Stahlhärtung, zur Holzimprägnierung und als Zusatz zu Farbgläsern, in der chemischen Analyse zum qualitativen und quantitativen Nachweis von Sulfationen, da es mit diesen einen sehr schwer löslichen Niederschlag von Bariumsulfat bildet; **Bariumchromat,** $BaCrO_4$, verwendet in der Pyrotechnik und als *Barytgelb* oder *gelbes Ultramarin* für Anstrichfarben und zum Färben von Glas und Keramik; **Bariumhydroxid,** $Ba(OH)_2$, verwendet in der Glasfabrikation, zur Wasserenthärtung u. a., seine wäßrige Lösung, das **Barytwasser,** zum Nachweis von Kohlendioxid; **Bariumkarbonat,** $BaCO_3$, kommt in der Natur als Witherit vor, verwendet in der Glasfabrikation, als Füllstoff und Verdünner in der Farben-, Papier- und Gummiindustrie, als Bestandteil von Katalysatorträgern, zur Herstellung von Oxidkatoden in Elektronenröhren u. a.; **Bariumoxid (Ätzbaryt, Baryterde),** BaO, verwendet in der Glasfabrikation, zur Herstellung von Oxidkatoden für Elektronenröhren und als Trockenmittel; **Bariumsulfat,** $BaSO_4$, kommt in der Natur als Baryt vor, verwendet unter den Bezeichnungen *Permanentweiß, Barytweiß* und *Blanc fixe* als Pigment oder Verschnittmittel, ferner als Füllstoff für spezielle Papiere, Plaste und Gummi, als Bindemittel für Baustoffe, in der Medizin als Kontrastmittel bei Magen- und Darmuntersuchungen; **Bariumtitanat,** $BaTiO_3$, verwendet zur Herstellung von Ultraschallsendern und elektrischen Kondensatoren hoher Kapazität, z. B. zur Speicherung elektrischer Impulse in elektronischen Rechenautomaten.

Barkasse, 1) auf Kriegsschiffen das größte Beiboot. 2) ein robustes Motorboot für den Hafenverkehr.

Barkhausen-Effekt, die von dem deutschen Physiker H. Barkhausen angegebene Erscheinung, daß die Magnetisierung ferromagnetischer Stoffe mit Zunahme des erregenden Feldes sich sprunghaft ändert. Dies ist im Oszillographen und akustisch (durch Knacken oder Rauschen im Lautsprecher, *Barkhausen-Rauschen*) nachweisbar und beruht auf dem spontanen Umklappen der Weißschen Bezirke (→ Hysterese).

Barkhausen-Kurzschwingung, → Bremsfeldröhre.

Barkhausensche Röhrenformel, → Elektronenröhre.

Barn, Kurzz. **b,** noch nicht gesetzliche Einheit der Kernphysik für den Wirkungsquerschnitt des Atomkerns. 1 b = 10^{-28} m^2 = 10^{-24} cm^2. **Millibarn,** Kurzz. mb, = 10^{-31} m^2 = 10^{-27} cm^2.

Barnett-Effekt, ein → gyromagnetischer Effekt; → magnetomechanischer Parallelismus.

Barograph, → Barometer.

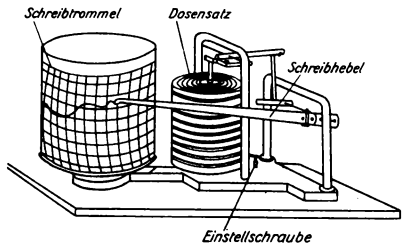
baroklin, ein Zustand der Atmosphäre, bei dem sich Flächen gleichen Luftdrucks mit Flächen gleicher Temperatur, gleicher Dichte usw. schneiden; das ist der Normalfall in der Atmosphäre. Gegensatz: → barotrop.

Barometer, ein Gerät zum Messen des → Luftdrucks. Das **Quecksilberbarometer (Gefäßbarometer)** wurde 1643 von Torricelli erfunden. Es besteht aus einer etwa 1 m langen, an einem Ende geschlossenen Glasröhre, die mit Quecksilber gefüllt ist. Verschließt man die Röhre, dreht sie um und taucht das Ende in ein Gefäß mit Quecksilber, so sinkt dieses, nachdem man die Öffnung wieder freigegeben hat, in der Röhre bis zu einer Höhe von etwa 760 mm (normaler Barometerstand) über dem Quecksilberspiegel im Gefäß. Oberhalb der Quecksilbersäule ist ein luftleerer Raum (Vakuum) entstanden. Die Quecksilbersäule in der Röhre wird von dem auf der Quecksilberoberfläche im Gefäß lastenden Luftdruck im Gleichgewicht gehalten und steigt und fällt in demselben Maße, wie sich der Luftdruck ändert. Beim **Heberbarometer** (Abb. 1) ist das Glasrohr unten umgebogen, wodurch das Gefäß ersetzt wird. Das heute in den meteorologischen Diensten verwendete **Stationsbarometer** ist ein Gefäßbarometer, dessen Ableseskale entsprechend dem Verhältnis des Durchmessers der Röhre zu dem des Gefäßes bereits so korrigiert

1 Heberbarometer

barometrische Höhenstufe

ist, daß zur Messung nur eine Ablesung am oberen Ende der Quecksilbersäule erforderlich ist. Das 1844 von Vidie erfundene **Aneroidbarometer** oder **Dosenbarometer** besteht aus einer oder mehreren luftleeren, federnden Metalldosen, die bei Luftdruckschwankungen ihre Form ändern und dadurch einen Zeiger bewegen. Auf dem gleichen Prinzip beruht der **Barograph** (Abb. 2), der den



2 Barograph

Luftdruck auf einer Schreibtrommel registriert. Über **Siedebarometer** → Hypsometer. Die → **barometrische Höhenstufe** ergibt sich aus der gesetzmäßigen Abnahme des Luftdrucks bei zunehmender Höhe.

barometrische Höhenstufe, der in Metern angegebene Höhenunterschied, dem ein Luftdruckunterschied von 1 Torr bzw. 1 mbar entspricht. Die b. H. beträgt bei 1000 mbar etwa 8 m/mbar bzw. 11 m/Torr, bei 500 mbar etwa 16 m/mbar bzw. 22 m/Torr, bei 250 mbar etwa 32 m/mbar bzw. 44 m/Torr usw.

Baro-Thermo-Hygrograph, svw. → Meteorograph.

barotrop, ein Zustand der Atmosphäre, bei dem die Flächen gleichen Luftdrucks den Flächen gleicher Temperatur, gleicher Dichte usw. parallel liegen; das ist ein seltener Ausnahmefall, der allen Berechnungen in „barotropen Modellen" der Atmosphäre zugrunde liegt. Gegensatz: → baroklin.

Barren, ein gegossener Block aus Nichteisenmetall. Er wird als Legierungszusatz bzw. zur Herstellung von Formgußstücken (→ Formguß) verwendet oder ist zum Verwalzen bestimmt.

Baryonen, schwere und überschwere Elementarteilchen, deren Ruhmasse nicht unterhalb der des Protons und nicht oberhalb der des Deuterons liegt. Sie haben den Spin $^1/_2$ (mit Ausnahme der Ω-Hyperonen, deren Spin $^3/_2$ beträgt) und weisen zu anderen Elementarteilchen eine starke Wechselwirkung auf. Die Klasse der B. unterteilt man in Nukleonen bzw. Antinukleonen und Hyperonen bzw. Antihyperonen. → Elementarteilchen (Tab.).

Barysphäre, → Erde, Abschn. 4.

Baryt, Schwerspat, das weitverbreitetste Bariummineral, $BaSO_4$; rhombisch, tafelige oder säulige Kristalle, auch schalige, derbe Massen, farblos oder verschiedenfarbig, Härte nach Mohs 3 bis 3,5, D. 4,5 g cm^{-3}. B. kommt meist in hydrothermalen Ganglagerstätten als Begleitmineral oder selbständig vor, ferner sedimentär-konkretionär in verschiedenen Sedimentlagen. Man verwendet B. in der Keramik-, Gummi-, Papier-, Farben-, Textil- und Bauindustrie, ferner zum Beschweren des Spülwassers bei Erdölbohrungen.

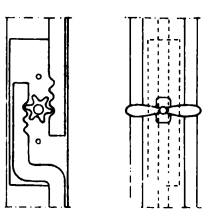
Baryterde, → Barium.

Barytgelb, → Barium.

Barytwasser, → Barium.

Barytweiß, → Barium.

Baryzentrische Regeln, svw. → Guldinsche Regeln.



a

Basküleverschluß: *a* offen, *b* überdeckt

Basa, Abk. für Bahnselbstanschlußanlage, d. i. die Dienstfernsprechanlage der Deutschen Reichsbahn mit Selbstwählbetrieb im Orts- und Fernverkehr (→ Eisenbahnfernmeldeanlagen).

Basalte, dunkle, basische, makroskopisch schlecht unterscheidbare Gesteine mit Pyroxen als wesentlichem Bestandteil; die häufigsten Ergußgesteine. Man unterscheidet **Feldspatbasalt** (B. im engeren Sinn mit Pyroxen, Plagioklas und z. T. Olivin) und **Alkalibasalt.** Zu letzterem gehören z. B. **Tephrit** (mit Pyroxen, Plagioklas, Nephelin), **Basanit** (mit Pyroxen u. a.) und **Nephelinbasalt** (mit Pyroxen, Nephelin, Olivin); auch Leuzit und Melilith treten als Gemengteile auf. Die B. haben porphyrisches Gefüge. Sie bilden Kuppen, Decken, Ströme und Gänge mit meist guter säuliger Absonderung senkrecht zur Abkühlungsfläche. In Mitteleuropa finden sich vorwiegend Alkalibasalte. Feldspatbasalte bilden z. T. riesige Ergüsse (Plateaubasalte) und treten auch als Ozeanite auf Inseln des Pazifiks auf. B. werden als Bausteine und als Schotter verwendet, soweit nicht → Sonnenbrenner auftreten, ferner als Schmelzbasalt.

Basaltwolle, svw. → Steinwolle.

Basanit, ein → Basalt.

Basen, im herkömmlichen Sinne (neuere Definitionen → Säure-Base-Theorie) Verbindungen, die mit Säuren infolge Neutralisation Salze bilden, und zwar bei anorganischen B. im allg. unter Abspaltung von Wasser und bei organischen B. durch direkte Vereinigung. Die anorganischen B. sind mit Ausnahme des Ammoniumhydroxids NH_4OH Metallhydroxide von der allgemeinen Formel $Me^a(OH)_a$. Je nach Anzahl der Hydroxidgruppen —OH unterscheidet man zwischen *einsäurigen B.*, z. B. Natriumhydroxid NaOH, *zweisäurigen B.*, z. B. Bariumhydroxid $Ba(OH)_2$, und *dreisäurigen B.*, z. B. Aluminiumhydroxid $Al(OH)_3$. Die Stärke einer Base (*Basizität*) ist abhängig von der Anzahl der in Lösung vorhandenen freien Hydroxidionen. Zu den organischen B. zählen primäre, sekundäre und tertiäre Amine, quartäre Ammoniumbasen und Alkaloide.

Basis, 1) Bauwesen: der untere Teil eines Bauglieds, vor allem der Fuß einer Säule.

2) Arithmetik: die Grundzahl einer → Potenz oder eines Logarithmensystems (→ Logarithmus).

3) Algebra: ein System von Elementen einer Menge mit der Eigenschaft, daß sich jedes beliebige Element der Menge mit Hilfe dieser Elemente, der **Basiselemente**, darstellen läßt, z. B. B. eines → Moduls, einer → Gruppe, eines → Ringes, eines → Körpers.

4) Geometrie: Grundlinie einer geometrischen Figur oder Grundfläche eines Körpers; z. B. die B. eines gleichschenkligen Dreiecks: die Seite zwischen den beiden gleichlangen Seiten. Die ihr anliegenden Winkel heißen **Basiswinkel**; sie sind einander gleich.

5) Geodäsie: eine sorgfältig nach geodätischen und geologischen Gesichtspunkten ausgewählte und genau gemessene Grundlinie von 2,5 bis 8 km Länge. Die B. dient zur Ableitung des Maßstabs einer → Triangulation. Sie wird mittels 24 m langer, temperaturunempfindlicher Invardrähte ausgemessen, wobei die mittlere relative Genauigkeit etwa 1 : 4,5 Millionen beträgt, d. h. 0,2 mm je km. Durch ein Basisvergrößerungs-Dreiecksnetz wird aus der Grundlinie die Länge der ersten Hauptdreieckseite, der Rechenbasis, abgeleitet.

Basislatte, → Distanzlatte.

Basizität, das Maß für die Basenstärke.

Basküle, Basküleverschluß, ein spezieller Fenster- und Türverschluß. Durch Betätigen eines Handgriffs wird die Bewegung auf ein Zahnrad oder eine ellipsenförmige Scheibe übertragen; dadurch werden zwei Stangen senkrecht in entgegengesetzter Richtung verschoben, bis sie

oben und unten in Feststeller (Kloben) eingreifen.

BAS-Signal, → Fernsehen.

Bastseide, unentbastete → Naturseide.

Batholith, ein → Pluton.

bathyal, → Meer.

Bathyscaph, ein → Tiefseetauchgerät.

Bathysonde, ein meereskundliches Meßgerät. Es ermittelt auf elektrischem Wege Temperatur, Salzgehalt und andere Größen im Meer in situ, d. h. direkt in der jeweiligen Tiefe. Zur Temperaturmessung dienen meist elektrische Widerstandsthermometer, zur Salzgehaltsbestimmung wird die elektrische Leitfähigkeit des Meerwassers gemessen. Die B. wird an Ein- oder Mehrleiterkabeln ins Meer versenkt, die Meßwerte werden durch Kabel an Bord übertragen und dort registriert. Drahtlos übertragende Geräte befinden sich in Entwicklung.

Bathysphäre, ein → Tiefseetauchgerät.

Batik, ein aus Indonesien stammendes Reservedruckverfahren (→ Zeugdruck) für naturseidene und baumwollene Gewebe. Als Reserve wird eine Harz-Wachs-Komposition warm aufgetragen. Dann wird das Gewebe in kaltem Wasser gebrochen, wodurch die Schutzschicht feine Risse und Sprünge bekommt. Das Gewebe wird kalt gefärbt und die Reserve ausgeschmolzen, wonach sich die Risse als feines Geäder abzeichnen.

In Europa wird fälschlich auch das Färben von Stoffen, deren Farben ineinander verlaufen, als B. bezeichnet.

Batterie, 1) allgemein die Zusammenstellung und Kopplung mehrerer gleichartiger Geräte, z. B. Sauerstoffflaschen.

2) Elektrotechnik: die Zusammenschaltung mehrerer Elemente zu einer Spannungsquelle. Meist wird Reihenschaltung angewandt. Die Spannung an den Klemmen der B. ist dann gleich der Summe der Spannungen der einzelnen Elemente. Man unterscheidet B.n aus galvanischen Elementen (z. B. Trockenbatterien, Leclanché-B.), Sonnenbatterien, Thermobatterien (→ Thermoelement), B.n aus Brennstoffzellen und Miniatur-Atombatterien (letztgenannte z. B. für elektrische Armbanduhren und Herzschrittmacher). Eine Zusammenschaltung mehrerer Kondensatoren wird gelegentlich als Kondensatorbatterie bezeichnet.

3) Kerntechnik: → Isotopenbatterie.

Batterieröhre, eine → Elektronenröhre.

Baud, Kurzz. **Bd**, auch noch **B**, nach dem französischen Erfinder Baudot benannte Einheit der Telegrafiergeschwindigkeit. Ein B. ist die Anzahl der kürzesten in dem System (Code) vorkommenden Telegrafierimpulse je Zeiteinheit (meist Sekunde).

Bauelemente, im Bauwesen Erzeugnisse, die bereits im Baustoffwerk oder in einer Fertigungsanlage an der Baustelle ihre Form erhalten haben, um zu einem Bauteil zusammengefügt werden zu können, z. B. Mauersteine, Hohlblocksteine, Hohldielen, Bauplatten, Wand- und Deckenteile.

Baugrube, eine durch Bodenaushub entstandene Grube, die dazu dient, die tragfähige Sohlenfläche für ein zu errichtendes Bauwerk freizulegen. Man unterscheidet offene B.n und B.n, in denen man nur in besonderen Kammern (Druckluftkammern oder Taucherglocken, → Gründung) arbeiten kann. Im Trockenen kann die B. mit Böschungen hergestellt werden; steht nicht genügend Platz zur Verfügung, muß ein senkrechter Abschluß vorgesehen werden. Das Erdreich wird durch → Spundwände, I-Träger mit hölzernen Bohlen, → Bohrpfahlwände, → Schlitzwände oder (bei kleinen B.n) durch waagerecht oder senkrecht verlegte Bohlen geschützt, die von Brusthölzern und Steifen gehalten werden. Im Grundwasser wird die B. bei geringem Wasserandrang durch lotrecht mit Überdeckung eingetriebene Bohlen (Stülpwände), sonst durch Spund-, Bohrpfahl- oder Schlitzwände eingeschlossen. Das Wasser wird in offener → Wasserhaltung durch Pumpen oder durch Grundwasserabsenkung entfernt. In Sonderfällen wird die B. im Grundwasser durch Vereisung (Gefrierverfahren, → Gründung) oder → Injektionen vor Wasserandrang geschützt. Im offenen Wasser wird die B. mit einer Spundwandumschließung hergestellt oder mit Fangedämmen abgeschlossen.

Lit. → Gründung.

Baugrund, der Untergrund, auf dem ein Bauwerk errichtet wird. Die Baugrundeigenschaften sind abhängig von der Art des Bodens und von der Mächtigkeit und Neigung der vorhandenen Bodenschichten, von der Lage des Grundwassers und von dem Gehalt an bestimmten chemischen Verbindungen. Sehr guter B.: Fels, Kies, Kiessand, Grobsand; guter B.: Mittelsand, harter, trockener, bindiger Boden (Lehm, Ton, Mergel); ausreichend tragfähiger B.: Feinsand, steifer, bindiger Boden; schlechter B.: weicher oder breiiger bindiger Boden, Schlamm, Torf, Moorerde und angeschütteter Boden.

Baugrunduntersuchungen werden durch Sondierungen (Ramm- oder Drucksondierung), Schürfgruben, Bohrungen und in besonderen Fällen (z. B. Flächenuntersuchungen, Talsperrengründungen) zusätzlich mit geophysikalischen Verfahren ausgeführt. Die Bohrungen sollen mindestens eine Tiefe von 6 m oder das 1,5fache der Bauwerksbreite unter der Gründungssohle erreichen. Um die voraussichtliche Tragfähigkeit und die Setzungen zu ermitteln, werden Bodenproben untersucht. Die Tragfähigkeit von Pfahlgründungen wird durch Belastung einzelner Probepfähle, Fallkugeln, belastete Grundplatten ermittelt. Für Schwingungsfundamente wird die Bettungsziffer durch dynamische Untersuchungen festgestellt.

Lit. Stegemann: Baugrund-Normen (Berlin 1956); Fuchs: B. und Erdstoffmechanik (4. Aufl. Berlin 1967).

Bauholz, baulichen Zwecken dienendes Holz von Kiefer, Fichte, Tanne, Lärche, Eiche, Buche. B. wird als **Rundholz** oder als **Schnittholz**, z. B. in Form von → Balken, → Brettern, → Kanthölzern oder → Bohlen, verwendet. Man unterscheidet mehrere Güteklassen in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit. Die Einteilung ist unter anderem von Schnittklasse (scharf- oder fehlkantig), Maßhaltigkeit, Feuchtigkeit, Faserverlauf und Anteil der Äste abhängig. Die zulässige Beanspruchung des B.es auf Biegung, Zug, Druck und Abscheren wird von der Güteklasse, der Holzart und der Faserrichtung (parallel oder senkrecht) beeinflußt. Von Vorteil ist die weite Verbreitung des Holzes, seine leichte Bearbeitbarkeit und bei Baukonstruktionen, Gerüsten und Schalungen auch seine hohe Zugfestigkeit parallel zur Faserrichtung, die bei obengenannten Holzarten zwischen 800 und 1400 kp cm^{-2} liegt (→ Holz). Die geringe Wärmeableitung macht Holz als Fußboden angenehm, deshalb wird Parkett noch viel verwendet. Nahezu die Hälfte des jährlich in der Welt eingeschlagenen Nutzholzes wird als B. verarbeitet (→ Holzbauweise). Da das Holz jedoch in Mitteleuropa sehr knapp geworden ist, wird es überall, wo es technisch vertretbar ist, durch Beton, Stahlbeton und andere Baustoffe ersetzt. In der DDR ist laut gesetzlicher Anordnung die Verwendung von Holz als B. für bestimmte Zwecke untersagt, z. B. für die Ausführung von Wänden in Holzfachwerk.

Jede Art von B. muß gegen Zerstörung durch Feuer, Fäulnis, Verwitterung, pflanzliche und

tierische Schädlinge behandelt werden (→ Holzschutz).

Baukastensystem, ein System zum Aufbau vielgestaltiger Einrichtungen aus einer begrenzten Anzahl standardisierter Bauelemente. Das B. bietet eine Voraussetzung für die Herstellung der Standardteile in größeren Stückzahlen. Das B. wird vor allem im Werkzeugmaschinenbau in zunehmendem Maße angewendet. Aus Grundbaugruppen (Grundkörper, Gestell, Bett, Ständer u. dgl. mit den dazugehörigen Teilen) und allgemeinen Baugruppen (Haupt- und Vorschubantrieb, Werkzeug- und Werkstückträger, Werkstückspanner u. a.) entstehen je nach Kombination Ein-, Mehrzweck- oder Vielzweckmaschinen, die durch zusätzliche Baugruppen (z. B. zum Nachformen, Schnellspannen, zur Programmierung, Meßsteuerung, Werkstückspeicherung und zum Werkstücktransport) bis zur selbsttätigen Fertigung automatisiert werden können. Ebenso lassen sich aus Grundbaugruppen und Baueinheiten (Arbeits-, Vorschub-, Hydro-, Elektroeinheiten) → Aufbaumaschinen zusammenstellen. Automatisch arbeitende Maschinen und Aufbaumaschinen können durch Verkettungsgruppen zu Fertigungsstraßen verbunden werden.

Im Bauwesen ist das B. eine wichtige Voraussetzung für die große Serie in der Vorfertigung (→ Fließfertigung) und für das industrielle Bauen.

Baumaschinen, Arbeitsmaschinen, die im Ingenieur-, Hoch- und Tiefbau eingesetzt werden. Nach ihrer Aufgabe unterscheidet man 1) **Aufbereitungsmaschinen**: Steinbrecher, Kieswasch- und Kiessortiermaschinen, Siebanlagen, Zementsilos, Waagen, Beton- und Mörtelmischer, Zuteil- und Dosiereinrichtungen; 2) **Erdbau- oder -gewinnungsmaschinen**: Universalbagger (mit Hochlöffel-, Tieflöffel-, Schleppschaufel-, Kran-, Greifer- oder Rammausrüstung), Schleppschaufelbagger (oft als Schreitbagger), Eimerkettenbagger (für Kieswerke), Schaufelradbagger, Saug- und Pumpenbagger, Flachbagger (Planiermaschinen, Straßenhobel, Schürfkübelwagen), Lademaschinen (z. B. Frontlader, Kugelschaufler), Gesteinsbohr- und -zerkleinerungsmaschinen, Drucklufthämmer; 3) **Gründungs- und Verdichtungsmaschinen**: Rammen und Pfahlzieher, Bohrmaschinen (für Brunnenbau und Wasserhaltung), Walzen, Vibrationsmaschinen (z. B. Vibrationsplatten), Stampfer; 4) → **Straßenbaumaschinen**; 5) **Hebezeuge** und **Fördermittel**: Krane und Aufzüge, Flaschenzüge, Winden, Gabelstapler, Gummigurtbandförderer (fahrbar und stationär), Becherwerke, Schneckenförderer (für losen Zement), Schwingförderer, Kolben- und Membranpumpen (für Beton und Mörtel), Druckluft-Betonförderanlagen; 6) **Erdtransportmaschinen und sonstige Transportmaschinen**: Fahrzeuge für gleislosen Transport, z. B. Lkw-Seiten- und Hinterkipper, Lkw-Anhängeseitenkipper, Dumper, schienengebundene Transporteinrichtungen (Dampf-, Diesel- und Elektrolok als Zugmittel, Muldenkipper), Bandanlagen (Gummigurtbandförderer); 7) **Maschinen für die Herstellung von Betonfertigteilen**: fahrbare und stationäre Betonsteinfertiger, fahrbare und stationäre Betonrohrfertiger, Stahlseitenbetonanlagen (Stasaanlagen), Gleitfertigeranlagen für Wand- und Deckenelemente; 8) **Maschinen zur Kleinmechanisierung**: Lastaufnahmemittel (z. B. Zangen für Großblöcke und Deckenbauelemente, Traversen, Gehänge, Vakuumlastheber), Mauernutfräsen, Bolzenschießgeräte, Putzwerfer u. a.

Lit. Dombrowski: B. (Berlin 1952); Klotzsche u. Nowitzki: Baumechanisierung und B., 3 Bde (Berlin 1962; Stelling: Baumaschinen-Handbuch, Bd II (Berlin 1957); Nowitzki: Baumaschinenkunde für Bauberufe (3. Aufl. Berlin 1967); Ztschr.: Bauplanung und Bautechnik (Berlin).

Baumaterial, Oberbegriff für → Baustoffe und alles andere beim Bauen benötigte Material einschließlich der Hilfsstoffe (z. B. Schalungsmaterial).

Bäumen, in der Weberei das Bewickeln des Kettbaums nach dem → Schären oder → Zetteln der Kette.

Bauméskale, nach dem französischen Chemiker A. Baumé benannte veraltete Aräometerskale. Sie dient in der chemischen Großindustrie zur Bestimmung der Dichte von Lösungen und Mischungen. Die B. ist in 10 gleiche Abschnitte eingeteilt, bezeichnet als Grad Baumé, Kurzz. °Bé (nicht gesetzlich). Der Nullpunkt (0 °Bé) gilt für reines Wasser; 10 °Bé für 10%ige Kochsalzlösung, 60 °Bé für 80%ige Schwefelsäure.

Baumwolle, englisch **Cotton,** die wichtigste Textilfaser, besteht aus den Samenhaaren verschiedener Arten der Malvazeengattung Gossypium.

Jede Baumwollfaser ist eine einzelne Pflanzenzelle, die bis zu 64 mm lang sein kann. Jede einzelne Faser ist aus Bündeln von Fibrillen aufgebaut, die aus nahezu reiner Zellulose bestehen. Die Faser ist von einer Außenhaut (Kutikula) umgeben, die zu 90% aus Wachsen, Fetten, Pektinsubstanzen und Farbstoffen und nur zu 10% aus Zellulose besteht. Bei der Reife trocknet die Faser zu einem schmalen Bändchen ein (Breite 12 bis 22 µm) und bekommt korkzieherartige Drehungen um ihre Längsachse (40 bis 80 je cm). Rohbaumwolle hat eine weiße oder gelbliche bis bräunliche Farbe. Die Züchtung naturbunter B. befindet sich im Versuchsstadium. Rohbaumwolle enthält etwa 91% Zellulose, 0,53% Eiweiß und Pektinsubstanzen, 0,35% Fette und Wachse, 0,12% Mineralstoffe sowie 8% Wasser. Von konzentrierten Säuren wird die Zellulose zu Hydrozellulose abgebaut und schließlich völlig hydrolysiert, gegen Alkalien ist B. verhältnismäßig beständig. Durch verschiedene chemische Behandlungen wird B. mit veränderten Eigenschaften **(modifizierte B.)** gewonnen. Wichtigstes Verfahren ist das →Merzerisieren. Beim Färben von B. bilden sich stets Adsorptionsverbindungen. B. kann direkt mit substantiven Baumwollfarbstoffen oder nach vorherigem Beizen mit basischen Farbstoffen oder Beizenfarbstoffen gefärbt werden. Entwicklungsfarbstoffe bilden reine Präzipitate der Pigmente auf der B.

Der Anbau der kraut- oder strauchartigen Pflanzen erfolgt zwischen 40° nördlicher und 30° südlicher Breite bei einer mittleren Jahrestemperatur von 20 bis 25 °C, anhaltendem Sonnenschein und viel Bodenfeuchtigkeit, teilweise mit künstlicher Bewässerung. Besonders geeignet sind Küstengebiete. Hauptanbaugebiete sind der Süden der USA, die UdSSR (bis 45° nördlicher Breite), Indien, Pakistan, die VAR (z. B. Mako), China, Brasilien; in Europa wird B. in geringem Umfang in Südspanien, Süditalien, Griechenland und neuerdings in Ungarn, Jugoslawien und Bulgarien angebaut.

Bei der Ernte werden die Samenhaare mit den anhängenden Kernen gepflückt, in neuerer Zeit häufig mit Erntemaschinen, die pneumatisch oder mittels schnellaufender senkrechter Spindeln die Fasern aus den Kapseln herausreißen. In Entkernungs-(Egrenier-)Maschinen werden die Fasern von Kreissägen (Sägenegreniermaschinen) oder — schonender — von rauhen Walzen (Walzenegreniermaschinen) erfaßt und von den Kernen befreit. Der durchschnittliche Ertrag beträgt 200 kg entkernte B. je Hektar. Aus den nicht als Saatgut benötigten Kernen wird nach Gewinnung der bei verschiedenen Sorten anhaftenden Kurzfasern (→ Linters) durch Pressen Öl gewonnen, das als Speiseöl (Margarine) und für technische Zwecke (Seife, Schmier-

öl u. a.) verwendet wird. Die Rückstände (Ölkuchen) sind als Viehfutter und Dünger begehrt.

B. ist heute mit über 10,7 Mill. t Jahreserzeugung (65 % der Welterzeugung an Faserstoffen) der am weitesten verbreitete textile Faserstoff.

Baumwollsaatöl, → Fette und fette Öle.

Bauplatten, flache Bauelemente aus verschiedenartigem Material, die zum Errichten und zum Verkleiden von Wänden, als Fußbodenmaterial u. a. dienen. Sie werden entweder als Fertigteile an die Baustelle geliefert und dort zusammengesetzt, oder sie werden an der Baustelle gefertigt. Durch Verwendung großer B., vor allem für Wände, wird das Bauen wirtschaftlicher (→ Großplattenbauweise). Die Entwicklung geht zum Einsatz raumgroßer B., z. Zt. bis 12000 mm Länge. **Wandbauplatten** sind z. B. aus Schwerbeton, wenn sie tragende Funktion haben, aus Leichtbeton, wenn sie hohe Wärmedämmung aufweisen sollen. Zur Verkleidung dienen Natursteine und Keramik, vorwiegend als Platten, vor allem aber Leichtbaustoffe. **Leichtbauplatten** gehören ebenfalls zu den Leichtbaustoffen.

Baustoffe, alle natürlichen und künstlichen Roh- und Werkstoffe (also auch Halbfabrikate, z. B. Bauelemente), die in Bauwerke eingebaut werden. Hauptgruppen sind: 1) **Naturgesteine,** z. B. Sand, Kies, Splitt, Schotter, Pflastersteine, Werksteine u. a.; 2) **keramische Baustoffe,** vor allem Ziegel, Klinker, Rohre, Steinzeug, feuerfeste B., Fliesen; 3) **mineralische Bindemittel;** 4) **Mörtel, Beton** und daraus hergestellte Bauelemente, z. B. Betonwerksteine, Hohlblocksteine, Großblöcke, Deckenbauelemente, Dachsteine, Rohre u. a.; 5) **Metalle** für Stahlbau, Stahlbeton, Spannbeton, Dachrinnen, Rohre, Beschläge u. a.; 6) **Bauholz** und andere pflanzliche B., z. B. Stroh, Schilf; 7) **Glas,** z. B. Fenster-, Drahtglas, Glasbausteine; 8) **Plaste** für Installation, Fenster, Türen, Wandbauplatten, Fußbodenbeläge, Dachrinnen; 9) **bituminöse Stoffe** (Bitumen, Teer oder Pech enthaltend), **Leime** und **Kitte;** 10) **organische Füllstoffe,** z. B. Holzwolle, Sägespäne, Korkmehl, Torfmull, Flachsschäben, Gummispäne.

Nach ihrem Verwendungszweck unterscheidet man Wand-, Dach-, Decken-, Fußbodenbauelemente, Bindemittel, Zuschlagstoffe, Sperr-, Dämm- und Isolierstoffe, Anstrichmittel. Je nach Verwendungszweck werden von den B.n bestimmte Eigenschaften verlangt, deren Kennwerte durch die → Baustoffprüfung ermittelt werden. Weiteres → Leichtbaustoffe.

Lit. Backe: Werkstoffkunde für die Bauindustrie (Berlin 1968); Ettel: Tabellen für das Bauwesen, Abschn. B. (Berlin 1958).

Baustoffprüfung, die Prüfung von Baustoffen und -elementen, um die Werte für die zulässigen Beanspruchungen zu ermitteln sowie die Einhaltung der Standard-Bestimmungen für die Erzeugnisse der Baustoffbetriebe zu überwachen. Die B. dient der Gütesicherung und der Verhütung von Bauschäden. Die Kontrollpflicht durch das DAMW ist gesetzlich geregelt. Im Vordergrund steht die **mechanische B.** Bei den **statischen Festigkeitsprüfungen** findet eine einmalige zunehmende Belastung, bei den **dynamischen Festigkeitsprüfungen** eine häufig wechselnde Belastung (z. B. bezüglich des Verschleißes von Straßenbelägen) statt. Wichtig ist unter anderem die B. auf Druckfestigkeit (z. B. für Wandbauelemente oder Rohre aus Beton), Zug- und Biegezugfestigkeit (z. B. für Bewehrungsstahl), Druckelastizität (z. B. bei Körperschalldämmstoffen), Zugelastizität (z. B. bei Metallen), auf Haftfestigkeit (z. B. Verbindung von Bauelementen oder Bauteilen mit Klebstoffen), auf Schlagfestigkeit (z. B. bei Leichtplatten) und auf Abnutzungswiderstand (z. B. von Fußbodenmaterial). Neben den traditionellen Prüfverfahren, bei denen Proben oder gesondert angefertigte Prüfkörper einer Beanspruchung ausgesetzt werden, die meist bis zur Zerstörung führt, werden immer mehr zerstörungsfreie Prüfverfahren eingeführt (z. B. Ultraschall zur Prüfung der Elastizität, Röntgen- und Gammastrahlen für Strukturuntersuchungen). Wichtige B.en erstrecken sich auch auf die Untersuchung der chemischen Widerstandsfähigkeit, das Verhalten gegen Feuchtigkeit, Temperatur und Feuer sowie auf Dämmeigenschaften und die Beständigkeit gegenüber Witterungseinflüssen. In letzterem Falle ist die Unterscheidung zwischen Kurz- und Langzeitprüfungen besonders wichtig. Bei Beurteilung der Prüfergebnisse ist stets zu beachten, daß sich der ermittelte Kennwert nur auf Beanspruchungen bezieht, die dem Prüfverfahren zugrunde gelegt sind. So kann der als Abnützwiderstand ermittelte Wert nur zur Beurteilung des Verhaltens von Baustoffen dienen, die den im Prüfstandard (für Beanspruchung durch Schleifen) festgelegten Bedingungen entsprechen.

Lit. W. Schulze: Einführung in die B. (Berlin 1965).

Bautechnik, ein Teilgebiet der Technik, umschließt alle technischen Disziplinen der Bauwissenschaft, die Erfahrungen und Berechnungsmethoden aller zweckmäßigen und wirtschaftlichen Baukonstruktionen, der Bauweisen sowie der Bautechnologie (Bauausführung).

Bauteiltoleranz, svw. → Maßtoleranz.

Bautenschutz, Schutzmaßnahmen in und an Bauwerken sowie an Bauelementen zur Erhöhung der Lebensdauer und Verbesserung des Nutzwertes. Gegen Schäden durch Feuchtigkeit, Verunreinigung der Luft durch Industrieabgase, Temperaturunterschiede und aggressive Grund- und Oberflächenwasser, besonders durch Abwässer in der Nähe von Chemie- und artverwandten Betrieben, werden besondere Außenputze, Anstriche, Zusatzmittel zu Beton und Mörtel oder Sperrschichten aus bituminösen Werkstoffen und Plastwerkstoffen vorgesehen. Für Dichtungsmaßnahmen bei Beton und Mörtel verwendet man kolloide Eiweißlösungen und porenschließende Chemikalien, z. B. Fluorosilikate; zur Oberflächenversiegelung und -verfestigung dient das Silikatverfahren. Außerdem verwendet man Sperranstriche auf Basis von Wasserglas oder Bitumina sowie spezielle Sperrschichten aus Metallfolien, Plastwerkstoffen oder bituminösen Werkstoffen. Maßnahmen gegen pflanzliche und tierische Schädlinge sind besonders innerhalb des → Holzschutzes notwendig.

Bauweise, im Hoch- und Tiefbau die Kennzeichnung der Bauausführung. Die Einteilung der B.n kann nach verschiedenen Grundsätzen erfolgen. 1) Nach den verwendeten Baustoffen unterscheidet man **Natursteinbauweise** (→ Mauerwerk), **Lehmbauweise, Ziegelbauweise** (→ Mauerwerk), → **Holzbauweise, Stahlbauweise** (→ Stahlbau) sowie **Betonbauweise** (→ Beton) und **Stahlbetonbauweise** (→ Stahlbetonbau).

2) Nach der Ausführungsart und dem Verbund der Konstruktionsteile unterscheidet man a) **monolithische B.,** z. B. Ziegel- und Betonbauweise (Stampf- und Schüttbeton, → Massivbau) und die am Bauwerk in Schalung hergestellten Stahlbetonkonstruktionen aus Ortbeton (→ Gleitbauweise); b) **Montagebauweise,** bei der vorgefertigte Bauelemente auf der Baustelle montiert werden (→ Montagebauweise); c) **Teilmontagebau,** eine Kombination von monolithischer B. und Montagebauweise. Sie wird z. Zt. im Bau von Hochhäusern (Stabilisierungskern in der → Gleitbauweise) angewandt, → Verbundkonstruktionen.

3) Nach der Struktur und dem konstruktiven Gefüge unterscheidet man a) **Längswandbauweise,** wobei die Außen- und Mittel-

wände die Decken- und Dachlasten aufnehmen. Zwischenwände dienen z. T. zur Queraussteifung; b) **Querwandbauweise (Schottenbauweise)**, wobei die Querwände die tragenden Wände bilden, z. B. im Wohnungsbau bei den Q-Typen. Diese B. ist nur bei mehrgeschossigen Bauwerken wirtschaftlich; c) **Skelettbauweise**, wobei Stützen, Riegel oder Rahmen aus Stahl oder Stahlbeton das tragende Gerippe des Bauwerkes bilden. Die Längsaussteifung erfolgt durch Längsriegel oder Kreuzverbände. Diese B. wird hauptsächlich im Industriebau und bei vielgeschossigen Lager- oder Bürohäusern angewendet. → Skelettbau.

4) Bei Verwendung von vorgefertigten Beton- oder Stahlbetonelementen unterscheidet man → Großblockbauweise, → Streifenbauweise, → Großplattenbauweise, → Mastenbauweise, Skelettmontagebauweise (→ Skelettbau); die → Raumzellenbauweise befindet sich noch in der Entwicklung.

Lit. → Hochbau.

Bauxit, ein Sedimentgestein, das aus verschiedenen Aluminiumhydroxidmineralen (Boehmit, Hydrargillit, Diaspor, auch Alumogel) besteht. Beimengung von Eisenoxidhydrat bewirkt Rotfärbung. Die chemische Zusammensetzung schwankt zwischen 50 und 63 % Al_2O_3, 12 und 32 % H_2O, 0 und 25 % Fe_2O_3, 2 und 30 % SiO_2. B. entsteht in tropischem Wechselklima durch allitische Verwitterung von verschiedenen tonerdehaltigen Gesteinen. Er ist der wichtigste Rohstoff für die Erzeugung von Aluminium, ferner dient er zur Herstellung von Elektrozement, von Korund, Schleifsteinen, Zündkerzen, hochfeuerfesten Formsteinen, als Katalysatorträger und zur Schmierölraffination.

Bb, Abk. für → Backbord.

Bd, Kurzz. für → Baud.

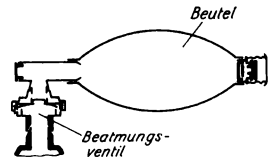
BDS-Verfahren, → Inchromieren.

Be, Symbol für → Beryllium.

°Bé, Kurzz. für Baum grad, → Bauméskale.

Beanspruchungs-Dehnungs-Diagramm, → Zugversuch.

Beatmungsgeräte, Respiratoren, Ventilatoren, medizinische Geräte, die die durch Unfall oder Krankheit gestörte bzw. aussetzende oder künstlich gelähmte Atmung eines Menschen unterstützen oder übernehmen. 1) **Mundbeatmungsgeräte** ermöglichen Mund-zu-Mund-Beatmung zur Ersten Hilfe bei Unfällen (Ertrinken, Verkehrsunfall, Vergiftung durch Gase usw.). Sie bestehen aus zwei durch einen Schlauch miteinander verbundenen Masken oder Mundstücken. Eine Hilfsperson bläst dem zu beatmenden Menschen durch die Masken und den Schlauch ihre Ausatmungsluft ein; der Beatmete atmet danach selbst ins Freie aus. 2) Bei **manuellen B.n** erfolgt die Beatmung durch Hand- oder Fußbetätigung eines Gerätes. a) Bei **Beutelbeatmungsgeräten** wird ein ovaler Gummiball (Beutel) im Atemrhythmus zusammengedrückt und damit die Lunge des Beatmeten über eine Gesichtsmaske mit dem Inhalt des Beutels gefüllt (Einatmung); die Ausatmung erfolgt spontan über ein Ventil ins Freie. b) **B. für asphyktisch Neugeborene** dienen zum Ingangsetzen der gestörten Atmung und zur Behebung des akuten Sauerstoffmangels bei der Asphyxie (Aussetzen der Atmung durch Störung des Atemzentrums) Neugeborener. Durch rhythmisches Bewegen eines Beatmungsbalgs wird reiner Sauerstoff oder ein Sauerstoff-Luft-Gemisch mit leichtem Überdruck über eine Gesichtsmaske oder einen Katheter in die Lungen des Neugeborenen befördert (Einatmung). Die Ausatmung erfolgt spontan über Ventile ins Freie. 3) **Automatische B.** werden durch Druckluft, Drucksauerstoff oder elektrisch angetrieben. a) **Narkosebeatmungsgeräte** zur Beatmung bei Narkosen sind volumengesteuert, sie arbeiten in Verbindung mit einem Inhalationsnarkosegerät und damit meist in einem geschlossenen Kreislaufsystem. Ein Faltenbalg befördert beim Zusammendrücken das Narkosegas, und zwar ein Gemisch aus einem



Beutelbeatmungsgerät

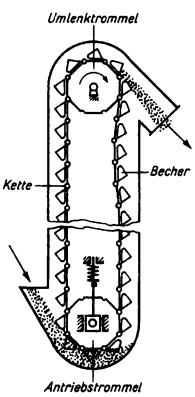
Trägergas (Sauerstoff oder Luft) und Inhalationsnarkotika (z. B. Distickstoffmonoxid, Chloroform, Äther, Halothan), in die Lunge des Patienten (Einatmung) und saugt es beim Auseinanderziehen wieder heraus (Ausatmung). Der elektrische oder pneumatische Antriebsteil übernimmt die automatische Bewegung (Zusammendrücken — Auseinanderziehen) des Faltenbalgs. b) **Dauerbeatmungsgeräte** dienen hauptsächlich dazu, bei Atemgelähmten die Beatmung für längere Zeit zu übernehmen. Die Beatmung kann mit atmosphärischer Luft, Sauerstoff oder einem Sauerstoff-Luft-Gemisch erfolgen. Das Beatmungsgas wird in die Lunge des Patienten gedrückt (Einatmung), wieder aus ihr abgesaugt und ins Freie befördert (Ausatmung). Die Geräte sind druckgesteuert oder volumengesteuert (ähnlich dem Prinzip des Narkosebeatmungsgerätes), oder sie arbeiten (ähnlich den Wiederbelebungsgeräten) nach dem Injektorprinzip. c) **Wiederbelebungsgeräte** werden mit hochgespanntem Sauerstoff angetrieben. Sie dienen der Rettung Verunglückter und ersetzen die ermüdenden manuellen Wiederbelebungsverfahren. Wiederbelebungsgeräte arbeiten nach dem Injektorprinzip. Bei Einatmung wird ein Sauerstoff-Luft-Gemisch in die Lunge des Beatmeten gedrückt. Nach Erreichen eines bestimmten Drucks wird ein Unterdruck erzeugt, durch den die verbrauchte Atemluft aus der Lunge gesaugt und ins Freie entleert wird (Ausatmung). Nach Erreichen eines bestimmten Unterdrucks wiederholt sich der Umschaltvorgang von neuem (Wechseldruckbeatmung). d) Ein weiteres Beatmungsgerät ist die → Eiserne Lunge.

Lit. Barth u. Meyer: Die moderne Narkose (Jena 1962); Macintosh u. Bannister: Grundlagen der Allgemeinnarkose (Berlin 1960); Mushin, Rendell-Baker, Thompson: Automatische Ventilation der Lungen (Berlin 1962); Ztschr.: Medizintechnik (Berlin).

Beaufort-Skale, eine Windstärkeskale, → Wind.

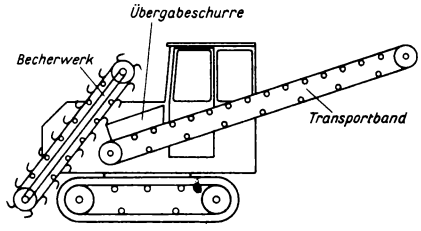
Becherwerk, Elevator, ein Fördermittel zum stetigen senkrechten oder schrägen (45° bis 75°) Transport von Schüttgut. Das B. gehört zu den → Kettenförderern. An einem endlosen, ständig umlaufenden Zugmittel (zweisträngige Kette oder Gurt) sind Becher befestigt. Das Zugmittel wird an einem Ende durch Antriebsräder über Getriebe und Elektromotor angetrieben, am anderen durch Umlenkräder umgelenkt und durch Spindeln oder Federn gespannt. Laufen die Becher um die Umlenkräder, so wird das Fördergut aufgenommen und beim Lauf um die Antriebsräder ausgeschüttet. Das B. wird in dieser Form in Getreidespeichern, Mühlen, Sand- und Schotterwerken angewendet (Abb.). Zum Verladen kleinstückiger Massengüter vom Lagerplatz in Fahrzeuge gibt es B.e auf Rädern oder Raupen (Becherwerkslader). Beim **Pendelbecherwerk** sind die Becher zwischen den Ketten (Zugorganen) pendelnd aufgehängt; mit ihm lassen sich Schüttgüter in beliebiger Richtung fördern. Das Beschicken der Becher erfolgt durch eine Füllmaschine, das Entleeren durch Kippanschläge.

Zu den B.en kann auch der → Gurttaschenförderer gezählt werden.



Senkrechtbecherwerk

Becherwerkslader, eine → Lademaschine zum stetigen (kontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. B. sind mit einem Becherwerk ausgerüstet, das in das Ladegut eingreift und es auf ein sich weiterbewegendes Transportband (Abwurfband) abgibt. B. werden durch einen Dieselmotor oder elektrisch angetrieben und sind mit luftbereiften Rädern oder mit Gleisketten versehen.



Becherwerkslader mit Gleisketten

Beckacite, → Plaste, Übers.

Becken, mehr oder weniger große geschlossene Einsenkungen der Erdoberfläche, auch des Meeresbodens, die sich mit Sedimenten und Laven füllen können und daher morphologisch nicht in Erscheinung zu treten brauchen. B. im morphologischen Sinne sind größere, mehr oder weniger geschlossene Hohlformen. Bei rundlichem Grundriß spricht man auch von **Kesseln** (z. B. Nördlinger Ries), bei länglichen Formen von **Wannen.** Häufig sind die Schichten in den B. von nachträglichen Lagerungsstörungen betroffen worden, z. B. im Thüringer B. Am bekanntesten sind die tertiären Sedimentationsbecken, z. B. Mainzer B., Pariser B., Wiener B., und die Braun- und Steinkohlenbecken, z. B. das Erzgebirgsbecken.

Beckflamme, → Bogenlampe.

Bedienungstheorie, eine theoretisch-kybernetische Methode. Die B. untersucht mittels wahrscheinlichkeitstheoretischer und mathematisch-statistischer Methoden die optimale Auslastung von Bedienungskapazitäten zur Sicherung eines kontinuierlichen Funktionsablaufs des jeweiligen Systems. Die B. hat große Bedeutung für die Lösung bestimmter praktischer Probleme erlangt, z. B. bei Bereitstellungs- und Lagerhaltungsproblemen. Grundlage der B. ist die „Theorie der Stauungen", auch „Theorie der Warteschlangen" genannt. Die Größen des von der B. betrachteten Grundmodells sind der *Input* (Wahrscheinlichkeitsverteilung der eintreffenden „Kunden" nach der Zeit), der *Engpaß* (Anzahl und Beschaffenheit der Bedienungsstellen) und der *Output* (die Länge der Bedienungszeit sowie die Bedienungsmerkmale). Das Ziel ist, den Engpaß (Kanal) durch Beeinflussung der genannten Größen optimal zu dimensionieren. Als Grundbegriffe gelten die mittlere Ankunftsrate, die mittlere Bedienungsrate, die Schlangendisziplin sowie die Verkehrsrate als Verhältnis der mittleren Anzahl ankommender Einheiten zur mittleren Anzahl der Einheiten, die abgefertigt werden können. Im Falle nur einer Bedienungsstelle gibt die Verkehrsrate zugleich deren mittlere Auslastung an. Die Anwendung der B. umfaßt also statistische Vorgänge. Ihre praktische Anwendbarkeit erstreckt sich auf unterschiedliche Problemstellungen, z. B. Auslastung von Maschinen (insbesondere Datenverarbeitungsanlagen), Reparaturleistungen, Verkehrsprobleme, Verkaufskapazitäten.

Lit. Potthoff: Die B. im Verkehrswesen (Berlin 1965).

Befehlslenkung, → Fernlenkung.

Befeuerung, die Ausstattung eines Fahrwassers, einer Küste oder eines Flughafens mit → Leuchtfeuern, um während der Dunkelheit die Navigation zu ermöglichen. Über die B. von Flughäfen → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Beflocken, ein Verfahren der Textilveredlung, das Aufbringen weißer oder farbiger, kurz geschnittener Fasern (Flockfasern) auf mit Kleber (Kunstharz) bestrichenen Stoff im elektrostatischen Feld, um eine veloursartige (Teppich) und wildlederartige Stoffoberfläche zu erzielen. **Flockdruck,** das B. von im Direktdruck (→ Zeugdruck) mustergemäß mit Kleber bedrucktem Stoff.

BEG, Abk. für → Bodeneffektgerät.

Begrenzer, eine Schaltungsanordnung zur → Amplitudenbegrenzung von elektrischen Schwingungen auf einen festgelegten maximalen Wert. Als B. werden Elektronenröhren oder Halbleiter in den verschiedenartigsten Schaltungen verwendet. Auch der als FM-Demodulator häufig eingesetzte Ratiodetektor weist Begrenzereigenschaften auf.

Begußmasse, svw. → Engobe.

Behälter (Tafel 7), im Güterverkehr Bezeichnung für Ladegefäße, die keine eigenen Antriebsaggregate besitzen. Der Einsatz von B.n **(Behälterverkehr)** dient der Rationalisierung des Güterverkehrs und des innerbetrieblichen Transportes durch Bildung von Ladeeinheiten, die mehrfaches Umladen der zu transportierenden Einzelladungen ersparen. Verkehrsträger des Behälterverkehrs sind Eisenbahn, Lastkraftwagen, Schiffe (übliche Frachtschiffe oder spezielle → Behälterschiffe) und Flugzeuge.

Die B. werden nach dem Fassungsvermögen eingeteilt in **Großbehälter** oder → Container (8 bis 60 m³) und **Kleinbehälter** (mindestens 1 m³). Ferner unterscheidet man kranbare und rollbare B. (→ Container) sowie B. mit eigenem, für den Straßenverkehr geeignetem Fahrwerk.

B. schützen das zu transportierende Gut vor äußeren Einwirkungen, verringern gegebenenfalls den Verpackungsaufwand und können infolge dauerhafter Ausführung über einen längeren Zeitraum hin eingesetzt werden; sie sind nicht mit Verpackungsmitteln gleichzusetzen. B. müssen so ausgebildet sein, daß sie von verschiedenen Transportmitteln aufgenommen und mitgeführt werden können. Sie müssen eine leichte Handhabung besonders bei Wechsel des Verkehrsträgers gewährleisten.

Behälterschiff, Containerschiff, ein Spezialfrachtschiff, das in seinen Laderäumen und meist auch auf dem Oberdeck hauptsächlich Großbehälter (Container) befördert. Diese werden mittels an Bord befindlicher Portalkrane umgeschlagen (*Lift-in/Lift-out-Verkehr*) oder auf einem Fahrgestell mittels Sattelzugmaschine durch eine Heckpforte auf das Schiff hinauf- und vom Schiff heruntergefahren (*Roll-on/roll-off-Verkehr*). Die Vorteile des Einsatzes von B.en liegen in der sehr hohen Umschlagsgeschwindigkeit und im Wegfall des mehrfachen Umladens der Stückgüter zwischen Absender und Empfänger.

Beharrungsgesetz, → Trägheit.

Beharrungsvermögen, svw. → Trägheit.

Bein, → Pfeiler 2).

Beißschneiden, → Zerteilen.

Beiwagen, svw. → Seitenwagen.

Beize, 1) Holzbearbeitung: ein Färbemittel zum äußeren Veredeln des Holzes, → Holzfärbung.

2) Metallbearbeitung: eine Substanz zur Entfernung nichtmetallischer, festhaftender Oberflächenverunreinigungen, um eine metallisch blanke, saubere Oberfläche als geeignete Grundlage für nachfolgende Deckschichten, Überzüge zum Korrosionsschutz oder zur Verschönerung

zu erzielen. Man verwendet als B. meist Säuren oder Laugen. Um die Metallverluste durch Auflösung des Metalls in der B. möglichst gering zu halten, werden oft, besonders bei Stählen, **Sparbeizzusätze** zugesetzt.

3) Textilfärberei: eine Substanz, die dazu dient, auf Textilien Farbstoffe zu fixieren, die für sich allein den Faserstoff nicht echt färben. B.n dieser Art werden vor, teilweise auch nach dem Färben in kolloidaler Adsorption auf den Faserstoff gebracht. Man unterscheidet a) **Metallbeizen**, z. B. Aluminium-, Chrom-, Eisen-, Kupfer- oder Zinnverbindungen, b) **Gerbstoffbeizen**, z. B. Tannin, Katechu oder Sumach, c) **organische B.n**, z. B. **katanosynthetische** und **Ölbeizen (Fettbeizen, Hilfsbeizen)**, z. B. Türkischrotöl. Im Unterschied zur Baumwollfaser lassen sich Wolle und Seide direkt ohne B. färben. Beizenreserven verhindern umgekehrt das Aufziehen bestimmter Farbstoffe.

4) Gerberei: ein Fermentpräparat, das das Fasergefüge der Hautblößen auflockert.

5) Rauchwarenzurichtung: eine Gerblösung (z. B. Chrom(III)- oder Aluminiumsalze und Metallsalzlösungen) zur Vorbereitung beim Färben von Pelztierfellen.

6) Saatgutbehandlung: ein Mittel zum Abtöten der dem Saatgut anhaftenden oder in ihm vorhandenen Krankheitserreger (Sporen oder Pilze), wobei die Keimfähigkeit nicht beeinträchtigt werden darf. Nach der Anwendungsart unterscheidet man **Naßbeizmittel** (flüssige, d. h. in Wasser gelöste Beizmittel) und **Trockenbeizmittel** (pulverförmige Beizmittel). Es werden vor allem quecksilberhaltige B.n verwendet, die gegen verschiedene Krankheiten wirken und daher als **Universalbeizmittel** bezeichnet werden. **Spezialbeizmittel** sind quecksilberfreie B.n (Trockenbeizmittel), vor allem Arsen- und Kupfermittel, zur Bekämpfung lediglich einer einzigen, bestimmten Krankheit. Nach der chemischen Zusammensetzung unterscheidet man metallhaltige und metallfreie B.n. Die bisher hergestellten metallfreien B.n, vor allem hochchlorierte und nitrierte Benzole und Chinone, sind im allgemeinen Spezialbeizmittel. Neuerdings wurden **kombinierte B.n** entwickelt, das sind B.n mit Zusatz von Insektiziden, wodurch das Saatgut für eine gewisse Zeit auch gegen Bodenschädlinge geschützt ist.

Bel, Kurzz. **B**, früher **b**, nach dem englischen Konstrukteur und Erfinder A. G. Bell benanntes Kennwort für Größenarten, die durch den dekadischen Logarithmus des Verhältnisses zweier Größen gleicher Art, z. B. zweier Leistungen P_1 und P_2, definiert sind. Bel $\equiv 1$, sofern $\lg \frac{P_1}{P_2} = 1$. Das B. ist wenig gebräuchlich, meist verwendet man das → Dezibel, Kurzz. **dB**; 1 dB $= 10^{-1}$ B.

Belastung, 1) die auf ein Bauwerk (z. B. eine Brücke, eine Staumauer) oder einen Bauteil (z. B. einen Träger, ein Schütz u. dgl.) ausgeübte Kraft. Man unterscheidet meist 3 Lastfälle: 1) Den normalen Betriebsfall, der ständig bzw. häufig auftretende Haupt- und Nebenkräfte in ungünstiger Stellung berücksichtigt, z. B. a) **Eigenlast**, d. h. die Eigenmasse der Bauteile (= Rauminhalt · Rohdichte); b) **Nutzlast**, vor allem **Verkehrslast**, d. h. die B. durch Menschen, Fahrzeuge, Maschinen, auch Lagerstoffe, Möbel u. a.; c) **Windlast**, d. h. die durch Wind hervorgerufene B. hauptsächlich lotrechter Bauteile und Dächer; d) **Schneelast**, die durch Schnee und Eis auf waagerechten Flächen und Dachflächen bis zu 60° Neigung entstehende B.; e) **Erddruck**, die vom Erdreich hervorgerufene B., z. B. bei Stützmauern, Kaimauern, Widerlagern. Ausschlaggebend für die Größe des Erddruckes ist neben dem Reibungswinkel und eventueller Haftfestigkeit (Kohäsion) der verschiedenen Bodenarten die Bewegungsmöglichkeit der Wand (aktiver Erddruck, Ruhedruck, Erdwiderstand). Die Verteilung des Erddruckes über die Wandhöhe ist von der Bewegungsmöglichkeit der Wand abhängig; f) statischer **Wasserdruck** W, die durch Wasser hervorgerufene B. Diese nimmt mit der Wassertiefe t quadratisch zu und läßt sich errechnen aus $W = \frac{t^2}{2} \gamma_w$ (γ_w = Dichte des Wassers).

2) Den besonderen Betriebsfall, der die B. infolge von Temperaturschwankungen, Schwinden und Kriechen des Betons, statischer und dynamischer B. bei außergewöhnlichen Wasserständen, Verformung des Untergrundes, Schiffsstößen bei Vernachlässigung der Abschirmung durch Pfähle, Eisstoß u. a. berücksichtigt.

3) Außergewöhnliche Lastfälle, z. B. Transportbelastung, Bauzustände, Belastung bei Reparaturfällen, Erdbeben, Ausfall von Einrichtungen, die das Bauwerk entlasten oder schützen sollen, z. B. Ausfall von Dränagen und dadurch Erhöhung des statischen Wasserdruckes.

Die B. bedarf sorgfältiger Berechnung. Die bei statischen Berechnungen für Hochbauten anzunehmenden B.en sind in TGL 20167 festgelegt. Die zulässige B. ist die Größe der Nutz-last, die für ein Tragwerk (Decke, Träger) unter Beachtung der zulässigen Beanspruchung des Baustoffes auftreten darf.

An Belastungsarten unterscheidet man **Einzellasten** (Punktlasten, z. B. Stützenlast, Raddruck), gleichmäßig verteilte Lasten (über die ganze Länge des beanspruchten Bauteiles gleichmäßig hinwegreichend, besonders Eigenlast), **Streckenlasten** (nur auf eine bestimmte Strecke des Bauteiles gleichmäßig verteilt) sowie **Dreiecks- und Trapezlasten.**

2) die in Anspruch genommene Leistung (Energiemenge je Zeiteinheit) einer Energieerzeugungs-, Energieübertragungs- oder Energieverteilungsanlage. Die B. von Elektroenergieversorgungsanlagen wird im allgemeinen in kW oder MW, von Gasversorgungsanlagen in m³/h und von Wärmeversorgungsanlagen in t_{Dampf}/h oder kcal/h gemessen. Die **Belastungsganglinie** ist die graphische Darstellung der wechselnden B. einer Energieversorgungsanlage (Kraftwerk, Gaswerk, Umspannetz u. a.) oder eines Energiesystems zu verschiedenen aufeinanderfolgenden Zeitpunkten, z. B. während eines Tages oder Jahres.

Die B. von Energiesystemen wird unterteilt in **Grundlast** (der während eines Tages annähernd gleichbleibende Teil der B.) und **Spitzenlast** (hohe B., die werktags im Zeitraum von 6 bis 22 Uhr insgesamt nicht mehr als 8 Stunden in Anspruch genommen wird); zur Deckung der verschiedenen Lastanteile werden Grundlastkraftwerke und Spitzenlastkraftwerke eingesetzt.

3) B. von Kläranlagen, z. B. von Absetzbecken und Bodenfiltern. Sie wird ausgedrückt durch [m³/m²h], d. h. die Anzahl der m³, die auf m² Beckenoberfläche je Stunde entfallen.

Belebtschlammverfahren, → Abwasser.

Beleuchtungsstärke, Zeichen E, der Quotient aus dem auf die Fläche auftreffenden Lichtstrom und der durch ihn bestrahlten Fläche (TGL 0-5031). Die B. dient zur photometrischen Bewertung der Beleuchtung einer Fläche. Die Einheit der B. ist das → Lumen/Quadratmeter bzw. das → Lux.

Beleuchtungstechnik, ein Teilgebiet der Lichttechnik. Die B. hat die Aufgabe, das Tageslicht oder die von der Leuchttechnik geschaffenen Leuchten (Beleuchtungskörper) so anzuwenden und auszunutzen, daß dem menschlichen Auge jeweils die zweckmäßigste und wirtschaftlichste

Beleuchtung geboten wird. Die Anforderungen an die Beleuchtung beziehen sich auf die Beleuchtungsstärke, und zwar auf ihre absolute Größe und ihre räumliche Verteilung (Gleichförmigkeit), die Schattigkeit, Blendungsfreiheit, auf die Farbe des Lichts und auch auf die ästhetische Wirkung. Leitsätze für gute Beleuchtung sind in TGL 0-5034 (Tageslicht) und TGL 0-5035 (künstliches Licht) zusammengestellt. Bei der Arbeitsplatzbeleuchtung hängt die Größe der **Beleuchtungsstärke** von der Art der durchzuführenden Arbeit und von dem Reflexionsgrad des Arbeitsmaterials ab.

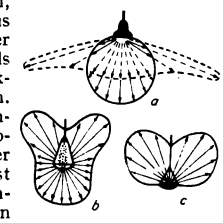
Damit körperliche Gebilde plastisch wirken, ist eine gewisse *Schattigkeit* erforderlich; nur in Sonderfällen zieht man völlige Schattenfreiheit vor, z. B. am Operationstisch, da hier durch die Hand des Chirurgen keine Schatten entstehen sollen. *Blendung*, die immer vermieden werden muß, entsteht durch zu hohe Leuchtdichte im Gesichtsfeld, *Infeldblendung*, wenn sich eine Lichtquelle hoher Leuchtdichte an einer glänzenden Stelle der eigentlichen Arbeitsfläche spiegelt, *Umfeldblendung*, wenn sich außerhalb der Arbeitsfläche, aber noch im Wahrnehmungsbereich des Auges eine Lichtquelle relativ zu hoher Leuchtdichte befindet. Jede Art der Blendung setzt das Erkennungsvermögen herab. Zur Erreichung einer guten Beleuchtung muß der von den Lichtquellen ausgesandte Lichtstrom zweckentsprechend im Raum verteilt werden. Dies geschieht durch Anwendung lichttechnischer Baustoffe, z. B. Glas, Papier, reflektierender Metalle und Plastwerkstoffe, sowie durch Ausnutzung ihrer charakteristischen Eigenschaften, wie Durchlässigkeit (Transmission), Reflexion, Absorption und Streuvermögen. Maßzahlen für diese Eigenschaften sind *Transmissionsgrad* τ, *Reflexionsgrad* ϱ und *Absorptionsgrad* α. Trifft auf einen Stoff der Lichtstrom Φ_0 auf, von dem die Anteile Φ_d durchgelassen, Φ_r reflektiert und Φ_a absorbiert werden, so ist $\tau = \Phi_d/\Phi_0$, $\varrho = \Phi_r/\Phi_0$ und $\alpha = \Phi_a/\Phi_0$. Auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Energie muß stets $\tau + \varrho + \alpha = 1$ sein. Das *Streuvermögen* eines Streuglases wird durch die Abnahme der Leuchtdichte der aus ihm austretenden Lichtstrahlung in Abhängigkeit von dem Ausstrahlungswinkel gekennzeichnet (Leuchtdichtefaktor, TGL 0-5036). Meist ist es notwendig, die eigentliche Lichtquelle, die Lampe, in eine **Leuchte** einzusetzen, die die wahrnehmbare Leuchtdichte unter die Blendungsgrenze herabsetzt und das Licht zweckentsprechend im Raum verteilt. Man unterscheidet Leuchten für **direkte Beleuchtung** (hierbei weiter zwischen *Tiefstrahlern* und *Breitstrahlern*), Leuchten für **halbdirekte Beleuchtung** und Leuchten für **indirekte Beleuchtung**. Zur Kontrolle der Beleuchtung verwendet man Beleuchtungsmesser, handliche subjektiv oder objektiv arbeitende Photometer (→ Photometrie). (Abb.)

Lit. Borchert-Neumann: Licht und Beleuchtung (2. Aufl. Leipzig, Jena 1958); Jansen: B., 3 Bde (Eindhoven 1954); Schmidt: B. im Betrieb (Berlin 1956); Handb. B. (Berlin 1967).

Belichtung, Exposition, das Produkt aus Beleuchtungsstärke (Lichtstromflächendichte, Lichtintensität) und der Zeit ihrer Einwirkung. In der Photographie muß die B. mit aktinischem Licht erfolgen, d. h. mit Licht, das eine Veränderung des Silberbromids der photographischen Schicht bewirkt. Dies kann sich je nach der Sensibilisierung vom Ultraviolett bis weit ins Infrarot erstrecken. Auch Röntgen-, Gamma- und Korpuskularstrahlung wirkt auf die photographische Schicht ein. Bei der B. entsteht zunächst ein latentes, d. h. unsichtbares Bild. Die B. richtet sich nach der Empfindlichkeit der Schicht und nach der Flächenhelle sowie nach dem Helligkeitsumfang des Gegenstandes. **Unterbelichtung** läßt sich durch keine nachträgliche Maßnahme wieder gutmachen. Starke **Überbelichtung** ist zwar zu korrigieren, führt aber zu qualitativ geringwertigen Bildern durch Verschlechterung des Auflösungsvermögens und Zunahme der Körnigkeit. Geringe Überbelichtung schadet im allgemeinen nicht. Zur einwandfreien B. bedient man sich eines photoelektrischen → Belichtungsmessers.

Belichtungsmesser, Helligkeitsmesser, ein Instrument, mit dem man die zum Photographieren eines Objekts erforderliche → Belichtung des Films oder der Platte feststellen kann. Gemessen wird die mittlere Leuchtdichte des Gesamtobjekts vom Kamerastandpunkt aus. Die Meßwerte werden für Stehbildkameras auf Filmempfindlichkeit, Blendenöffnung und Belichtungszeit, für Laufbildkameras auf Filmempfindlichkeit, Blendenöffnung und Bildfrequenz bezogen.

Der **photoelektrische B.** verwendet als Strahlungsempfänger ein Photoelement oder einen Photowiderstand, deren Wirkung auf dem inneren lichtelektrischen Effekt beruht. Das Photoelement besteht aus einer 1/10 mm dicken Selenschicht, die auf einer als positive Elektrode dienenden Metallplatte (Kupfer) aufgebracht ist. Durch starkes Erhitzen ist die oberste, nur einige 1/10 000 mm dicke Haut der Selenschicht lichtempfindlich gemacht worden, sie wirkt gegenüber der Hauptschicht als Sperrschicht. Das auffallende Licht erzeugt einen elektrischen Strom, indem durch die Lichtenergie Elektronen aus den Selenatomen herausgelöst werden, sich in der Sperrschicht sammeln und dort von einer als negative Elektrode dienenden, leitenden Deckschicht (aus Kadmiumoxid) weggeführt werden. Diese ist lichtdurchlässig und erzeugt eine Farbenempfindlichkeit des Selens, die der des panchromatischen Aufnahmematerials ähnlich ist. Der auf diese Weise erzeugte Strom, dessen äußerst geringe Stromstärke proportional dem Logarithmus der Beleuchtungsstärke ist, wirkt auf ein Meßwerk — ein Drehspulinstrument hoher Empfindlichkeit (bis $4 \cdot 10^{-8}$ Ampere) —, dessen winzige Spule sich im Felde eines Dauermagneten beim Stromdurchfluß bewegt. Der Photowiderstand, ein auf isolierender Grundlage aufgebrachter und mit zwei Kontakten versehener Halbleiter, hier vorwiegend Kadmiumsulfid, verringert mit zunehmender Intensität des auffallenden Lichts seinen elektrischen Widerstand. Entsprechend vergrößert sich der Strom und damit die Anzeige des Drehspulinstruments, das zusammen mit dem Photowiderstand in den Stromkreis einer zusätzlich benötigten Spannungsquelle (Quecksilberbatterie) geschaltet wird. Neben geringeren Abmessungen erhält man eine wesentlich höhere Anfangsempfindlichkeit als bei der Verwendung von Photoelementen. In einem Rechenwerk werden die gemessenen Werte in die zum Photographieren notwendigen Belichtungswerte umgerechnet, wobei es verschiedene Systeme gibt. Bei den gebräuchlichsten B.n stellt man auf den Zeigerausschlag des Drehspulinstruments einen Nachstellzeiger ein, so daß sich dann auf zwei Skalen die verschiedenen zusammengehörigen Wertepaare für Blendenöffnung und Belichtungszeit gegenüberstehen. Welche zusammengehörigen Wertepaare man wählt, z. B. Blende 5,6 und 1/100 s oder Blende 4 und 1/250 s, hängt vom Aufnahmeobjekt ab. Auf dem B. ist ferner eine Skale für die Empfindlichkeit des Films oder der Platte angegeben; diese Skale muß vor Benutzung des B.s eingestellt werden. Beim **vollautomatischen photoelektrischen B.**, der durch eine Drucktaste nur kurzzeitig für die Messung freigegeben wird, wird nach der Messung der Ausschlag des Meßwerkzeigers selbsttätig abgegriffen und durch das Rechenwerk in die entsprechenden Belichtungs-



Leuchte: *a* für direkte Beleuchtung (——— Tiefstrahler, — — — Breitstrahler), *b* für halbindirekte Beleuchtung, *c* für indirekte Beleuchtung

Benardos-Verfahren

werte umgerechnet. Man unterscheidet zwei Meßmethoden. Bei der *Objektmessung* wird von der Kamera aus die mittlere Objektleuchtdichte bestimmt, wobei der Bildwinkelbegrenzer den Meßwinkel dem Bildwinkel normaler Objektive (45° bis 55°) angleicht. Bei der *Lichtmessung* wird vom Objekt aus das auftreffende Licht bestimmt (entspricht einem → Luxmeter). Dabei muß vor den Strahlungsempfänger eine Streuscheibe mit festgelegter Absorption geschaltet werden, die die Bildwinkelbegrenzung aufhebt.

Wegen der vom Auge des Betrachters abhängigen und daher ungenauen Messung werden **optische B.** nur noch selten verwendet.

Benardos-Verfahren, → Schweißen.

Bendixtrieb, → Anlasser.

Benedicks-Effekt, → Thermoelektrizität.

Benthal *n*, die Bodenregion von Gewässern. Gegensatz: → Pelagial.

Bentonit, ein toniges Gestein, das als wesentlichen Bestandteil Montmorillonit enthält und ein Zersetzungsprodukt vulkanischer, meist glasreicher Gesteine (besonders von Tuffen) ist. B. besitzt meist starkes Quellvermögen bei Wasserzufuhr (bis auf das Sechsfache und mehr), besonders, wenn Natriumionen adsorbiert sind. Andere Namen für B. sind **Smektit** (meist mit Kalziumionen beladen und deshalb wenig quellfähig, aber aktivierbar), **Fullererde, Walkerde** u. a. B. zeigt in wäßriger Suspension (gegebenenfalls nach HCl-Vorbehandlung) die Eigenschaft der → Thixotropie; er hat starkes Adsorptionsvermögen, auch für organische Stoffe; adsorbierte Ionen sind austauschbar.

B. wird u. a. verwendet zum Entfärben von Ölen, als Dickspülung bei Tiefbohrungen, zum Abdichten von Bohrlochwandungen und Dämmen, zum Plastifizieren von Formsanden, in der Keramik und der pharmazeutischen Industrie.

Benzaldehyd, $C_6H_5—CHO$, der einfachste aromatische Aldehyd. B. ist eine farblose, nach bittern Mandeln riechende Flüssigkeit (Kp. 179 °C). Durch Autoxydation geht er leicht in Benzoesäure über, die Reduktion führt zu Benzylalkohol. Durch konzentrierte Alkalilaugen wird B. zu Benzylalkohol und Benzoesäure disproportioniert (→ Cannizzarosche Reaktion). B. kommt als Bestandteil des Amygdalins der bittern Mandeln und in den Kernen vieler Früchte vor. Technisch wird er aus Toluol hergestellt. Er dient zur Herstellung pharmazeutischer Präparate, von Farbstoffen und Riechstoffen.

Benzidin, $H_2N—(C_6H_4)_2—NH_2$, 4,4'-Diaminodiphenyl, farblose, häufig leicht bräunliche Kristalle (F. 128 °C). Man erhält B. durch Einwirkung starker Mineralsäuren auf Hydrazobenzol (Benzidinumlagerung). B. ist Ausgangsprodukt für die **Benzidinfarbstoffe,** die als direktziehende Farbstoffe die Zellulosefaser unmittelbar anfärben. Der bekannteste Vertreter ist das Kongorot.

Benzin (Tafel 22), ein Gemisch leichtsiedender Kohlenwasserstoffe, die bis zu einer Temperatur von 220 °C sieden. Im wesentlichen besteht B. aus den Alkanen Pentan bis Dekan (Normal- und Isoverbindungen) sowie zyklischen, d. h. naphthenischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen. Bei gewöhnlicher Temperatur ist B. flüssig, farblos und sehr feuergefährlich; der Flammpunkt liegt unterhalb 0 °C. Wegen der uneinheitlichen Zusammensetzung schwanken die Dichtewerte bei 15 °C zwischen 0,720 und 0,800 g cm^{-3}, die Heizwerte zwischen 10400 und 10800 kcal je kg. B. verdunstet rasch und ergibt mit Luft gemischt explosible Dämpfe. Hierauf beruht seine Verwendung als Vergaserkraftstoff in Ottomotoren; wichtig ist dabei seine Klopffestigkeit, die durch die Oktanzahl charakterisiert wird.

Gewinnung. 1) B. erhält man heute fast ausschließlich aus Erdölen durch *Destillation* (Fraktion 50 bis 200 °C). Der Benzingehalt eines Erdöls kann zwischen 3 und 85 % schwanken, er liegt im Durchschnitt bei 10 bis 20 %. Der größte Teil dieses „straight-run-Benzins" wird durch *Reformieren* veredelt **(Reformierbenzin)** und als Vergaserkraftstoff verwendet; die direkte Verwendung als Vergaserkraftstoff ist meist wegen zu niedriger Oktanzahl nicht möglich. Direkt wird das B. aus Erdöl nach mehrmaliger Destillation und Raffination als Speziallösungsmittel eingesetzt **(Siedegrenzenbenzin).** Beim *Kracken* höherer Erdölfraktionen fallen **Krackbenzine** an, die gute Oktanzahlen besitzen, da bei dem Krackprozeß, insbesondere dem katalytischen, Dehydrierungen zu Alkenen, Isomerisierungen zu Isoalkanen und Aromatenbildung auftreten. Der größte Teil der heute im Weltmaßstab erzeugten B.e wird durch Kracken gewonnen.

2) Aus den „nassen" Erdgasen gewinnt man z. B. durch Adsorption an Aktivkohle oder Kieselgel **Naturgasbenzin.** Es besteht aus niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffen, die zu etwa 90 % unterhalb von 135 °C sieden. Sie besitzen eine relativ hohe Oktanzahl.

3) Bei der *Braunkohlenschwelung* fällt zu 20 % ein Leichtöl **(Schwelbenzin)** mit einem Siedebereich von 30 bis 180 °C an. Dieses wird aber wegen seiner Neigung zur Ausscheidung von Harzen nicht mehr direkt als Vergaserkraftstoff eingesetzt, sondern es wird der hydrierenden katalytischen Raffination unter Druck zugeführt.

4) Durch folgende Verfahren kann man sehr hochwertige B.e aus Kohlenwasserstoffgasen herstellen, z. B. das Triptan (2,2,3-Trimethylbutan) mit einer Oktanzahl von 101 oder das Isooktan (2,2,4-Trimethylpentan).

a) Durch katalytische *Polymerisation* ungesättigter oder an ungesättigten Verbindungen reicher Kohlenwasserstoffgase bei höherer Temperatur entstehen durch Vereinigung der Alkenmoleküle Produkte mit unterschiedlichen Molekulargewichten **(Polymerbenzin).** Es bilden sich höhere geradkettige und verzweigte Alkene, die zu entsprechenden Alkanen (z. B. Isooktan) hydriert werden können. Die Temperaturen betragen bei den verschiedenen Verfahren 75 bis 150 °C, die Drücke 10 bis 100 at. Zur Herstellung von Flugbenzin wurde auf diese Art Isooktan aus Isobuten erzeugt.

b) Durch Umsatz von gesättigten mit ungesättigten Kohlenwasserstoffen (*Alkylierung*) erhält man **Alkylatbenzin.** Als Einsatzprodukte dienen niedere Alkene mit niederen verzweigten Alkanen oder mit Benzol. Von besonderer Wichtigkeit ist die Alkylierung des Isobutans durch Buten oder des Benzols durch Äthen oder Propen.

c) Die für die Alkylierung notwendigen Isoalkane können aus normalen Alkanen durch *Isomerisierung* gewonnen werden. Von Bedeutung ist die Isomerisierung von n-Butan, ferner von n-Pentan, n-Hexan und n-Heptan.

5) Über die Gewinnung von B. durch *Druckhydrierung* von jüngerer Steinkohle, Braunkohle, Torf, Kohleextrakten, Pech, Hoch- und Tieftemperaturteeren, Erdöl und Erdölrückständen (Verfahren nach Bergius-Pier, TTH-Verfahren) → Hydrierung.

6) Die klassische Kohlenwasserstoffsynthese nach Fischer-Tropsch mit Kobaltkatalysatoren verwendet man kaum noch zur Treibstoffherstellung, da die B.e eine relativ niedrige Oktanzahl haben, dagegen wird sie zur Herstellung von Siedegrenzen- und Testbenzinen sowie von reinen Kohlenwasserstoffen noch angewandt. Durch Einsatz von Eisenkatalysatoren erhält man dagegen klopffeste isoalkanreiche B.e.

Bei der Erzeugung von **Hartbenzin,** also von B. in „festem" Zustand, werden winzig kleine

Benzintropfen durch einen Emulgierungsprozeß mit einem Plastfilm umschlossen. Das dadurch entstandene zähe Gel besteht zu 95 % aus B. und läßt sich zum Verbrauch durch einfaches mechanisches Pressen in B. und Plaststoff trennen.

Arten. Aus der Erdöl-Leichtöl-Fraktion und ähnlich aufgebauten Kohlenwasserstoffgemischen werden durch Destillation und Raffination neben Motortreibstoffen noch die **Spezial-** oder **Siedegrenzenbenzine** gewonnen.

Bezeichnung	Dichte	Siedegrenzen [°C]	Verwendung
Petroläther	0,645···0,655	40··· 60	zur Reinigung als Wundbenzin
Extraktionsbenzin	0,695···0,705	65··· 95	zur Speiseölextraktion
	0,710···0,725	80···110	zu Gummilösungen, als Extraktionsmittel
	0,720···0,730	80···125	
Leuchtbenzin (Gasoline)	0,665···0,670	30··· 85	für Beleuchtungszwecke
Waschbenzin	0,738···0,750	100···140	in Wäschereien, in der Textilindustrie
Lösungsbenzin	0,765···0,775	130···180	in der Lack- und Wachstuchindustrie
Testbenzin	0,780···0,790	140···200	in der Lackindustrie
Terpentinersatz	0,755···0,785	150···195	zu Schuhkrem und Bohnerwachs
Mineralterpentinöl	0,780···0,795	140···225	für Lacke und Farben

Als *Ligroin* bezeichnet man willkürlich häufig ein B. mittleren Siedebereichs.

Grob unterteilt man B. in 1) **Leichtbenzin**, eine Fraktion zwischen 70 und 120 °C, die man durch Redestillation aus Erdöl gewinnt. Es besteht im wesentlichen aus Hexanen, Heptanen und Oktanen und wird vorwiegend als Lösungsmittel, Wasch- und Wundbenzin benutzt; 2) **Schwerbenzin**, das zu 95 % bis 140 °C siedet.

Über die Verwendung von B. als Vergaserkraftstoff → Kraftstoffe.

Benzinabscheider, ein → Schwimmstoffabscheider.

Benzinierung, → Hydrierung.

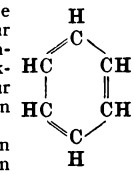
Benzinuhr, svw. → Kraftstoffmesser.

Benzoate, Salze und Ester der → Benzoesäure.

Benzoesäure, Benzolkarbonsäure, C_6H_5—COOH, die einfachste aromatische Karbonsäure. B. kristallisiert in farblosen Nadeln oder Blättchen (F. 121,7 °C). Ihre Salze und Ester heißen **Benzoate**. B. kommt in vielen Pflanzen frei oder in Form ihrer Ester vor, z. B. im Benzoeharz. Technisch gewinnt man B. aus Phthalsäure durch Abspaltung von Kohlendioxid oder durch katalytische Oxydation von Toluol. B. und ihre Salze dienen vor allem zur Konservierung von Lebensmitteln, ferner wird B. zur Herstellung von Farbstoffen, Lack, Firnis und Netzmitteln verwendet. Die Ester der B., z. B. Methylbenzoat (Niobeöl), Äthyl- und Benzylbenzoat, angenehm riechende Flüssigkeiten, benutzt man als Lösungsmittel und zur Herstellung von Parfümen und Fruchtaromastoffen.

Benzofuran, svw. → Kumaron.

Benzol, C_6H_6, Zyklohexatrien(1,3,5), der Grundkörper der aromatischen Verbindungen. Im B. sind je 6 C-Atome in einem Ring miteinander verbunden und die H-Atome gleichmäßig auf die C-Atome verteilt. Die als **Benzolring** bezeichnete Strukturformel wurde 1865 von Kekulé von Stradonitz angegeben:



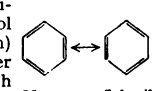
Benzolring

Trotz moderner Anschauungen über die Struktur des Benzols (→ Mesomerie) verwendet man heute noch die Kekulé-Formel, allerdings in der mesomeren Schreibweise.

gebräuchliche vereinfachte Formel

B. ist eine farblose, charakteristisch riechende, stark giftige Flüssigkeit (Kp. 80 °C). Mit Alkohol und Äther ist B. unbegrenzt mischbar. Es ist leicht entzündlich und brennt mit stark rußender Flamme. B. kommt im Erdöl, in Kokereigasen und im Steinkohlenteer vor. Bei der Gewinnung von B. geht man heute vor allem von Erdöl aus, und zwar von den Benzinfraktionen, die an Platinkontakten in aromatenreiche Gemische übergeführt werden. B. dient hauptsächlich zur Herstellung zahlreicher organischer Verbindungen (Übers.), ferner als Lösungs- und Extraktionsmittel. Früher wurde B. hauptsächlich zur Verbesserung der Oktanzahlen von Kraftstoffen eingesetzt.

Zu den **Benzolderivaten** zählt man im weiteren Sinn alle aromatischen Verbindungen, deren Strukturformeln den aus 6 C-Atomen bestehenden, dem B. zugrunde liegenden Ring enthalten, im engeren Sinn die aus B. selbst durch Eintritt anderer Atome oder Atomgruppen (Substituenten) an Stelle von Wasserstoff abgeleiteten Verbindungen. Tritt nur ein Substituent ein (Monoderivate), so ist wegen der Gleichwertigkeit aller 6 H-Atome nur ein neuer Stoff möglich, z. B. Monochlorbenzol C_6H_5—Cl oder Phenol (Hydroxybenzol) C_6C_5—OH. Treten 2 (gleiche oder ungleiche) Substituenten ein, so sind stets 3 Isomere möglich (Stellung 1,2; 1,3; 1,4), die man als ortho-(o-), meta-(m-) und para-(p-)Diderivate unterscheidet, z. B. o-Dihydroxybenzol (Brenzkatechin), m-Dihydroxybenzol (Resorzin) und p-Dihydroxybenzol (Hydrochinon). Bei über zwei Substituenten sind, wenn diese ungleich sind, noch mehr Isomere möglich.

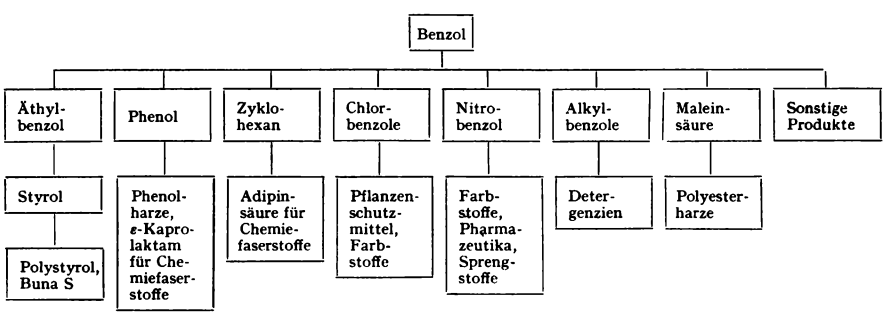


Mesomere Schreibweise der Kekulé-Formel

Benzolkarbonsäure, svw. → Benzoesäure.

Benzophenon, → Ketone.

3,4-Benzpyren, ein im Steinkohlenteer enthaltener fünfkerniger, aromatischer Kohlenwasserstoff. 3,4-B. kristallisiert in gelbe Nadeln

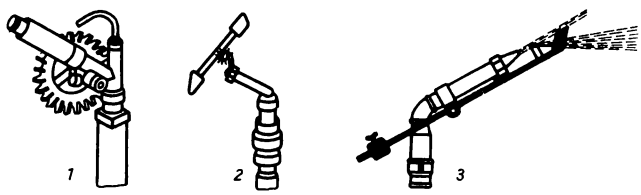


(F. 179 °C). Es ist auch Bestandteil der Teerprodukte des Zigarettentabaks und wird auf Grund seiner stark karzinogenen (krebserregenden) Wirkung als Hauptursache der Lungenkrebsbildung angesehen.

Benzylalkohol, $C_6H_5-CH_2-OH$, der einfachste aromatische Alkohol. B. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. 205,5 °C). B. kommt in verschiedenen ätherischen Ölen vor und wird technisch durch Verseifen von Benzylchlorid mittels Alkalikarbonatlösungen hergestellt. Man verwendet B. als Lösungsmittel und in der Medizin zur Herstellung schmerzlindernder Präparate.

Benzylzellulose, → Zelluloseäther.

Beregnung, 1) eine Art der Bewässerung, die künstliche, regenähnliche Verteilung von Wasser (auch Abwasser) auf Grünland, Acker u. a. durch **Beregnungsanlagen.** Dazu gehören a) das von einem Elektro-, Benzin- oder Dieselmotor (z. B. Schleppermotor) angetriebene *Pumpwerk* (meist Kreiselpumpe); b) die *Rohrleitungen* zur Wasserführung, gewöhnlich eine ober- oder unterirdisch verlegte Hauptdruckleitung und eine fliegende Leitung aus oberirdisch liegenden, durch Schnellkupplung zu verbindenden Druckrohren mit Abzweigstutzen und Absperrschieber; c) die



1 Turbinenregner, *2* Propellerregner, *3* Vertikalschwinghebelregner

Regner, deren durch die Düse austretender Wasserverteilungsstrahl automatisch gedreht wird. Es gibt ortsfeste, halbbewegliche und vollbewegliche Beregnungsanlagen. Bei den Regnern unterscheidet man nach der Wurfweite **Kurz-, Mittel-** und **Weitstrahlregner,** nach der Bauart z. B. **Turbinen-, Propeller-, Schwinghebelregner. Langsamregner** verteilen wenig Wasser in langer Betriebszeit. **Großflächenregner** beregnen bei einer mittleren Regenhöhe von 10 mm/h bis zu 2,0 ha (Wurfweite des Wasserstrahls 100 m); wegen der hohen Betriebskosten ist man jedoch von ihnen abgekommen. Heute arbeitet man allgemein mit Anlagen, die bei 40 m Wurfweite und 12 mm/h Regenhöhe eine Fläche von 0,25 ha beregnen. Die Wurfweite kann durch Unterbrechung des Strahls und stoßweise Wasserabgabe erhöht werden **(Regenkanone).**

2) im Kohlenbergbau die schleierartige Verteilung von Wasser, um Kohlenstaubbildung zu verhüten.

Bereifung, → Luftbereifung.

Bergbahn, ein Fördermittel zum Einsatz in unwegsamem oder steilem Gelände. Es dient dazu, Berggipfel oder Ortschaften in sehr bergigem Gelände an das öffentliche Verkehrsnetz anzuschließen. Die **Reibungsbergbahn** ist eine normale Schienenbahn (→ Eisenbahn). Die Fortbewegung wird durch Reibschluß zwischen Rad und Schiene erzielt, es können Steigungen bis etwa 100‰ überwunden werden. Reibungsbergbahnen sind die Brockenbahn im Harz, die untere Teilstrecke der Zugspitzbahn und die Berninabahn in der Schweiz. Größere Steigungen können mit der → **Zahnradbahn** (bis maximal 500‰), mit der **Standseilbahn,** einer Sonderbauart der Luftseilbahn (Seilschwebebahn, bis maximal 750‰) und mit der → **Seilschwebebahn** überwunden werden.

Bergbau (Tafeln 20 und 21), das Erkunden, Aufschließen, Abbauen und Fördern mineralischer Rohstoffe auf ihren natürlichen Lagerstätten, einschließlich der Aufbereitung und der im örtlichen Zusammenhang stehenden Weiterverarbeitung der Produkte. Lagerstätten an der Erdoberfläche oder unter geringmächtigem Deckgebirge werden im → Tagebau, d. h. in einer offenen Grube abgebaut. Liegt das nutzbare Mineral oder Gestein tief in der Erde, so muß es im → Untertagebau, d. h. im **Bergwerk** abgebaut werden.

Lit. Taschenb. für den Bergmann, 4 Bde (Leipzig, 1961—64); → Tagebau, → Untertagebau.

Berge *Plur.*, im Bergbau das bei der Gewinnung anfallende taube Gestein. Die B. werden entweder über Tage auf Halde verstürzt oder unter Tage zum Versetzen **(Bergeversatz,** → Versatz) leergeförderter Grubenbaue verwendet, wodurch die Schachtförderung entlastet wird. Reichen die anfallenden B. zum Versetzen nicht aus, so werden zusätzliche Mengen in Abbauen unter Tage, den **Bergemühlen,** gewonnen (z. B. im Erz- und Salzbergbau).

Bergflachs, ein → Amphibol.

Bergius-Verfahren, → Hydrierung.

Bergkristall, eine Varietät des → Quarzes.

Bergschäden, Schäden, die über Tage an Gebäuden und im Gelände durch das Absenken des Gebirges in Gruben entstehen. B. versucht man durch Stehenlassen von Sicherheitspfeilern, vor allem unter wichtigen Baulichkeiten, z. B. Bahnhöfen, Kanälen, Häfen, Bahnlinien u. a., zu vermeiden. Ihre Wiedergutmachung, also das Herstellen des ursprünglichen Zustandes, ist Aufgabe des verursachenden Betriebes.

Bergstriche, svw. Schraffen, → Reliefdarstellung.

Bergtalg, svw. → Erdwachs.

Bergwaage, ein einfaches Gerät zum Messen von Steigungs- und Böschungswinkeln. Es besteht meist aus einem etwa 3 m langen, oft mit einem Gradbogen versehenen Richtscheit, das mit einem Pendel in die Horizontale eingerichtet werden kann.

Bergwerk, → Bergbau.

Berieselung, Rieselbewässerung, eine Art der Bewässerung, wobei das durch einen Zuleiter (Graben, Rohr) herangeführte Wasser in einer dünnen Schicht über die Bewässerungsfläche geleitet wird. Voraussetzung ist ein natürliches Gefälle (natürlicher Hangbau) oder ein künstlich geschaffenes Gefälle (künstlicher Hangbau, künstlicher Rückenbau) und ein bis zu einem gewissen Grad durchlässiger Boden der Bewässerungsfläche. → Rieselfeld.

Berkelium, Symbol **Bk,** radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 97, Massenzahlen der bisher bekannten Isotope 243 bis 250 (das stabilste Isotop ist $^{247}_{97}Bk$, ein α-Strahler mit Halbwertszeit von $7 \cdot 10^3$ Jahren), Wertigkeit III und IV. B. wurde 1949 von Ghiorso, Thompson und Seaborg im Zyklotron von Berkeley (USA) bei der Beschießung von Amerizium-241 mit α-Teilchen entdeckt, heute kann man es auch durch Beschuß von Curium mit α-Teilchen und Deuteronen darstellen.

Berliner Blau, $Fe_4^{III}[Fe^{II}(CN)_6]_3$, eine dunkelblaue, unlösliche Verbindung, ein Pigment. B. B. entsteht beim Versetzen einer Eisen(III)-salzlösung mit einer Lösung von gelbem Blutlaugensalz. Bei der Zugabe einer Lösung von rotem Blutlaugensalz zu einer Eisen(II)-salzlösung erhält man ebenfalls einen dunkelblauen, unlöslichen Niederschlag, **Turnbulls Blau,** $Fe_4^{III} \cdot [Fe^{II}(CN)_6]_3$. Beide Reaktionen benutzt man zum Nachweis und zur Erkennung der Oxydationsstufen des Eisens. B. B. wird infolge seiner Lichtechtheit als Malerfarbe und für den Papier- und Tapetendruck sowie zum Bläuen

von Wäsche (Waschblau) verwendet. Im Handel ist es auch als **Pariser Blau, Preußisch Blau, Miloriblau** oder **Stahlblau** bekannt. Die Malerfarbe **Mineralblau** ist mit Gips oder Schwerspat gestreckt.

Berme *f*, **Bankett**, bei Böschungen eine fast horizontal verlaufende, 1 bis 2 m breite Stufe zur Verringerung der Gefahr der Bodenerosion. Als **Innenberme** bezeichnet man bei einem Damm, der aus zwei verschiedenen Materialien geschüttet wird, die im Damminnern liegende Stufe zwischen beiden Materialien. Die an der Dammaußenseite angelegte Stufe heißt **Außenberme**. Die luftseitige Außenberme wird oft als **Binnenberme** bezeichnet. Abb. → Deich.

Bernoullische Gleichung, eine Beziehung zwischen dem Druck p, der Dichte ϱ, der Geschwindigkeit v und dem Potential U der äußeren Kräfte einer stationären reibungsfreien Strömung: $\int \frac{dp}{\varrho} + \frac{1}{2} v^2 + U = k$. Dabei ist k die längs einer Stromlinie auftretende **Bernoullische Konstante**. Für den Spezialfall ϱ = konst. bei Flüssigkeiten und Gasen bis zu einer Machzahl von $M \approx 0{,}2$ und im Erdschwerefeld mit der Fallbeschleunigung g und der Höhenkoordinate z gilt $\frac{p}{g\varrho} + \frac{v^2}{2g} + z = k$, d. h., die Summe aus der Druckhöhe $\frac{p}{g\varrho}$, der Geschwindigkeitshöhe $\frac{v^2}{2g}$ und der Ortshöhe z (wobei die Bezugsebene für $z = 0$ frei wählbar ist) ist für einen Stromfaden konstant. Die B. G. läßt sich auch in Form einer speziellen Energiegleichung darstellen: $\frac{p}{\varrho} + \frac{v^2}{2} + gz = k'$, d. h., die Summe aus der Druckenergie $\frac{p}{\varrho}$, der kinetischen Energie $\frac{v^2}{2}$ und der potentiellen Energie gz ist bezogen auf die Masseneinheit längs einem Stromfaden konstant. Als Druckgleichung lautet die B. G. $p + \frac{\varrho}{2} v^2 + g\varrho z = k''$. Die Summe aus dem Druck p, der in der Technik als statischer Druck bezeichnet wird, und dem Staudruck (dynamischer Druck, hydrodynamischer Druck) $\frac{\varrho}{2} v^2$ wird Gesamtdruck p_{ges} genannt: $p_{ges} = p + \frac{\varrho}{2} v^2$. Aus dieser speziellen Form der B.n G. (Bezugshöhe $z = 0$) kann der Staudruck $q = \frac{\varrho}{2} v^2$ und damit die Geschwindigkeit $v = \sqrt{\frac{2(p_{ges} - p)}{\varrho}}$ berechnet werden, da der statische Druck p und der Gesamtdruck mit einfachen Strömungssonden meßbar sind.

Bernstein, ein fossiles Harz, ein Gemenge von etwa 78 % Kohlenstoff, 10 % Wasserstoff, 11 % Sauerstoff, 0,4 % Schwefel u. a.; amorph mit muscheligem Bruch, spröde, durchsichtig bis undurchsichtig trüb, hellgelb über orange bis braun, Härte nach Mohs 2 bis fast 3, D. 1 bis 1,1 g cm^{-3}; geriebener B. lädt sich negativ auf. B. wird an der Ost- und Nordseeküste gefunden und als Schmuckstein, Isolierstoff sowie in der chemischen Industrie verwendet.

Bernsteinsäure, $HOOC{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH$, eine Dikarbonsäure. Sie bildet farblose, stark sauer schmeckende Prismen (F. 187 °C). Ihre Salze und Ester heißen **Sukzinate**. B. findet sich frei und gebunden, besonders als Kalziumsalz, in verschiedenen unreifen Früchten, im Bernstein, in Algen, Pilzen u. a. Technisch gewinnt man sie durch Oxydation von Butandiol-(1,4) oder Tetrahydrofuran mit Salpetersäure. Verwendet wird B. zur Herstellung von Farbstoffen und pharmazeutischen Präparaten. Die Polyester der B. sind gute Weichmacher und Lösungsmittel für Wachse und Kunstharze.

beruhigter Stahl, ein so weit desoxydierter Stahl (→ Desoxydation), daß bei seinem Vergießen in der Kokille keine wesentliche Gasbildung, insbesondere von Kohlenmonoxid, entsteht. B. S. ist im Vergleich zum → unberuhigten Stahl alterungsbeständiger und weist verhältnismäßig geringe Seigerungen auf, hat aber gegenüber unberuhigtem Stahl geringeres Ausbringen. Legierte Stähle werden nur beruhigt vergossen.

Berührungsgifte, svw. → Kontaktgifte 1).

Berührungsspannung, Kontaktspannung, 1) physikalische Chemie: Spannung, die auftritt, wenn sich zwei chemisch verschiedene Substanzen berühren. Ihre Grenzflächen laden sich dabei in sehr geringer Stärke entgegengesetzt elektrisch auf (*Volta-Effekt*), da von dem einen Körper Elektronen abgegeben werden und sich am andern anlagern. Es bildet sich ein **Kontaktpotential** aus. Bei Nichtleitern trägt der Stoff mit kleinerer Dielektrizitätskonstante die negative Ladung. Die erforderliche innige Berührung erzielt man bei schlechten Leitern durch Reiben. Ordnet man die metallischen Leiter nach ihrem Kontaktpotential in der Weise, daß das negative Metall weiter rechts steht, so erhält man die *elektrische Spannungsreihe*: (+) K, Na, Al, Zn, Pb, Sn, Sb, Bi, Fe, Cu, Ag, Au, Pt (−).

Die Ursache für das Auftreten der B. liegt in den verschieden großen Elektronenaustrittsarbeiten der Metalle begründet. (→ Lenard-Effekt, → Peltier-Effekt, → Reibungselektrizität, → Thermoelektrizität).

2) Starkstromtechnik: die Spannung, die bei einer Störung (→ Körperschluß) zwischen nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden, elektrisch leitfähigen Anlagenteilen (z. B. Gehäusen von Motoren) untereinander oder zwischen diesen und Erde auftritt und von Mensch oder Tier durch Berührung überbrückt werden kann. Als zu hohe B.en gelten nach TGL für Menschen mehr als 65 V Wechselspannung bzw. 100 V Gleichspannung und für Nutztiere mehr als 24 V Wechselspannung bzw. 35 V Gleichspannung. In den TGL-Vorschriften enthaltene Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von B. sind vorschriftsmäßige Isolierung, Erdung bzw. Nullung, Schutzschaltungen gegen Fehlerspannung.

Beryll, ein Mineral, ein Ringsilikat, $Be_3Al_2 \cdot [Si_6O_{18}]$; hexagonal, farblos und farbig, Bruch muschelig, spröde, Härte nach Mohs 7,5 bis 8, D. 2,67 bis 2,91 g cm^{-3}. B. kommt am häufigsten in Pegmatitgängen in sauren Eruptivgesteinen vor. Er wird als Rohstoff für die Gewinnung von Beryllium verwendet. Die klaren und durchsichtigen B.e sind wertvolle Edelsteine, z. B. der grün gefärbte **Smaragd**, der himmelblau gefärbte **Aquamarin**, der rosenrote **Morganit (Worobieffit)** und der gelb gefärbte **Heliodor (Goldberyll)**.

Beryllium, Symbol **Be,** chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, der Erdalkaligruppe, Reinelement, Leichtmetall; Ordnungszahl 4, Atomgewicht 9,0122 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. 1,86 g cm^{-3}, F. 1285 °C, Kp. 2970 °C, 1797 von Vauquelin und Klaproth entdeckt. B. und seine Verbindungen sind giftig. Es kommt hauptsächlich im Beryll vor und wird daraus durch Sintern mit einem Aufschlußmittel oder durch Schmelzen ohne Aufschlußmittel aufgeschlossen und zu Berylliumhydroxid $Be(OH)_2$ aufgearbeitet, das durch Reduktion oder Elektrolyse in das Metall übergeführt wird. B. hat elementar oder als Legierungsbestandteil Bedeutung für den Bau von Flugzeugen, Raketen und Weltraumfahrzeugen, ferner als Austrittsfenster für Röntgenstrahlen und als Desoxydationsmittel. Besonders reines B. wird in Kern-

reaktoren als Neutronendonator verwendet. Ein Gemisch von Berylliumpulver und Radium, Aktinium oder Plutonium dient als künstliche Neutronenquelle. Vor allem ist B. ein ausgezeichnetes, qualitätsverbesserndes Legierungsmetall, besonders für Co, Ni, Fe, Cu, Ag und Al. Aus Beryllium-Nickel-Legierungen werden funkenfreie Werkzeuge für explosionsgefährdete Räume hergestellt, ferner — ebenso wie aus Beryllium-Eisen-Legierungen — Membranen und Federn für hohe Temperaturen sowie chirurgische Instrumente.

Besatz, das Material zur Verdämmung der in das Bohrloch eingeführten Sprengpatronen.

Besäumen, das Abtrennen der Baumkante bei Brettern und Bohlen sowie das Abschneiden des Gratstreifens bei Blechen.

Beschichten, 1) eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren, das Auftragen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf einem Werkstück. B. kann in bezug auf den „Stoffzustand vor dem Beschichten" vorgenommen werden, und zwar aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand z. B. durch Aufdampfen, aus dem flüssigen oder pastenförmigen Zustand z. B. durch Einstreichen bzw. durch elektrolytische oder chemische Abscheidung aus Lösungen oder Suspensionen, z. B. Galvanisieren. Zur Verfahrenshauptgruppe B. gehören folgende Verfahren: Flammspritzen, Tauchen, Anstreichen, Spritzen (z. B. Lackspritzen), Auftragsschweißen, Aufschmelzen (z. B. Email), Aufdampfen, Auftragen durch Katodenzerstäubung, Galvanisieren, Auftragen durch Elektrophorese.

Verfahren, bei denen flächige Gebilde oder Furniere aufgebracht werden, zählen nicht zur Hauptgruppe B., sondern zur Hauptgruppe → Fügen.

2) ein- oder beidseitiges Aufstreichen, seltener Aufspritzen oder Aufgießen von Streichmassen auf Gewebe-, Faservlies-, Papierbahnen, Leder u. a. und anschließendes Trocknen bzw. Gelieren. Als Streichmasse werden Leim, Stärke, Kasein (nicht wasserfest) sowie Zellulose und ihre Derivate verwendet, neuerdings vor allem Kunstharzlösungen und -dispersionen, denen oft Weichmacher, Füll- und Farbstoffe beigemischt sind. Das B. wird bei der Herstellung von Wachstuch, Kunstleder, Stoffen für Regenschutzbekleidung (wasserdichte Ausrüstung, Gummierung), Verpackungsmaterialien u. a. angewendet.

Beschleuniger, svw. → Teilchenbeschleuniger.

Beschleunigung, Zeichen $\vec{a}$, die Änderung der Geschwindigkeit in der Zeiteinheit nach Betrag oder Richtung, mithin der Differentialquotient der Geschwindigkeit nach der Zeit $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$. Einheiten sind Meter/Quadratsekunde ($m\,s^{-2}$), Einheiten, die als Quotient aus einer Längeneinheit und dem Quadrat einer Zeiteinheit gebildet werden, sowie Gal. Die B. ist ein Vektor. Bei geradliniger Bewegung ist B. nur Änderung des Geschwindigkeitsbetrags; negative B., d. h. Abnahme des Geschwindigkeitsbetrags, heißt auch **Verzögerung.** Über den Sonderfall der gleichförmig beschleunigten Bewegung durch die Fallbeschleunigung → Fall. Bei krummlinigen Bewegungen, also allen Arten von Bahnen, auch im Raum, kann die B. $\vec{a}$ in zwei Komponenten zerlegt werden, von denen die eine in Richtung der Tangente (Tangentialbeschleunigung $\vec{a}_t$, Bahnbeschleunigung) in dem betreffenden Bahnpunkt, die andere senkrecht zur Bahntangente und damit senkrecht zur Bahn liegt (**Normal-** oder **Radialbeschleunigung** $\vec{a}_n = \frac{v^2}{r}$, wobei v die Geschwindigkeit in dem Bahnpunkt, r der Krümmungshalbmesser ist).

Bei der Relativbewegung eines Punktes gegen ein beschleunigtes Bezugssystem tritt noch eine zusätzliche B., die **Coriolisbeschleunigung** $\vec{a}_c$, auf. Die absolute B. des Punktes setzt sich zusammen aus der Führungsbeschleunigung $\vec{a}_f$, abgeleitet von der Führungsgeschwindigkeit des beschleunigten Bezugssystems, aus der Relativbeschleunigung $\vec{a}_r$, abgeleitet aus der Relativgeschwindigkeit des Punktes, und der Coriolisbeschleunigung $\vec{a}_c$. Rotiert ein Bezugssystem gegenüber einem ruhenden mit der Winkelgeschwindigkeit ω und bewegt sich ein Massepunkt gegenüber dem rotierenden System mit der Relativgeschwindigkeit $\vec{v}_{rel}$, so erfährt der Massepunkt in dem rotierenden System eine Coriolisbeschleunigung $a_c = 2\omega v_{rel} \sin \varphi$ (φ ist der von v_{rel} und ω eingeschlossene Winkel). Die Messung einer B. kann wegen des dynamischen Grundgesetzes (→ Newtonsche Axiome) auf eine Kraftmessung (Federwaage) zurückgeführt werden.

Beschweren, das Behandeln von Geweben mit Füllmitteln (**Beschwerungsmittel,** vor allem Mineralsalze), um die Ware kräftig und voll erscheinen zu lassen. Durch B. kann eine bessere Qualität vorgetäuscht werden. In der Wäsche wird das Beschwerungsmittel herausgewaschen, so daß die Gewebe lappig und unansehnlich werden. Nicht mit → Erschweren zu verwechseln.

Besetzungsnorm, → Arbeitsnorm.

Bessemerbirne, ein → Konverter.

Bessemer-Verfahren, ein Verfahren der → Stahlerzeugung.

Besteck, 1) die geographische Breite und Länge des Schiffsortes. Das **terrestrische B.** wird aus Peilungen oder Abstandsmessungen von Landmarken durch Zeichnung in der Seekarte gefunden. Das **gegißte B.** oder **Loggebesteck** wird durch Koppelrechnung mit Kurs und Distanz aus einem vorher bekannten B. berechnet. Das **astronomische B.** wird aus gemessenen Gestirnshöhen berechnet.

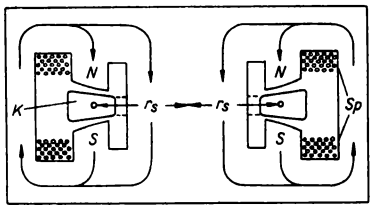
2) **Mittagsbesteck,** der um 12 Uhr Bordzeit erreichte Schiffsort.

Betaine, intramolekulare Salze von quartären Oniumbasen, z. B. von Ammoniumbasen. B. sind Zwitterionen. Sie sind im Tier- und Pflanzenreich weit verbreitet. Ihr einfachster Vertreter ist das **Betain** (Trimethylglykokoll) $(CH_3)_2N^{\oplus}$—CH_2—$COO^{\ominus}$, das besonders in der Rübenzuckermelasse vorkommt.

Betastrahlung, **β-Strahlung,** eine Korpuskularstrahlung, die bei radioaktiven Umwandlungen auftritt. Sie besteht aus Elektronen. Die B. durchdringt je nach ihrer Energie metallische Körper bis zu einigen Millimetern Schichtdicke, schwärzt Photoemulsionen und wirkt ionisierend. Sie läßt sich mit der Nebelkammer nachweisen und z. B. mit Zählrohren registrieren.

Betatron, Rheotron, Elektronenschleuder, Wirbelbeschleuniger, ein Kreisbeschleuniger für Elektronen. Die Wirkungsweise des B.s beruht auf dem Prinzip des Transformators, wobei dessen Sekundärwicklung durch ein hochevakuiertes, ringförmiges Beschleunigungsrohr ersetzt wird, in dem die umlaufenden Elektronen den Sekundärstrom bilden. Das für die Beschleunigung der Elektronen erforderliche elektrische Feld wird durch eine rasche zeitliche Änderung des magnetischen Flusses im Innern der Kreisbahn — also im Transformatorkern — erzeugt (→ Induktion), während die gekrümmte Bahn der Elektronen durch ein transversales Magnetfeld (Führungsfeld) bewirkt wird. Beide Magnetfelder werden von derselben Stromspule, die von einem sinusförmigen Wechselstrom durch-

flossen wird, erregt. Die Beschleunigung der Elektronen findet nur während des Feldanstiegs im Kern statt. Das Führungsfeld ist durch geeignet geformte Polschuhe so bemessen, daß alle Elektronen, die sich im Innern des Beschleunigungsrohrs auf einer bestimmten Kreisbahn befinden, diese Bahn — den Sollkreis — während des Beschleunigungsvorgangs nicht



Schnitt durch ein Betatron. r_s Sollkreisradius, *Sp* Spulen für die Felderregung, *K* ringförmiges Beschleunigungsrohr, *N* und *S* Polschuhe für das Führungsfeld. Die Pfeile deuten die Richtung des magnetischen Flusses an

verlassen, solange sie keiner Störung ausgesetzt sind. Elektronen, die z. B. infolge von Zusammenstößen mit restlichen Gasmolekülen aus dem Sollkreis geraten sind, werden durch rücktreibende Kräfte (axiale und radiale Fokussierung) zurückgelenkt. Die Erzeugung der Elektronen erfolgt durch eine außerhalb des Sollkreises befindliche Glühkatode. Mit Hilfe einer zusätzlichen Spannung (50 bis 100 kV) schießt man die Elektronen jeweils zu Beginn einer Periode möglichst tangential in den Sollkreis ein. Nach dem Beschleunigungsvorgang werden die Elektronen herausgeführt oder zur Erzeugung von harter Röntgenstrahlung (Tafel 31) auf eine metallische Antikatode gelenkt. Das B. liefert also keinen kontinuierlichen Elektronenstrom, sondern arbeitet in einem der Frequenz des Erregerstroms entsprechenden Rhythmus (Impulsbetrieb). Das Herausführen der Elektronen aus dem Sollkreis kann z. B. durch magnetische Zusatzfelder erreicht werden. Die Erregung der dazu erforderlichen Hilfsspulen erfolgt meist durch Entladung von Kondensatoren. Ein anderes Verfahren besteht in der Verwendung einer Streufolie in Verbindung mit einem Ablenkkondensator, wobei es gelungen ist, bis zu 90 % der umlaufenden Elektronen in einem engen Bündel außerhalb des B.s zu erhalten. — Bisher gebaute B.s haben Sollkreisdurchmesser zwischen 0,15 und 2,50 m; für den Erregerwechselstrom nimmt man Frequenzen von 50 bis etwa 1000 Hz. Bei Verwendung von 50-Hz-Wechselstrom beträgt die Beschleunigungszeit $^1/_{200}$ s. Es wurden B.s mit etwa 350 MeV (Megaelektronenvolt) Endenergie gebaut. Wesentlich höhere Energien lassen sich wegen der auftretenden Strahlungsdämpfung nicht erreichen.

Beta-Umwandlung, → Radioaktivität.

Bethe-Weizsäcker-Zyklus, → Kernfusion.

Beton, ein Baustoff, der aus hydraulischen Bindemitteln (meist Zement), Zuschlagstoffen und Wasser, gegebenenfalls unter Zugabe von Zusatzstoffen, hergestellt wird. Die Eigenschaften des B.s sind abhängig von Art, Güte und Menge des Zements, von Art, Güte, Kornform, Kornzusammensetzung und Oberflächenbeschaffenheit der → Zuschläge, der Menge des Anmachwassers (Wasserzementwert) und der Verdichtung.

Nach der Rohdichte unterscheidet man Schwerstbeton, Schwerbeton und Leichtbeton.

1) **Schwerstbeton** (Rohdichte über 2,4 kg/dm³) wird mit Zuschlagstoffen aus Schwerspat oder Stahlschrott hergestellt. Er wird für Belastungen verwendet, z. B. beim Spannen elektrischer Drähte. Ferner dient er zur Absorption von Gammastrahlen.

2) **Schwerbeton** (Rohdichte 1,9 bis 2,4 kg/dm³), hergestellt mit Zuschlagstoffen aus Sand, Kies, Splitt, Schotter, Hochofenschlacke u. dgl., zeichnet sich durch dichtes Gefüge, Festigkeit und Wasserundurchlässigkeit aus. Er wird verwendet bei Beton- und Stahlbetonkonstruktionen im Hoch-, Tief- und Wasserbau, für Stahlsteindecken und die verschiedensten Betonwaren, z. B. Balken, Dachsparren, Abdeckplatten, Dachsteine, Wandbauplatten, Estriche, Treppenstufen, Gehwegplatten, Werksteine, Pfosten, Bordsteine, Spundbohlen, Rohre, Brunnenringe u. a.

Die wichtigste Eigenschaft des Schwer- und Schwerstbetons ist seine Druckfestigkeit, die sehr hoch sein kann. So trägt z. B. ein Würfel von 20 cm Kantenlänge mit der Betongüte B 600 die Last von 240000 kp (Nutzlast von 24 Eisenbahnwaggons). Seine Zug-, Biegezug-, Schub- und Scherfestigkeit ist dagegen weit geringer, die Zugfestigkeit z. B. $^1/_{10}$ bis $^1/_{30}$ der Druckfestigkeit. Auf Zug beanspruchter B. muß in der Zugzone mit Stahleinlagen bewehrt werden (→ **Stahlbeton**). Die Stahleinlagen werden vielfach künstlich vorgespannt (→ **Spannbeton**). Besonders auf Verschleiß beanspruchter B., z. B. für Gehwegplatten, erhält eine Vorsatzschicht mit verschleißfesten Zuschlägen wie Korund oder Siliziumkarbid **(Hartbeton)**.

Die Druckfestigkeit von B. wird festgestellt an Probewürfeln von 20, 10 oder 30 cm Seitenlänge. Die Einteilung in Güteklassen erfolgt nach 28-Tage-Druckfestigkeit eines 20er Würfels. Beton B 50 darf nur für Streifenfundamente im Häuserbau verwendet werden, B 80 und 120 für gering beanspruchte Bauteile, z. B. Fundamente, Kellerwände u. a., die frostfrei sein müssen. B 160 und 225 sind für höher beanspruchte Bauteile zugelassen, z. B. Brücken, Stützmauern u. a., die frostgefährdet sind. Auch B 300, 450 und 600 werden künftig mehr eingesetzt werden, z. B. für hochbeanspruchte Brücken- und andere Stahlbetonfertigbauteile.

3) **Leichtbeton** (Rohdichte 0,8 bis 1,9 kg/dm³) hat ein poröses Gefüge. Er soll im Gegensatz zu Schwerbeton möglichst viele kleine Luftporen enthalten. Das läßt sich erreichen a) durch Verwendung poröser Zuschlagstoffe, b) durch Wahl eines Kornaufbaus, der einen großen Hohlraumgehalt ergibt (B. mit Haufwerkporigkeit, **Einkornbeton**), c) durch Kombination der vorgenannten Möglichkeiten, d) durch künstliche Erzeugung von Luftzellen in der aus feinkörnigen Zuschlagstoffen bestehenden Betonmasse. Man unterscheidet bei solchen **Zellenbetonen** Gas- und Schaumbeton. Zur Erzielung von **Gasbeton** werden der zähflüssigen Feinbetonmasse Aluminiumpulver, Kalziumkarbidpulver oder Chlorkalk und Wasserstoffperoxid beigegeben. Das sich entwickelnde Gas bläht den Frischbeton auf. Die Erstarrungszeit des Zements muß mit der Gasbildung in Einklang gebracht werden, da sonst die Masse wieder zusammenfällt und keine homogene Porigkeit erzielt wird. Zur Herstellung von **Schaumbeton** wird der Masse ein Schaumbildner beigemischt, z. B. fertiger Schaum aus Feuerlöschern. Für die Herstellung von Leichtbeton gelten z. T. andere Regeln als für Schwerbeton.

Infolge der vielseitigen technologischen Möglichkeiten kann man sich den jeweiligen Anforderungen anpassen. Im allgemeinen steigt mit Verringerung der Rohdichte die Wärmedämmung, und die Festigkeitswerte gehen zurück. Leichtbeton wird heute viel für wärmedämmende nichttragende Außenwandelemente verwendet, wobei die Wanddicke unter Einhaltung der

Beton-mischmaschine

Mindestwärmedämmung auf 19 cm herabgesetzt werden kann. Bei Dächern z. B. ist außerdem die Masseverringerung von besonderer Bedeutung.

Eine weitere Einteilung der B.e erfolgt z. B. nach Zustand, Bindemittelanteil, Wassergehalt, Form und Art der verwendeten Zuschlag- oder Zusatzstoffe sowie nach ihrer Verarbeitung. Der lose oder auch schon verdichtete, aber unabgebundene B. heißt **Frischbeton,** der erhärtete **Festbeton.** Durch hohen Bindemittelanteil erzielt man einen dichteren und festeren B. **(fetter B.)** als mit geringem Bindemittelanteil **(magerer B.).** Der Wasserzusatz darf nicht zu hoch sein, er wird so gewählt, daß eine ausreichende Verdichtung und eine weitestgehende Hydration gewährleistet sind. Entsprechend früheren Bestimmungen unterschied man nach dem Wassergehalt **steifen (erdfeuchten) B.** mit 4 bis 6 % Wasser, **weichen (plastischen) B.** mit 7 bis 10 % Wasser, **flüssigen B.** mit 10 bis 15 % Wasser; jetzt sind 3 Betonsteifen durch TGL 117-0112 exakter festgelegt.

B. wird von Hand oder mit der Betonmischmaschine gemischt. Auf dem Transport zur Verwendungsstelle darf kein Entmischen eintreten. Als **Transportbeton** bezeichnet man den Beton, der in zentralen Mischanlagen bezogen und gegebenenfalls unter Fortsetzung des Mischprozesses zur Verwendungsstelle transportiert wird. Bis zum 2. Weltkrieg wurde B. vorwiegend an der Baustelle in Schalungen eingebracht. Es entsteht so **Monolithbeton** (die Bezeichnung deutet auf den zusammenhängenden Charakter hin). B. mit hohem Wasserzusatz kann z. B. als **Gußbeton** von Gießtürmen aus eingebracht oder als **Pumpbeton** mit einer Druckpumpe vom Mischer in die Schalung gepumpt werden über Längen bis zu 300 oder 400 m und bis zu 40 oder 50 m Höhe. Etwas steiferer B. kann durch steile Rinnen oder Rohre (auch unter Wasser) in die Schalung geschüttet werden **(Schüttbeton).** Im allgemeinen muß die Betonmasse verdichtet werden, und zwar steifer B. entweder durch Stampfen mit der Hand oder mit Elektro- oder Druckluftstampfern **(Stampfbeton),** in neuerer Zeit meist durch Rütteln mit Innen-, Außen-, Oberflächen- oder Tischrüttler **(Rüttelbeton).**

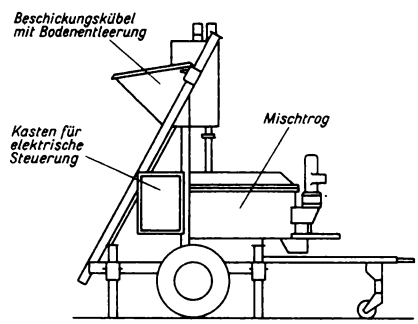
Spritzbeton wird als feinkörniger, flüssiger B. durch Druckluft gegen Wände, Stahlkonstruktionen u. a. gespritzt (→ Torkretverfahren). **Preßbeton,** mit gröberen Zuschlägen, wird als steifer B. mit Druckluft durch Rohre in Hohlräume gepreßt; er dient zur Wiederherstellung beschädigter Bauteile oder zur Standfestmachung von Gebirgsteilen beim Talsperrenbau. **Schleuderbeton** wird als weicher B. in waagerecht liegende Stahlformen gegossen, durch schnelles Drehen der Formen mittels Zentrifugalkraft an die Wand geschleudert und dabei stark verdichtet; er wird zur Herstellung von Rohren, Pfählen und Masten verwendet. Bei **Vakuumbeton (Saugbeton)** wird nach Einbringen des weichen B.s in die Schalung das überschüssige Wasser mit Vakuumapparaten abgezogen. Wenn man Oberflächen erzielt, die keine weitere Bearbeitung (z. B. steinmetzmäßiger Art) erfordern, spricht man von **Sichtbeton.**

B. muß während der Verarbeitung und der Erhärtung vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Mit Mischgut, das kälter als + 5 °C ist, darf nicht betoniert werden. Bei Außentemperaturen bis zu − 3 °C darf nur unter besonderen Vorsichtsmaßregeln betoniert werden (Wärmen der Zuschlagstoffe und des Wassers, Umschließen und Heizen der Baustelle, Anwenden von Frostschutzmitteln), bei höheren Kältegraden gar nicht. Beschleunigtes Erhärten von B. (Frühhochfestmachung) wird durch Dampfbehandlung erreicht. Weitere Maßnahmen bei der Verarbeitung → Zusatzstoffe.

Mit dem Vordringen der Montagebauweise und der Notwendigkeit, im Bauwesen mit weniger Holz und Stahl auszukommen, hat die Produktion von **Betonfertigteilen** und anderen Betonerzeugnissen immer mehr zugenommen. Besondere Bedeutung hat in der DDR die Gleitfertigung (z. B. Stasa) und die Großplattenfertigung in standardisierten Anlagen gewonnen.

Lit. Reinsdorf: Leichtbeton, Bd I: Leichtbetone aus porigen Zuschlagstoffen (Berlin 1961), Bd II: Porenbetone (Berlin 1963), Schaumbeton aus Industrieanfallstoffen (Schriftenreihe Baustoffe, Heft 7); Schmidt u. a.: Fachkunde für Betonbauer, Tl 1 und 2 (2. Aufl. Berlin 1960); Schulze: Der Baustoff B. und seine Technologie (Leipzig 1963); Betontaschenbuch, 4 Bde (Berlin 1963/67); Petzold: B. für hohe Temperaturen (2. Aufl. Berlin 1967).

Betonmischmaschine, eine Maschine zum Mischen von Zement, Zuschlagstoffen und Wasser. Nach dem Arbeitsprinzip unterscheidet man **Chargenmischer,** die das Material in einzelnen Zuteilungen mischen, und **kontinuierlich arbeitende Mischer.** Beide können als Freifall- oder als Zwangsmischer ausgeführt sein. Beim **Freifallmischer** wird das Material in eine Trommel geschüttet, die es beim Drehen mit Schaufeln nach oben trägt, von wo es in freiem Fall wieder nach unten auf den Boden der Trommel fällt und sich dabei mischt. Freifallmischer arbeiten mit Schurren- oder Gegenlaufentleerung, oder sie sind Kipptrommelmischer. Beim **Zwangsmischer** (Planetenmischer, Gegenstrommischer oder Rotormischer) wird das Material von den Mischaggregaten zwangläufig gemischt.



Betonmischmaschine (Rotorzwangsmischer)

B.n werden durch Elektro-, Diesel- oder Ottomotoren über Ölbadgetriebe oder im Freien laufende Zahnradgetriebe angetrieben und von Hand oder automatisch über mechanische, hydraulische oder elektrische Steuerung bedient.

Betonstraßenfertiger, eine Straßenbaumaschine, → Straße, III 1) a).

Betonverflüssiger, → Zusatzstoffe.

Betonverteiler, eine Straßenbaumaschine, → Straße, III 1) a).

Betrag, svw. → Absolutbetrag.

Betriebsdruck, der höchste zulässige Druck in einer Rohrleitung. Er ist nie höher als der Nenndruck, meist geringer als Funktion von Medium und Temperatur. Für Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe bis 120 °C ist der B. dem Nenndruck gleich, von 120 bis 300 °C beträgt er ≈ 80 % und von 300 bis 400 °C ≈ 64 % des Nenndruckes. In TGL 0-2401 sind die zulässigen Betriebsdrücke für drei Temperaturbereiche (bis 120 °C, bis 300 °C und bis 400 °C) standardisiert.

Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik, abg. **BMSR-Technik** (Tafel 46), Bezeichnung für einen modernen Industriezweig, der in technischer Hinsicht Träger aller wesentlichen Automatisierungsvorhaben in Industriebetrieben ist; → Automatisierung. Die enge Verbindung zwischen den genannten drei technischen

Disziplinen kommt auch in der eingetragenen Schutzmarke des Warenzeichens des Verbandes Regelungstechnik e. V. Berlin zum Ausdruck. Hierin stellen Skale und Meßwerkzeiger das „Messen", die drei Signalflußlinien das „Steuern" und die einfache Signalflußlinie mit Pfeil die gerichtete Wirkung des „Regelns" dar. (Abb.)

Lit. Curth: Betriebsmeß- und Regelungstechnik, 2 Bde (2. Aufl. Berlin 1965); Wiedmer: Technische Informationen — messen — steuern — regeln (5. Aufl. Berlin 1967).

Betriebsspannung, → Nennspannung.

Bettung, im Eisenbahnbau die Aufschüttung zur Einbettung der Schwellen, die zur Lastübertragung vom → Gleis auf das Erdreich und zur Trockenhaltung des Gleises dient (Abb. → Eisenbahnbau). Man verwendet dazu Schotter oder Gleiskies, die bei locker aufliegenden Schwellen mit Stopfhacken, Kraft- und Vibrationsstopfgeräten oder fahrbaren Gleisstopfmaschinen unter die Schwellen geschlagen (gestopft) werden, um eine feste Gleislage zu erhalten.

Die Säuberung der B. von Lokomotivasche, hochgedrücktem Erdreich, Staub und Steinmehl erfolgte früher von Hand (*Klotzverfahren*), heute mit *Schotterbettreinigungsmaschinen*, die den Schotter mittels Schrapper- oder Eimerketten unter dem Gleis entfernen und zu einem Siebsatz transportieren, von dem er nach Reinigung wieder unter das Gleis zurückfällt. Die Maschine bewegt sich dabei mit einer Arbeitsgeschwindigkeit von 30 bis 80 m/h auf dem Gleis vorwärts (Tafel 7).

Beuchen, ein Verfahren der Textilveredlung, das vor dem Bleichen von Baumwolle durchgeführt wird. Das B. dient dazu, Baumwollwachs zum leichteren Netzen bei den nachfolgenden Veredlungsbehandlungen (Bleichen, Färben, Drukken) herauszulösen, Eiweiß- und Pektinstoffe zu entfernen sowie Blatt-, Fruchtkapsel- und Samenschalenreste zu zerstören. Die Baumwolle wird in einem Druckkessel längere Zeit mit Alkalien unter 2 bis 3 at Druck gekocht. Bei großen Stoffpartien kann die Laugenbehandlung kontinuierlich erfolgen. In neuerer Zeit ist auch vielfach Abkochen bei Normaldruck (Brühen) üblich.

Beugung, die Abweichung von der geradlinigen Ausbreitung von Wellen, wenn diese auf ein Hindernis treffen. Sie tritt bei allen Wellenvorgängen auf, z. B. bei Wasser-, Schall- und elektromagnetischen Wellen. Fällt z. B. ein Lichtbündel auf einen Spalt oder Stab, so lassen sich die Konturen des entstehenden Schattens geometrisch bestimmen, solange die Abmessungen des Spaltes oder Stabes groß sind im Vergleich zu der Wellenlänge des Lichtes. Das ist jedoch nicht mehr richtig, wenn die Abmessungen von der Größenordnung der Lichtwellen oder kleiner sind. Trifft eine Wellenfront auf eine Wand mit einem engen Spalt, so muß man für die Ausbreitung hinter dem Spalt das → Huygenssche Prinzip zugrunde legen, d. h., man betrachtet jeden Punkt innerhalb des Spaltes als Zentrum einer neuen Elementarwelle, die sich nach allen Seiten ausbreitet. Es gelangt also auch Licht in den Raum jenseits der geometrischen Schattengrenze, die Wellen werden an den Kanten des Spaltes in den Schattenraum gebeugt. Der Schwingungszustand in einem bestimmten Punkt ergibt sich durch Überlagerung der Schwingungszustände aller Elementarwellen, wobei Verstärkung oder Auslöschung eintreten kann (→ Interferenz). Fängt man das Spaltbild mit einem Schirm auf, so erkennt man, falls einfarbiges Licht vorliegt, ein Beugungsbild aus hellen und dunklen Linien, die Interferenzstreifen. Die Gesamtheit der Streifen heißt **Beugungsspektrum.** Bei weißem Licht, das aus allen Wellenlängen des sichtbaren Bereichs des elektromagnetischen Spektrums zusammengesetzt ist, werden die Interferenzstreifen farbig. Besonders wichtig ist die B. an einem **Beugungsgitter,** das ein System von sehr vielen, dicht nebeneinanderliegenden Spalten darstellt. Fällt auf ein derartiges Gitter ein schmales Lichtbündel monochromatischen Lichts, so ergeben sich dahinter — außer in der ursprünglichen Richtung — auch in bestimmten seitlichen Richtungen mehrere Lichtbündel (Intensitätsmaxima), die rechts und links symmetrisch zum durchgehenden ursprünglichen Strahl liegen. Da die Lage dieser Lichtbündel — außer von der Gitterkonstanten — von der Wellenlänge abhängt, entstehen bei weißem Licht rechts und links vom direkten Strahl kontinuierliche Spektren. Gitter werden hergestellt, indem in eine Glasplatte (Transmissionsgitter) oder einen Metallspiegel (Reflexionsgitter) sehr viele Furchen eingeritzt werden (bis 1800 auf 1 mm). In ähnlicher Weise kann B. durch stehende Ultraschallwellen in einer Flüssigkeit erzeugt werden (*Debye-Sears-Effekt*). Röntgenstrahlung kann an der gitterförmigen Struktur eines Kristalls (Kristallgitter) gebeugt werden (→ Kristallstrukturanalyse). Je nachdem, ob paralleles oder divergentes Licht gebeugt wird, unterscheidet man **Fraunhofersche B.** oder **Fresnelsche B.**

Wegen der B. (z. B. an der Linsenfassung) entsteht bei der Abbildung eines Punktes durch ein optisches System kein idealer Bildpunkt, sondern ein **Beugungsscheibchen,** das ist ein Lichtpunkt, der von hellen und dunklen Kreisen umgeben ist. Die B. begrenzt das → Auflösungsvermögen optischer Geräte.

BeV, → Elektronenvolt.

Bevatron, ein → Protonensynchrotron.

Bewässerung, die künstliche Zuführung von Reinwasser und Abwasser auf Äcker, Wiesen, Gärten zur Förderung des Pflanzenwachstums. Die B. dient der Anfeuchtung, Düngung, Bodenreinigung, auch dem Frostschutz (→ Beregnung, → Berieselung, → Wasserbau).

beweglicher Landfunk, ein Funkdienst zwischen beweglichen und festen Landfunkstellen oder zwischen beweglichen Landfunkstellen untereinander. Der bewegliche L. arbeitet als → Sprechfunk im Ultrakurzwellenbereich mit Phasen- oder Frequenzmodulation. Die Reichweite liegt in der Größenordnung von 50 km. Je nach der Teilnahmemöglichkeit der Öffentlichkeit spricht man von **nichtöffentlichem beweglichem Landfunkdienst (nöbl),** zu dem z. B. → *Polizeifunk*, → *Rangierfunk*, *Feuerwehrfunk* und *Taxifunk* gehören, oder von **öffentlichem beweglichem Landfunkdienst (öbl),** der z. B. *Binnenwasserstraßenfunk*, *Hafenfunk*, (*Land-*) *Straßenfunk* und *Zugfunk* umfaßt. Beim öbl ist im allgemeinen eine Durchschaltung in das öffentliche Fernsprechnetz möglich. Sammelbezeichnung für nöbl und öbl ist *Verkehrsfunk*. Der *Selektivruf* ist eine vor Beginn des Gesprächs übertragene Kombination von Niederfrequenzen, die im Empfänger ausgewertet wird. Dies ermöglicht sowohl die direkte Anwahl eines bestimmten Teilnehmers (z. B. Fahrzeug) als auch die Wahrung des Fernsprechgeheimnisses gegenüber den anderen Teilnehmern.

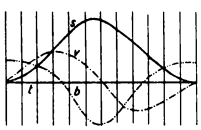
Bewegtbett, Bezeichnung einer die Anordnung des Katalysators betreffenden Arbeitsweise, z. B. beim katalytischen → Kracken.

Bewegung, 1) Mathematik: eine → Transformation, und zwar die Abbildung einer Ebene oder eines Raumes auf sich selbst, bei der die Originalfigur und das Bild kongruent sind und insbesondere der Abstand zweier Punkte unverändert bleibt. B.en werden deshalb auch *kongruente Abbildungen* genannt. Zu den B.en gehören *Parallelverschiebung* (*Translation*), *Drehung* und alle Abbildungen, die man durch Nacheinanderausführen von einer oder mehreren Translationen und Drehungen erhält. → Transformation, → Affinität.

Eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V. Berlin

2) Physik: die Ortsveränderung eines Körpers relativ zu einem als ruhend angenommenen Bezugssystem (**Relativbewegung**). Die B. eines Punktes besteht in der Änderung seiner Koordinaten mit dem Ablauf der Zeit. Im weiteren Sinne ist B. jeder Vorgang in Raum und Zeit. In der klassischen Mechanik unterscheidet man **gleichförmige** und **ungleichförmige B.**, je nachdem, ob in gleichen Zeiträumen gleiche Weglängen zurückgelegt werden oder nicht, ferner **geradlinige** und **krummlinige B.** Bei Körpern unterscheidet man **Translationsbewegung** (sämtliche Punkte des Körpers beschreiben einander parallele kongruente Bahnen) und **Rotationsbewegung** (alle Punkte des Körpers beschreiben konzentrische Kreise). Jedes Stück einer beliebigen B. eines Körpers kann als Rotation um einen Punkt, den Momentanpol, oder als Translation des Schwerpunkts und eine Drehung um diesen aufgefaßt werden. Die B. eines Körpers ist eben oder komplan, wenn alle seine Punkte ebene Bahnen beschreiben, die in parallelen Ebenen liegen. In der Quanten- und Wellenmechanik liegen solche anschaulichen B.en nicht vor. Mathematisch werden alle B.en durch **Bewegungsgleichungen** beschrieben.

Die **Bewegungsenergie** ist die einem Körper durch seinen Bewegungszustand innewohnende Arbeitsfähigkeit (→ Energie). Die **Bewegungsgröße** (oder Impuls) eines (translatorisch) bewegten Körpers ist das Produkt aus seiner Masse m und seiner (augenblicklichen) Geschwindigkeit $\vec{v}$. Bei Rotationsbewegung stellt das Produkt $J \cdot \vec{\omega}$ aus Trägheitsmoment J und Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ den **Drall** (auch Drehimpuls oder Impulsmoment) dar. Bewegungsgröße und Drall sind Vektoren. Im abgeschlossenen System bleiben Gesamtenergie, Gesamtimpuls (Vektorsumme!), Schwerpunkt und Gesamtdrall erhalten (→ Erhaltungssätze).



Bewegungsschaubild

Die **Bewegungslehre** ist ein Grundzweig der Mechanik, → Kinematik.

Bewegungsschaubilder (Bewegungsdiagramme) sind graphische Darstellungen von Weg s, Geschwindigkeit v und Beschleunigung b von Bewegungsspielen als Funktionen der Zeit t.

Bewehrung, Armierung, die Stahleinlagen im → Stahlbeton, auch Drahtgeflechteinlagen in Drahtglas und Preßmassen zur Erhöhung der Bruchsicherheit.

Bewetterung, die Zuführung von Frischluft im Bergbau.

Bewölkung, die Bedeckung der sichtbaren Himmelsfläche oberhalb 10° über dem Horizont mit Wolken. Der Grad der B., von dem die Sonnenscheindauer abhängt, wird geschätzt und in Achteln (Okta) oder Zehnteln der gesamten Himmelsfläche ausgedrückt: $^0/_{10}$ = wolkenlos; $^1/_{10}$ bis $^3/_{10}$ = heiter; $^4/_{10}$ bis $^6/_{10}$ = wolkig; $^7/_{10}$ bis $^9/_{10}$ = stark bewölkt; $^{10}/_{10}$ = bedeckt. Linien gleicher Bewölkungsstärke heißen *Isonephen.*

Bezugssystem, die als ruhend betrachtete Umgebung eines bewegten Körpers, auf die man die Bewegung bezieht. Ein B. ist allgemein definiert durch Punkte, Linien oder Flächen, die als fest gelten.

Bezugstemperatur, diejenige Temperatur, bei der Werkstücke und Meßmittel die angegebene Größe und garantierte Meßgenauigkeit haben. Die B. ist international auf 20 °C festgelegt. Soll eine andere B. gelten, so muß auf diese ausdrücklich hingewiesen werden, z. B. in der Physik 0 °C.

BFA, → Aschenbinder.

BHT-Verfahren, → Verkokung.

Bi, 1) Kurzz. für → Biot. 2) Symbol für → Wismut.

Bi..., 1) → Di...; 2) veraltet für Hydrogen...

Biberschwanz, ein flacher → Dachziegel.

Bichromate, fälschlich für Dichromate, → Chrom.

Biebricher Scharlach, ein lichtechter Azofarbstoff. B. S. färbt Wolle im sauren Bad bläulichscharlachrot, es dient außerdem zum Färben von Papier, Seide und Leder.

Biegefestigkeit, Zeichen σ_{bB}, die Biegespannung, bei der ein Probestab mit dem Widerstandsmoment W durch Einwirkung des größten Biegemoments $M_{b\,max}$ bricht (TGL 17857); $\sigma_{bB} = \frac{M_{b\,max}}{W}$.

Die B. wird in kp mm^{-2} angegeben und durch den **Biegeversuch** ermittelt, bei dem Kräfte quer zur Längsachse der Probe angreifen. Im Gegensatz zum Scherversuch (→ Scherfestigkeit) liegen die gegeneinander wirkenden Kräfte nicht in der gleichen Ebene, sondern die Biegekraft wirkt in größeren Abständen von den Auflage- oder Einspannkräften ein. Die Randschichten der Probe werden auf Zug und Druck beansprucht (→ Biegung). Da zähe Werkstoffe beim Biegeversuch nicht brechen, bestimmt man die B. vorwiegend an spröden Werkstoffen, wie grauem Gußeisen (TGL 14401), Sinterhartmetallen, Holz, Beton und Glas.

Biegeholz, → Holz.

Biegen, in der Fertigungstechnik ein Verfahren zur Herstellung gekrümmter Bleche, Rohre oder Stäbe. Diese werden durch Aufbringen eines Biegemoments über Werkzeugkanten oder frei durch Verdrehen der Einspannstellen schräg zueinander gestellt. Man unterscheidet → Abkanten, → Umschlagen, → Profilieren und → Rundbiegen.

Lit. Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951).

Biegeversuch, → Biegefestigkeit.

biegsame Welle, schraubenförmig gewundene Drähte, die in mehreren Lagen mit entgegengesetzter Schlagrichtung übereinandergewickelt sind. Die b. W. überträgt kleine Drehmomente, aber hohe Drehzahlen zwischen Wellen, die ihre Lage zueinander ändern. B. W.n werden verwendet, wenn zwei Aggregate räumlich ungünstig zueinander liegen oder wenn eines davon ortsbeweglich sein muß, z. B. bei handbewegten Werkzeugen (Bohrer beim Zahnarzt), beim Antrieb von Meßgeräten u. a.

Biegung, die Formänderung eines Stabes mit beliebigem Querschnitt, der bei einseitiger Einspannung durch eine quer zur Stabachse wirkende Kraft F oder, wenn der Stab auf zwei Stützen aufliegt, durch eine zwischen den Auflagern wirkende Kraft F belastet wird (→ Biegefestigkeit). Ein auf B. beanspruchter Stab wird auf der einen Seite gestaucht, auf der anderen gedehnt. Dazwischen liegt die *neutrale Faser,* die ihre ursprüngliche Länge behält. Ihre Form, die sie bei elastischer Beanspruchung unter Last annimmt, nennt man *elastische Linie.* Im elastischen Bereich bleiben die Querschnitte eben. Die Längenänderungen und Spannungen in den verformten Bereichen sind deshalb proportional den Abständen von der neutralen Faser. Für Festigkeitsberechnungen sind die auftretenden Biegemomente maßgebend. Sie werden rechnerisch oder zeichnerisch ermittelt und sind das Produkt aus Biegekraft und Hebelarm. Die Stelle, an der das größte Biegemoment $M_{b\,max}$ vorliegt, bezeichnet man als *gefährdeten Querschnitt.* Hier bricht der Stab bei Überbeanspruchung.

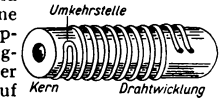
Wenn man das Biegemoment $M_{b\,max}$ durch das Widerstandsmoment M_w, das von der Form des Querschnitts abhängt, dividiert, erhält man die Biegespannung. Sie darf den zulässigen Wert $\sigma_{b\,zul.}$ nicht überschreiten.

Biegungsschwingung, svw. → Deformationsschwingung.

bifilar, svw. zweifädig.

bifilare Aufhängung, die Aufhängung des beweglichen Organs eines elektrischen Meßinstruments an zwei parallel laufenden Fäden, die gleichzeitig der Stromhin- und -rückführung dienen.

bifilare Wicklung, in der Elektrotechnik die Wicklungsart, bei der der Draht in der Mitte zusammengelegt und dann von dieser Umkehrstelle aus aufgespult wird. Dadurch verlaufen die durch zwei benachbarte Drähte fließenden Ströme jeweils entgegengesetzt. Da sich hierdurch ihre elektromagnetischen Wirkungen aufheben, ist diese Art der Wicklung induktionsarm und wird besonders bei Präzisionswiderständen verwendet. (Abb.)



bifilare Wicklung

Bifokalgläser, → Sehhilfe.

Bifurkation, → Fluß.

bikonkav, beiderseits nach innen gekrümmt, → Linse.

bikonvex, beiderseits nach außen gewölbt, → Linse.

Bild, die durch ein optisches System hervorgegerufene Projektion eines Gegenstandes in einer Ebene; → Abbildung.

Bildaufnahmeröhre (Tafel 48), eine Elektronenröhre, die beim Fernsehen zur Umwandlung und Zerlegung eines optischen Bildes in elektrische Bildsignale dient. Das optische Bild wird auf die ebene Frontscheibe der B. projiziert, hinter der sich eine lichtelektrisch wirksame Schicht befindet. Es gibt B.n, die mit dem äußeren lichtelektrischen Effekt arbeiten (z. B. Ikonoskop, → Superikonoskop, → Orthikon, → Superorthikon, → Ebicon, SEC-Vidikon), und B.n, in denen der innere lichtelektrische Effekt benutzt wird (→ Vidikon, → Plumbikon, → Infrarot-Vidikon). In allen modernen B.n läßt man den lichtelektrischen Strom in einen *Speicher* (*Speicherplatte*) fließen, in dem die Ladung für die Dauer eines Bildes ($^1/_{25}$ s) aufgespeichert wird. Für jeden Bildpunkt ist in diesem Speicher ein kleines als Kondensator wirkendes Speicherelement vorhanden. Ein feiner Abtastelektronenstrahl, der durch zeitlich veränderliche elektrische oder magnetische Querfelder zeilenweise über den Speicher bewegt wird, bringt alle Speicherelemente wieder nacheinander in den Grundzustand zurück. Die bei dieser Umladung der Speicherelemente fließenden kleinen Stromstöße bilden das *Bildsignal*, das entweder direkt am Speicher abgenommen wird oder in einem Sekundärelektronenvervielfacher (SEV), der sich innerhalb der B. befindet, verstärkt wird. Nur durch Einführung des Speicherprinzips konnte die hohe Lichtempfindlichkeit der modernen B.n erreicht werden. Es gibt B.n ohne und mit Vorabbildung (→ Bildwandler).

Bildfeldwölbung, ein → Abbildungsfehler.

Bildfunk, Bildtelegrafie (Tafeln 37 und 51), die drahtlose oder drahtgebundene Übertragung stehender Bilder. Bei Halbtonbildern (Photographien) spricht man allgemein von B., bei Schwarzweiß-Vorlagen ohne Halbtöne spricht man von **Faksimiletelegrafie.** Im Sendegerät wird die zu übertragende Vorlage punktförmig von einem scharf gebündelten Lichtstrahl abgetastet. Der an der Bildstelle in seiner Intensität unterschiedlich reflektierte Strahl erregt eine Photozelle. Dadurch wird das Bild in elektrische Impulse aufgelöst. Diese werden einem elektrischen Sender zugeführt, der sie durch → Modulation in eine für die Übertragung geeignete Form umsetzt (z. B. durch AM oder FM oder auch PCM). Im Empfänger erfolgt zunächst eine Demodulation. Die demodulierten Zeichen werden dann in der Empfangsapparatur wieder in Lichtimpulse umgesetzt, die eine photographische Schicht belichten. Nach der Entwicklung erhält man ein gerastertes Abbild des Originals. Die Rasterung richtet sich nach den gestellten Anforderungen. Im allgemeinen genügt eine Auflösung von 4 Bildpunkten je mm in Längs- und Querrichtung. Für Zeitungsübertragungen ist eine Auflösung in 10 bis 20 Bildpunkte je mm notwendig. Am Sender wird die Vorlage meist auf eine Trommel gespannt, die Abtastung erfolgt dann spiralförmig, die Ganghöhe der Spirale entspricht dem Auflösungsvermögen. In der Empfangsapparatur wird der Film entsprechend angeordnet. Bei rotierenden Trommeln ist eine exakte Synchronisierung von Sender und Empfänger notwendig sowie eine sehr hohe Genauigkeit der beiden Phasenlagen. Die Umsetzung der elektrischen Impulse in Lichtimpulse kann auf verschiedene Weise erfolgen, z. B. mit einer Kerrzelle. Neuerdings werden spezielle Glimmlampen hierfür verwendet, die eine sehr hohe Zuverlässigkeit aufweisen und auch für sehr schnelle Übertragungen geeignet sind.

Es sind auch Faksimiletelegrafen bekannt, die eine unmittelbare Aufzeichnung vornehmen. Amerikanische Geräte verwenden Funkenregistrierpapier, das durch elektrische Funken geschwärzt wird. Die übertragenen Impulse müssen dabei so verstärkt werden, daß sie einen Funkendurchschlag hervorrufen. Andere Geräte verwenden eingefärbte Röllchen, die mit Hilfe von Elektromagneten durch die Empfangsimpulse gegen normales Papier gedrückt werden. Auch sind für die Aufzeichnung elektrochemische Verfahren verwendet worden.

Bildkamera, 1) **Laufbildkamera, Filmkamera,** eine Kamera für die kinematographische Bildaufzeichnung auf 8-mm-, 9,5-mm- und 16-mm-Kinefilm (→ Schmalfilmkamera), 35-mm-Kinefilm (Normalfilmkamera, Atelierkamera) und 70-mm-Kinefilm (Breitfilmkamera, Tafel 55). Die B. besteht aus Filmmagazin, Antriebsmotor und Kameragehäuse mit Getriebe, Umlaufverschluß, Bildsucher, Belichtungsmesser, Bildfenster und Aufnahmeobjektiv. Der Film wird am Bildfenster belichtet und durch ein Greifersystem bildweise geschaltet. Der Antrieb des Greifers, dessen Spitzen den Film durch Eingriff in die Perforationslöcher transportieren, erfolgt durch Exzenter. Ein Umlaufverschluß hinter dem Bildfenster verhindert Belichtung während des Transports. Um bei gleichbleibender Bildfrequenz Veränderungen der Belichtungszeit zu erreichen, kann die Winkelöffnung des Hellsektors beim Umlaufverschluß verändert werden. Für Aufnahmen mit unterschiedlichen Abbildungsmaßstäben können mehrere Objektive mit verschiedenen Brennweiten auf einem Revolverkopf vereinigt sein. In neuerer Zeit verwendet man vorwiegend Varioobjektive (→ pankratisches System). Der Antrieb von Atelierkameras erfolgt durch netzgespeiste Elektromotoren, Reporterkameras (Handkameras) haben meistens batteriegespeiste Antriebsmotoren. Bei einfachen Schmalfilmkameras wird noch Federwerkantrieb benutzt. Über die **Stereofilmkamera** → Stereoskopie, → Raumfilmverfahren.

2) **Stehbildkamera,** die → photographische Kamera.

Bildmessung, svw. → Photogrammetrie.

Bildplan, in der → Photogrammetrie ein Plan aus mehreren entzerrten Bildern (→ Entzerrung). Er ist auf einer stabilen Grundlage befestigt und hat einen einheitlichen, in der Regel runden Maßstab. Der B. wird entweder aus entzerrten → Luftbildern (→ **Luftbildplan**) oder entzerrten Erdbildern (z. B. **Fassadenbildplan** für Architekturzwecke) hergestellt; er dient entweder direkt als Plan oder als Grundlage für die Herstellung von Karten und Plänen.

Bildröhre, beim Fernsehen die zur Umwandlung der elektrischen Bildsignale in optische Bilder dienende Röhre im Empfänger. Die Bildröhre ist ähnlich einer → Elektronenstrahlröhre auf-

gebaut. Im Strahlsystem wird ein feiner Elektronenstrahl erzeugt. Das Bildsignal wird meist an die Katode angelegt. Der Elektronenstrahl wird von einer elektrostatischen (oder von einer magnetischen) Linse fokussiert und von magnetischen (oder elektrischen) Querfeldern in horizontaler und vertikaler Richtung abgelenkt. Die Strahlelektronen werden mit einer Gleichspannung von etwa 15 kV beschleunigt und regen mit dieser Energie den auf der Innenseite der Frontscheibe des Glaskolbens niedergeschlagenen Leuchtschirm an. Dieser ist bei modernen Röhren mit einer dünnen Aluminiumfolie hinterlegt, die die Strahlelektronen durchdringen können, die aber das Licht reflektiert und die so die Leuchtdichte der Bildröhre steigert. Man verwendet meist Leuchtstoffe, die eine mittlere Nachleuchtzeit haben, um das Flimmern des Bildes zu verringern. Um die Baulänge der B.n auch bei Vergrößerung der Bilddiagonale gering zu halten, wurde der Ablenkwinkel in der Vergangenheit von 70° bis auf 110° gesteigert. Die Bezeichnung der B.n erfolgt in der DDR mit einem B, darauf folgen die Schirmbilddiagonale in cm (43, 47, 53, 59), die Art der Fokussierung und Ablenkung (M = voll magnetisch, G = gemischt, S = voll elektrostatisch) und die Typennummer (z. B. B 47 G 1).

bildsames Formen, zuweilen verwendete zusammenfassende Bezeichnung für die Verfahrenshauptgruppen → Urformen und → Umformen.

Bildsignal, → Bildaufnahmeröhre, → Fernsehen.

Bildtriangulation, in der → Photogrammetrie die Verdichtung eines Festpunktfeldes durch Messen von Richtungen, Winkeln und Strecken in → Meßbildern unter Verwendung weniger geodätisch bestimmter Anschlußpunkte. Die B. wird hauptsächlich in der → Aerophotogrammetrie angewendet. Bei ebenen Aufnahmeobjekten wird meist die **Radialtriangulation** angewendet. Bei ihr wird ähnlich wie bei der geodätischen Festpunktbestimmung (→ Triangulation) durch Entnahme von Richtungsauszügen aus den Meßbildern die Lage der Neupunkte durch Einschalten von Rautenketten oder Dreiecksnetzen bestimmt. Je nachdem, ob die den Bildern entnommenen Richtungen graphisch, mechanisch oder rechnerisch dargestellt werden, spricht man von graphischer, mechanischer oder analytischer Radialtriangulation.

Zur Bestimmung der Lage und Höhe von Festpunkten und bei höheren Genauigkeitsanforderungen wird die **Aerotriangulation** angewendet. Dabei wird analog zur Aufnahme das Geländemodell, das sich aus der Gesamtheit der Schnittpunkte homologer Projektionsstrahlen einer oder mehrerer Bildreihen ergibt, maßstäblich verkleinert wieder hergestellt und mittels weniger geodätisch bestimmter Anschlußpunkte räumlich orientiert. Nach der Art der Modellherstellung unterscheidet man instrumentelle und analytische Aerotriangulation. Zur Durchführung der *instrumentellen* Aerotriangulation dienen → Stereoauswertegeräte höchster Präzision mit im allgemeinen speziellen Einrichtungen für die Aerotriangulation (Universalgeräte). Bei der *analytischen* Aerotriangulation erfolgt die Messung der Bildkoordinaten in → Stereokomparatoren und die Modellherstellung und Berechnung der Neupunkte auf programmgesteuerten elektronischen Rechenautomaten.

Lit. → Photogrammetrie.

Bildungswärme, die Wärme, die bei der Bildung chemischer Verbindungen aus den Elementen frei oder gebunden wird. Sie wird meist auf den Umsatz von 1 Mol bezogen **(molare B.)** und wird stets für 25 °C angegeben. Meßtechnisch nicht zugängliche, unbekannte B.n lassen sich nach dem → Heßschen Satz aus den kalorimetrisch zugänglichen Verbrennungsenthalpien berechnen.

Bildwandler, ein elektronenoptisches Gerät, das optische Bilder in Elektronenbilder umsetzt, die dann auf einem Leuchtschirm wieder als Bild sichtbar gemacht werden. Das mit einem lichtstarken Objektiv auf die Photokatode des B.s projizierte optische Bild löst entsprechend der verschiedenen Helligkeit der Bilddetails eine unterschiedliche Menge von Photoelektronen aus. Diese werden mit einer elektrostatischen oder magnetischen Elektronenlinse in einer zur Photokatode parallelen Ebene abgebildet. Die Photoelektronen werden stark beschleunigt und regen mit ihrer Energie den in der Abbildungsebene befindlichen Leuchtschirm an. Zuerst wurden meist ultrarotempfindliche Photokatoden eingesetzt, so daß damit Bilder von dem Auge unsichtbaren Objekten und Vorgängen erzeugt werden können. Der Einsatz dieser Geräte erfolgte besonders im II. Weltkrieg als Nachtsichtgeräte zu militärischen Zwecken. Da die Erhöhung der Leuchtdichte der Bilder durch die konventionellen B. im sichtbaren Spektralgebiet besonders wegen der Verluste bei der optischen Abbildung nur gering ist (etwa Faktor 5), gibt es zahlreiche neue Konstruktionen von B.n, die auch für die Zwecke der Bildverstärkung geeignet sind. Bei **Kaskaden-Bildwandlern** werden bis zu 4 Bildwandlerstufen in optischen Kontakt gebracht. Durch mehrfache Anwendung der bildmäßigen Sekundäremission in Transmission an dünnen Verstärkerfolien konnten ebenfalls hohe Verstärkungsfaktoren ($\approx 10^5$) erreicht werden. Diese B. werden in steigendem Maße z. B. in der Astronomie, Kernphysik und Spektroskopie eingesetzt. Durch eine zusätzliche Elektrode zwischen Photokatode und Elektronenlinse kann der Photoelektronenstrom gesperrt und für kurze Zeit freigegeben werden. Daher sind B. auch als Kurzzeitverschlüsse (bis 10^{-6} s) verwendbar. Beim **Röntgenbildwandler** steht der Röntgenleuchtschirm in optischem Kontakt mit der Photokatode des B.s. Das Elektronenbild wird stark verkleinert (etwa $^1/_{10}$), um die Leuchtdichte auf dem Beobachtungsleuchtschirm etwa um den Faktor 1000 gegenüber der Direktbeobachtung zu steigern.

Bei einigen Typen von Bildaufnahmeröhren (Superorthikon, Superikonoskop, Ebicon, SEC-Vidikon) wird eine Bildwandlerstufe (auch *Vorabbildungsteil* genannt) zur Steigerung der Lichtempfindlichkeit verwendet. Das Elektronenbild der Bildwandlerstufe wird dabei nicht mit einem Leuchtschirm sichtbar gemacht, sondern seine Aufladungen werden mit einem Abtaststrahl für das Bildsignal ausgewertet.

Bildwerfer, Projektionsapparat, Projektor, ein optisches Gerät, das eine selbstleuchtende, beleuchtete oder durchleuchtete Vorlage (im allgemeinen ein Bild) im allgemeinen vergrößert auf eine Bildwand abbildet. Man unterscheidet Laufbildwerfer und Stehbildwerfer.

1) **Laufbildwerfer (Filmprojektoren)** sind B. zur Projektion rasch aufeinanderfolgender Phasenbilder. a) Zur Vorführung von 35-mm- oder 70-mm-Kinefilmen mit Lichtton- oder Magnettonaufzeichnung dienen stationäre **Filmprojektoren (Theatermaschinen,** Tafel 55), bestehend aus Projektorfuß, Projektorkopf mit Schaltgetriebe, Beleuchtungseinrichtung mit Lichtquelle und optischem System, 2 Brandschutztrommeln und Tonwiedergabeeinrichtungen. Der aufgespulte Kinefilm läuft aus der oberen Brandschutztrommel mit Schleifenbildung über eine Vorwickelrolle in die Filmführung des Bildfensters. Durch die Beleuchtungseinrichtung – Bogen-, Xenonhöchdruck- oder Impulslampe mit Spiegel (auch Kaltlichtspiegel) und Hilfsspiegel – erfolgt eine gleichmäßige Ausleuchtung des Filmbildes. Das Projektorschaltgetriebe bewegt den Umlaufverschluß (Scheiben-, Trommel- oder Kegel-

verschluß), der den Strahlengang im Bildfenster während des Filmtransports abblendet und durch zwei- bis dreimaliges Freigeben des Phasenbildes während des Bildstandes das Bildflimmern verhindert. Durch eine von einem Malteserkreuzgetriebe ruckartig betätigte Schaltrolle unterhalb der Filmführung wird ein bildweiser Filmtransport bewirkt. Nach Bildung einer weiteren Ausgleichsschleife läuft der Film über das Lichttonabtastgerät, wobei zur Vermeidung von Gleichlaufschwankungen restliche Schleifenbewegungen durch eine Bremsrolle abgefangen werden. Die Lichttonabtastung erfolgt an der mit einer Schwungmasse versehenen Tonbahn durch einen Lichtspalt, der von der Tonoptik auf dem Film abgebildet wird. Die durch die Transparenzunterschiede der Lichttonaufzeichnung entstehenden Lichtschwankungen werden in einer Photozelle in entsprechende Stromschwankungen umgewandelt, die nach Verstärkung den Lautsprechern hinter der schalldurchlässigen Bildwand zugeführt werden. Über die Nachwickelrolle hinter dem Lichttongerät läuft der Film in die untere Brandschutztrommel. Bei Filmen mit Magnettonaufzeichnung erfolgt die Tonabtastung durch den Wiedergabekopf des Magnettonabtastgerätes (→ Magnettonverfahren), das zwischen oberer Brandschutztrommel und Vorwickelrolle angebracht ist. Dem Abstand des Lichtton- bzw. Magnettonabtastgerätes vom Bildfenster entsprechend liegt die Lichtton- bzw. Magnettonaufzeichnung auf dem Film 21 Bildfelder vor bzw. 28 Bildfelder hinter der zugehörigen Bildaufzeichnung. Der Antrieb des B.s erfolgt durch einen synchronisierten Asynchronmotor, die Bildfrequenz beträgt 24 Bilder pro Sekunde.

Transportable Filmprojektoren dienen vorwiegend zur Vorführung von 35-mm-Kinefilmen in ländlichen Bezirken. Die Beleuchtungseinrichtung besteht aus Projektionsglühlampen oder Xenonhochdrucklampen mit Spiegel und Kondensor.

Universal-Filmprojektoren dienen zur Wiedergabe von 70-mm-Breitfilm mit 6-Spur-Magnettonaufzeichnung, 35-mm-Breitwand-Film mit 4-Spur-Magnettonaufzeichnung oder Einspur-Lichttonaufzeichnung sowie von 35-mm-Normalfilm mit Einspur-Lichttonaufzeichnung.

b) **Schmalfilmprojektoren** benutzen Greifer für den Filmtransport. Die Beleuchtungseinrichtung besteht aus Projektionsglühlampen, Xenonhochdruck- oder Halogen-Quarz-Lampen mit Spiegel (auch Kaltlichtspiegel) und Kondensor. Bei 16-mm-Schmalfilmen werden Lichtton- bzw. Magnetton-Aufzeichnungen 26 bzw. 28 Bildfelder vor der zugehörigen Bildaufzeichnung abgetastet. Bei 8-mm-Schmalfilmen erfolgt die Tonwiedergabe meist durch ein getrenntes Magnettonband mit einem Bandgerät, das mit dem Projektor über einen Synchronisator verbunden ist.

c) **Fernsehfilmabtaster** sind Laufbildwerfer besonderer Ausführung, → Fernsehen.

d) **Stereofilmprojektoren** dienen zur → Projektion von stereoskopischen Filmen, → Raumfilmverfahren.

2) **Stehbildwerfer** sind B. zur Projektion stehender Bilder. a) Der **Diaprojektor** (früher als **Diaskop** bezeichnet) dient zur Wiedergabe von Diapositiven. Der Lichtstrahl einer Projektionsglühlampe wird durch einen Kondensor in das Projektionsobjektiv abgebildet, so daß das hinter dem Kondensor befindliche Diapositiv bei gleichmäßiger Durchleuchtung durch das verstellbare Objektiv auf die Bildwand projiziert werden kann.

b) Das **Episkop** dient zur Wiedergabe undurchsichtiger Vorlagen, die von einer oder mehreren Lichtquellen möglichst hell und gleichmäßig beleuchtet werden. Zur vollständigen Erfassung des von der Vorlage reflektierten Lichts ist ein Objektiv mit großer Öffnung erforderlich.

c) Das **Epidiaskop** ist eine konstruktive Vereinigung von Episkop und Diaprojektor.

d) Der **Mikroprojektionsapparat** zur Projektion mikroskopischer Präparate besteht gewöhnlich aus einem normalen Mikroskop und einer zusätzlichen lichtstarken Beleuchtungseinrichtung mit Bogenlampe. Eine Sonderform ist das → Projektionsmikroskop.

e) Der **Stereo-Diaprojektor** oder **3-D-Projektor** ist zur Wiedergabe zweier Bilder einer Stereoaufnahme bestimmt. Die Projektion erfolgt mit polarisiertem Licht, die Betrachtung mit Polarisationsbrille, → Raumbildverfahren.

f) Der **Dokumator** ist ein Lesegerät für Mikrofilme, die auf einen durch eine Haube abgedunkelten Bildschirm projiziert werden. Das Gerät kann auch zum Photographieren von Zeichnungen und mikroskopischen Präparaten verwendet werden, wenn das Bild über einen Projektionsspiegel auf photographisches Papier abgebildet wird.

Lit. Enz: Filmprojektoren — Filmprojektion (Leipzig 1965).

bilinear, Bezeichnung für einen algebraischen Ausdruck aus zwei Veränderlichen x und y, wenn beide Veränderlichen nur in der ersten Potenz, d. h. linear, auftreten, z. B. $2x + 4xy + 7y$.

Bilirubin, ein → Gallenfarbstoff.

Biliverdin, ein → Gallenfarbstoff.

Bilkenroth-Rammler-Verfahren, → Verkokung.

Biluxlampe, eine elektrische Glühlampe mit zwei getrennt einschaltbaren Glühfäden, → Scheinwerfer.

Bimetall, ein aus zwei verschiedenen Metallen oder Legierungen bestehender Verbundwerkstoff, der durch Plattieren, Schweißen oder Vernieten erhalten wird. Bei thermischer Beanspruchung verbiegt sich das B. durch die unterschiedliche Ausdehnung der eingesetzten Materialien und kann infolgedessen zum Öffnen und Schließen von Kontakten, z. B. zur Temperaturregelung, eingesetzt werden. Als Metallpaarungen werden z. B. Eisen-Nickel-Mangan-Legierungen mit Invar eingesetzt.

Bimsstein, ein helles, saures, schaumiges Gesteinsglas von großer Porosität, das aus gasreichen Laven entstanden ist. Infolge der in den Poren eingeschlossenen Gase schwimmt B. auf Wasser. **Bimstuffe** sind verfestigte, poröse vulkanische Aschen mit ähnlichen Eigenschaften wie B. und kommen z. B. am Laacher See vor. Zerkleinerter B. (**Bimskies** oder **-sand**) ist Zuschlagstoff für Leichtbeton (**Bimsbeton**). **Bimsmehl** dient als Polier- und Schleifmittel.

binär, aus zwei Einheiten bestehend. In der Mathematik sind **b.e Formen** ganze homogene Funktionen zweier Veränderlicher, z. B. $ax^2 + bxy + cy^2$. **B.e Zahlen** (→ Binärzeichen) sind die Zahlen des → Binärsystems.

Binärsystem, jedes Zahlensystem (→ Zahl), das zur Darstellung der Zahlen zweiwertige Symbole, z. B. die Ziffern 0 und 1, benutzt. B.e sind z. B. der Gray-Code, der 2-aus-5-Code und der Hamming-Code (→ Code). Ein spezielles B. ist das → Dualsystem.

Binärzeichen, das Symbol für eine der zwei Ziffern des binären Zahlensystems (→ Binärsystem). In der Mathematik werden meist 0 und 1, in der Technik oft O und L verwendet. Technisch werden die B. 1 und 0 auf Lochkarten oder -streifen z. B. durch Lochung und Nichtlochung, in elektronischen Geräten z. B. durch Spannung und Nichtspannung oder Strom und Nichtstrom oder zwei entgegengesetzte Magnetisierungseinrichtungen dargestellt.

Bindemäher, svw. → Mähbinder.

Bindemittel, 1) chemische Verbindungen, die unter bestimmten Voraussetzungen beim Ver-

arbeiten erhärten (Erstarren, Aubinden). Man unterscheidet anorganische und organische B. 1) **Anorganische B.** a) **Luftbinder (nichthydraulische B.)**, die nur an Luft erhärten: Weißkalk, Dolomitkalk, Anhydritbinder, Gipsbinder, Magnesiabinder, Aschenbinder; b) **hydraulische B.**, die an Luft und unter Wasser erhärten: hydraulischer Kalk, hochhydraulischer Kalk, Mischbinder, Zement. **Latenthydraulische B.** sind B., die nicht selbständig erhärten, z. B. Hochofenschlacke und Traß; ihre hydraulischen Eigenschaften müssen erst durch → Zusatzstoffe (Anreger) geweckt werden.

2) **Organische B.** a) Leime für Holzverbindungen; b) bituminöse Stoffe (→ bituminöse Bindemittel); c) Plaste (PVC, PVA); d) Leinöl oder Lack für Farbstoffe.

Wichtige Eigenschaften, die für die im Bauwesen verwendeten B. gefordert werden, sind Kornfeinheit, bestimmte Erstarrungszeit, Raumbeständigkeit, Biegezug- und Druckfestigkeit. Beginn und Ende der Erstarrungszeit (Abbinde-, Bindezeit) sowie andere Eigenschaften der B. können durch → Zusatzstoffe geregelt werden. Näheres über die chemischen Vorgänge beim Erstarren bei den einzelnen B.n. Manche Bindemittel zeigen → Treiber.

Lit. Petzold: Chemie und Technologie der B. (Freiberg 1960); Baustoffkatalog B. der VVB Zement und Beton, 3 Bde (Berlin 1952/61); → Zement.

2) → Farbenbindemittel.

Binder, 1) **Dachbinder,** das Tragwerk einer Dachkonstruktion aus Holz, Stahlbeton, Stahl oder Leichtmetall. Der B. übernimmt die Dachlast aus Eigenmasse, Schnee und Wind eines ganzen Binderfeldes, außerdem u. U. die Einzellast aus Hängetransportvorrichtungen. Die Binderform ergibt sich aus der Dachform, der Dachneigung und Stützweite. Für steile Dächer eignet sich der **Dreiecksbinder,** für flache Dachneigungen der **Balkenbinder** mit gitterförmigem Tragwerk oder vollem Querschnitt **(Stahlbetonbinder),** für horizontale Dächer bei parallelem Ober- und Untergurt der **Parallelfachwerkträger** (→ Träger). Der **Bogenbinder** eignet sich zur Überbauung stützenfreier Hallen bis zu 100 m Spannweite. Der **Rahmenbinder** ist ein rahmenartiges Tragwerk mit biegesteifem Anschluß der Stützen.

2) **Mauerverband-Binder,** → Mauerwerk.

3) svw. → Mähbinder.

Bindigkeit, → Bindung 1).

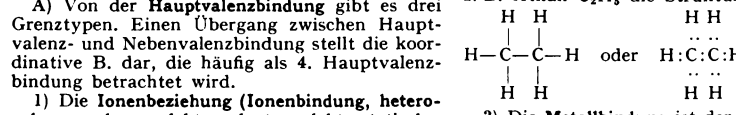
Bindung, 1) Chemie: die Art des Zusammenhalts der Atome oder Atomgruppen innerhalb eines Moleküls von Kristallen oder an Grenzflächen. Nach der Festigkeit der B. unterscheidet man im allgemeinen Haupt- und Nebenvalenzbindungen. Die Bindungsenergien von Hauptvalenzbindungen liegen etwa in der Größenordnung von 20 bis 130 kcal Mol^{-1}, die der Nebenvalenzbindungen betragen dagegen nur etwa 2 bis 5 kcal Mol^{-1}.

A) Von der **Hauptvalenzbindung** gibt es drei Grenztypen. Einen Übergang zwischen Hauptvalenz- und Nebenvalenzbindung stellt die koordinative B. dar, die häufig als 4. Hauptvalenzbindung betrachtet wird.

1) Die **Ionenbeziehung (Ionenbindung, heteropolare, polare, elektrovalente, elektrostatische, ionogene B.)** haben vor allem Salze in kristallinem Zustand, z. B. Natriumchlorid, seltener organische Verbindungen, z. B. Salze von Karbonsäuren. Sie kommt dadurch zustande, daß die im Periodensystem links stehenden metallischen Elemente ihre Valenzelektronen (Außenelektronen) leicht unter Bildung von positiv geladenen Ionen (Kationen) abgeben. Anderseits sind die im Periodensystem rechts stehenden nichtmetallischen Elemente bestrebt, ihre äußere Elektronenschale durch Aufnahme zusätzlicher Elektronen aufzufüllen, wobei sie negativ geladene Ionen (Anionen) bilden. Die entgegengesetzte elektrostatische Aufladung und die dadurch bedingte Anziehung von Kationen und Anionen bewirkt den Zusammenhalt der Verbindungen, z. B. von Natriumchlorid: $Na\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \rightarrow [Na]^+ + [:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}:]^-$.

Die maximale *Wertigkeit* (*Valenz*) ist bei der Ionenbeziehung durch das Bestreben der Atome gegeben, unter Elektronenabgabe oder -aufnahme die Elektronenstruktur des nächstgelegenen Edelgases anzunehmen; so haben die Alkalimetalle ein, die Erdalkalimetalle zwei, Aluminium und seine Homologen drei Außenelektronen und können demzufolge maximal positiv ein-, zwei- oder dreiwertige Ionen bilden. Umgekehrt können die Halogene durch Aufnahme eines Elektrons, Schwefel und seine Homologen unter Aufnahme zweier Elektronen Edelgaskonfiguration annehmen und bilden dementsprechend negativ einfach bzw. zweifach geladene Ionen. Neben der maximalen Wertigkeit, die im allgemeinen den normalen Fall darstellt, treten auch niedrigere Wertigkeitsstufen auf; z. B. kann Mangan in seinen Verbindungen elektropositiv 1- bis 7wertig sein. Die Halogene haben sieben Außenelektronen und sind daher negativ 1wertig. Die Ionenbeziehung wird im allgemeinen durch Angabe der Ladungen $Cu^{++}SO_4^{--}$ oder $Cu^{2+}SO_4^{2-}$, Na^+Cl^- dargestellt, wenn nicht lediglich die Summenformel $CuSO_4$, NaCl gebraucht wird.

2) Die **Atombindung (homöopolare, unpolare, unitarische, kovalente B., Elektronenpaarbindung)** kommt bei Verbindungen zwischen Nichtmetallen, d. h. vorwiegend in den Verbindungen der organischen Chemie vor. Am reinsten ausgebildet ist sie bei Gasmolekülen, die sich aus zwei gleichen Atomen zusammensetzen, z. B. H_2, O_2, N_2, Cl_2. Im Gegensatz zur Ionenbindung sind die einzelnen Molekülteile nicht verschieden aufgeladen. Die B. beruht vielmehr darauf, daß den Atomen ein oder mehrere Elektronenpaare gleichzeitig angehören, z. B. bei H_2 und Cl_2 ein Elektronenpaar (*Einfachbindung*, z. B. $H\cdot + \cdot H \rightarrow H:H$), bei O_2 zwei (*Doppelbindung*, z. B. $\cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}\cdot \rightarrow \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}::\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}$) und bei N_2 drei Elektronenpaare (*Dreifachbindung*, z. B. $\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}}\cdot + \cdot\ddot{\underset{\cdot\cdot}{N}} \rightarrow :N:::N:$). Da bei der Atombindung kein Elektronenübergang zwischen den Atomen erfolgt, sondern die Atome durch gemeinsame Elektronen miteinander verbunden werden, verwendet man bei den diese Bindungsart aufweisenden Verbindungen den Begriff *Bindigkeit*, die wie die Wertigkeit bei der Ionenbeziehung von der Zahl derjenigen Elektronen abhängig ist, die zu den gemeinsamen Elektronenpaaren beigesteuert werden können. Elektronenpaare, die einem Atom allein angehören, bezeichnet man als *freie* oder *einsame Elektronenpaare*. In den Strukturformeln werden die gemeinsamen Elektronenpaare im allgemeinen durch Valenzstriche symbolisiert, danach hat z. B. Äthan C_2H_6 die Strukturformel:



3) Die **Metallbindung** ist der Bindungstyp von Metallen und Legierungen. Hierbei geben zwei oder mehrere Metallatome, z. B. Natrium, ihre Elektronen unter Bildung positiver Ionen ab und werden durch die negativen Elektronen zusammengehalten. Die Elektronen bilden hierbei jedoch keine Elektronenpaare, sondern sind als *Elektronengas* in dem durch die Metallionen aufgebauten Gitter frei beweglich.

4) Die **koordinative B. (halbpolare** oder **semipolare Doppelbindung)** kommt durch Auffüllen von Elektronenschalen der zu bindenden Atome mit freien Elektronenpaaren (hauptvalenz-

mäßig abgesättigte Moleküle) zustande. Wie bei der Atombindung bewirken gemeinsame Elektronenpaare den Zusammenhalt des Moleküls, jedoch werden im Unterschied zu diesem Bindungstyp beide Elektronen des Paares von einem einzelnen Atom geliefert. So bindet z. B. bei dem Chloration das ursprünglich vorhandene Ion, d. h. das Chloridion $[:\ddot{C}l:]^-$, koordinativ mehrere Sauerstoffatome und bildet so das Chloration

$$\left[\begin{matrix} & :\ddot{O}: {}^{(-)} & \\ {}^{(-)}:\ddot{O}: & \ddot{C}l^{(++)} & :\ddot{O}: {}^{(-)} \end{matrix}\right]^-.$$

Ebenso kann die Komplexbildung auch an Kationen erfolgen.

B) Die **Nebenvalenzbindungen** bewirken den Zusammenhalt von hauptvalenzmäßig abgesättigten Molekülen. Sie sind schwächer als Hauptvalenzbindungen, weil es sich hierbei um Anziehung zwischen Ionen und Dipolen, Dipolen und Dipolen oder Dipolen und Multipolen (Quadrupole, Oktupole usw.) handelt und die Anziehungskräfte nicht wie bei der Ion-Ion-Bindung umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes, sondern umgekehrt proportional höheren Potenzen des Abstandes sind.

Lit. Dorfman: Diamagnetismus und chemische B. (dtsch Leipzig 1964); Hartmann: Theorie der chemischen B. auf quantentheoretischer Grundlage (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954), Die chemische B. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1955); Pauling: Die Natur der chemischen B. (dtsch Weinheim/Bergstraße 1962); Seel: Atombau und chemische B. (4. Aufl. Stuttgart 1961); Sutton: Chemische B. und Molekülstruktur (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961).

2) Kernphysik: die Art des Zusammenhalts der Bausteine (Protonen und Neutronen) des Atomkerns. Die B. wird durch die Kernkräfte, d. s. Austauschkräfte (→ Austauschenergie), bewirkt. Die Energie, die aufzuwenden ist, um die B. zu lösen und den Kern in einzelne Nukleonen zu zerlegen, heißt **Bindungsenergie.** Sie ist etwa 10^6mal größer als die Energien der chemischen B. und läßt sich aus dem → Massedefekt berechnen.

3) Weberei: die Art der Verkreuzung von Kett- und Schußfäden im Gewebe. Die Bindungslehre unterscheidet drei Grundbindungen (Abb.). a) Die **Leinwandbindung** ist die engste und festeste Verkreuzung von Kett- und Schußfäden; früher in der Baumwollweberei als Kattun- oder Musselinbindung, in der Wollweberei als Tuchbindung, in der Seidenweberei als Taftbindung bezeichnet. Gewebe in Leinwandbindung haben auf beiden Seiten gleiches Aussehen. Von der Leinwandbindung sind die Rips- und die Panamabindung abgeleitet. Bei der **Ripsbindung** binden zwei oder mehr nebeneinanderliegende Schuß- oder Kettfäden in Leinwandbindung und erzeugen in Schußrichtung (Querrips) oder Kettrichtung (Längsrips) des Gewebes verlaufende Rippen. Bei der **Panamabindung (Würfelbindung)** binden zwei oder mehr benachbarte Kett- und Schußfäden in Leinwandbindung.

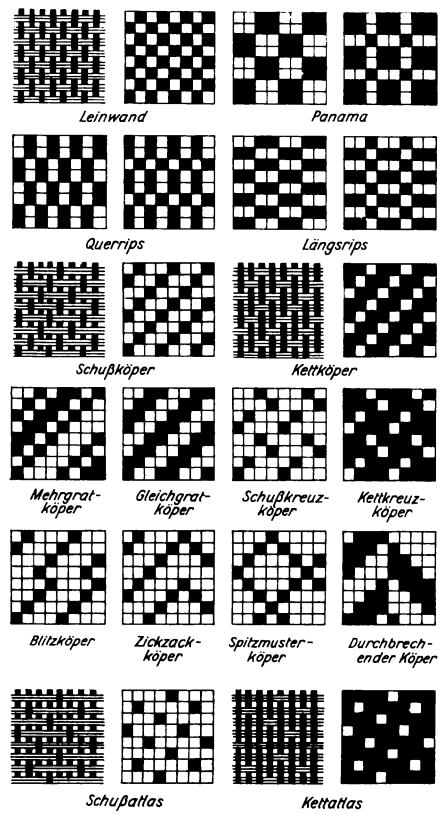
b) Bei **Köperbindungen** steigen die Bindungspunkte in ununterbrochenen Diagonalen auf, die den Köpergrat bilden. Innerhalb des Bindungsrapportes können ein Bindungsgrat (Eingratköper) oder mehrere Bindungsgrate (Mehrgratköper) vorhanden sein. c) Bei **Atlasbindungen** berühren sich die Bindungspunkte nicht gegenseitig, so daß eine glatte, strukturlose Geweboberfläche entsteht.

Je nachdem, ob Kette und Schuß auf der Gewebeoberfläche gleichmäßig verteilt sind oder ob auf einer Seite Kette oder Schuß mehr zur Geltung kommen, werden gleichseitige und ungleichseitige B.en unterschieden. Köper- und Atlasbindungen sind häufig ungleichseitig (Kettköper bzw. Kettatlas, Schußköper bzw. Schußatlas).

Dreherbindung entsteht durch in besonderen Weblitzen (Dreherlitzen) geführte Dreherkettfäden, die die in Leinwandbindung bindenden Steh- oder Grundkettfäden abwechselnd rechts und links überkreuzen. Die Dreherbindung wird beim Weben von Chenillevorware und porösen Geweben (Gaze) verwendet, um die Schußfäden schiebefest einzubinden.

Die Bindungslehre unterscheidet noch erweiterte Grundbindungen, abgeleitete Bindungen, Bindungskombinationen und systemlose Bindungen.

Für den Weber wird die B. auf Patronenpapier (Kästchenpapier) dargestellt **(Bindungspatrone).** Die jeweils zwischen zwei senkrechten parallelen Linien befindlichen Zwischenräume entsprechen den Kettfäden, die waagerechten Linien begrenzen die Schußfäden. Der **Bindungsrapport** umfaßt die Mindestanzahl der Kreuzungen von Kettfäden (Kettrapport) und Schußfäden (Schußrapport), die in Kett- und Schußrichtung in ununterbrochener Reihenfolge aneinandergefügt das Gesamtbild der Gewebebindung bestimmen.



Bindungen

Lit. Hauptmann: Gewebetechnik (2 Bde, Leipzig 1952–1954); Krüger: Lehrb. der Bindungslehre (Leipzig 1951); Schams: Handb. der Weberei, Färberei und Ausrüstung (Bd 4, 7. Aufl. Leipzig 1952); Bindungslehre für Kleiderstoff- und Tuchmacher (Berlin 1955); TGL 16-660044 und TGL 16-660045.

binokular, mit beiden Augen zugleich. Das **binokulare Sehen** ermöglicht eine stereoskopische Raumwahrnehmung. **Binokularmikroskop,** Mi-

kroskop mit zwei Okularen, durch das der Beobachter mit beiden Augen sieht.

Binom, in der Mathematik ein zweigliedriger Ausdruck der Form $a + b$ oder $a - b$, z. B. $3x + 4y$ oder $(u + v) - 5$.

Der **binomische Satz** gibt an, wie die Potenz eines B.s $(a + b)^n$ durch eine Summe von Produkten und Potenzen ausgedrückt werden kann, z. B. für $n = 5$ ergibt sich: $(a + b)^5 = a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$. Die **Binomialkoeffizienten** sind die Koeffizienten der einzelnen Glieder der Summe, also im Beispiel 1, 5, 10, 10, 5, 1. Schreibt man die Binomialkoeffizienten für die einzelnen Binompotenzen $(a + b)^n$ mit $n = 0, 1, 2, 3, 4 \ldots$ untereinander, so erhält man das **Pascalsche Dreieck** oder die **binomische Pyramide,** in der jeder Binomialkoeffizient gleich der Summe der beiden über ihm stehenden der vorhergehenden Zeile ist.

$n = 0$ 1
$n = 1$ 1 1
$n = 2$ 1 2 1
$n = 3$ 1 3 3 1
$n = 4$ 1 4 6 4 1
$n = 5$ 1 5 10 10 5 1

Der k-te Binomialkoeffizient in der n-ten Zeile (die 1 nicht mitgerechnet) ist gleich

$$\frac{n(n-1)(n-2)\ldots[n-(k-1)]}{1 \cdot 2 \cdot 3 \ldots k} *,$$

abgekürzt $\binom{n}{k}$ gesprochen „n über k" oder „n tief k". Für den Nenner $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot \ldots k$ wird die Abkürzung $k!$ gesetzt, gesprochen k-Fakultät (→ Fakultät). Die Binomialkoeffizienten lassen sich dann kürzer in der Form $\frac{n!}{k!\,(n-k)!}$ schreiben. (Sie sind wichtig in der Kombinatorik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung.) So ist z. B. $\binom{5}{3} = \frac{5 \cdot 4 \cdot 3}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 10$. Mit dem Binomialkoeffizienten lautet die allgemeine Formel für den binomischen Satz:

$$(a+b)^n = \binom{n}{0}a^n + \binom{n}{1}a^{n-1}b + \binom{n}{2}a^{n-2}b^2 + \cdots \binom{n}{n-1}ab^{n-1} + \binom{n}{n}b^n.$$

Dabei ist n positiv und ganzzahlig.

Ist n eine beliebige reelle Zahl, so läßt sich die n-te Potenz eines B.s mit Hilfe der **Binomischen Reihe** $(1 + x)^n = 1 + \binom{n}{1}x + \binom{n}{2}x^2 + \binom{n}{3}x^3 + \cdots$ berechnen, die für $|x| < 1$ konvergiert (→ Reihe). Die Binomialkoeffizienten mit negativem und gebrochenem n lassen sich ebenfalls nach der angegebenen Formel * berechnen. Ist x sehr klein gegen 1, so kann man die Binomische Reihe mit dem zweiten Glied abbrechen und erhält $(1 + x)^n \approx 1 + nx$.

Für spezielle Wahl von n erhält man eine Reihe wichtiger Näherungsformeln, z. B.

$$\frac{1}{1+x} \approx 1 - x \qquad \sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1+x}} \approx 1 - \frac{x}{2}$$

Biochemie, die Lehre von dem Zusammenwirken chemischer Vorgänge und von dem Aufbau chemischer Verbindungen in der belebten Natur. Unter **deskriptiver B.** versteht man die organische Chemie der Naturstoffe mit dem Ziel ihrer Konstitutionsermittlung und Beschreibung. Besondere Bedeutung erlangte im letzten Jahrzehnt die Konstitutionsaufklärung der Proteine und Nukleinsäuren. Die **dynamische B.** beschäftigt sich mit dem Stoffwechsel sowie der Wirkung von Fermenten und Hormonen.

Wichtige Arbeitsgebiete der B. sind: 1) die biologische Oxydation, d. h. hauptsächlich Atmung, Glykolyse und Gärung als Energie- und Baustofflieferant; 2) die Nukleinsäuren, die für Vererbung und Eiweißsynthese verantwortlich sind; 3) der Stoffwechsel der Proteine, Kohlenhydrate, Fette und der sekundären Pflanzenstoffe sowie die Photosynthese. Die B. steht in enger Wechselwirkung mit Medizin, Pharmazie und Landwirtschaft. Biochemische Arbeitsmethoden sind alle Arten der Chromatographie, Elektrophorese, Ultrazentrifugation, Gegenstromverteilung und Gelfiltration, Elektronenmikroskopie sowie die Isotopentechnik.

Lit. Karlson: Kurzes Lehrb. der B. (Stuttgart 1963); Keil u. Sormova: Laboratoriumstechnik für Biochemiker (dtsch Leipzig 1964); Kostir: Allgemeine B. (dtsch Jena 1963); Leuthardt: Lehrb. der physiologischen Chemie (Berlin 1959); Netter: Theoretische B. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959); Rapoport u. Raderecht: Physiologisch-chemisches Praktikum (3. Aufl. Leipzig 1962); Rapoport: Medizinische B. (4. Aufl. Berlin 1967); Schmitz: Lehrb. der chemischen Physiologie (Leipzig 1958); Straub: B. (dtsch 2. Aufl. Leipzig 1963); Biochemisches Taschenb., hrsg. von M. Rauen (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956).

Bioelektrograph, Elektrograph für die Medizin, ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung und Aufzeichnung des zeitlichen Verlaufs von elektronischen Biopotentialen (→ Aktionspotential). Unter Ableitung ist die Gewinnung von Aktionsspannungen bzw. Aktionsströmen mit Hilfe von Ableitelektroden zu Meß- und Registrierzwecken zu verstehen. Die zur Ableitung der körpereigenen Potentiale verwendeten Ableitelektroden (Abnahmeelektroden) werden in den Ableitpunkten an den Körper angelegt oder in diesen eingeführt. Neben den Ableitelektroden bestehen die elektrographischen Geräte meist aus elektronischen Verstärkern und Registriergeräten.

Nach ihrem Aufbau und Funktionsbetrieb unterscheidet man ein- und mehrkanalige B.en und B.en bzw. Bioelektroskope zur zweidimensionalen und stereoskopischen Darstellung bzw. Betrachtung. Nach ihrer Anwendung unterscheidet man z. B. → Elektrokardiograph, → Elektroenzephalograph, → Elektrokortikograph, → Elektroneurograph, → Elektromyograph.

B.en können im Rahmen der → Biotelemetrie, insbesondere der medizinischen Telemetrie, Bestandteil telemetrischer Meß- und Übertragungssysteme sein.

Lit. → medizinische Elektronik.

Biogas, Mistgas, Faulgas, ein durch bakterielle Umsetzung organischer Stoffe entstehendes Gas. Es wird in landwirtschaftlichen Großbetrieben in **Biogasanlagen** aus Stalldung, Laub, Stroh, Kartoffelkraut, Küchenabfällen gewonnen und kann zum Beheizen von Futterdämpfern, Trocknungsanlagen u. a. verwendet werden, ferner zur Erzeugung von Elektrizität und — komprimiert in Druckflaschen — zum Antrieb von Kraftfahrzeugen. B. setzt sich zusammen aus etwa $^2/_3$ Methan CH_4 und $^1/_3$ Kohlendioxid CO_2 sowie Spuren von Wasserstoff H_2 und Schwefelwasserstoff H_2S; es hat einen Heizwert von 6000 bis 7000 kcal/m³ i. N.

Im Stall anfallender Häckselmist oder organische Abfallstoffe werden mit Jauche vermischt und kontinuierlich in einen *Gärbehälter* (*Faulbehälter*) gepumpt oder abgeschwemmt (Schwemmentmistung). Dort entsteht durch Gärung, hervorgerufen durch Methanbakterien, das B. Ein Teil des Gases wird zum Beheizen eines *Niederdruckdampferzeugers* verwendet, der den neu zugeführten Häckselmist erwärmt und im Behälter die erforderliche Temperatur konstant aufrechterhält. Der übrige Teil des B.es gelangt in einen *Niederdruckgasbehälter*, in dem das B. gespeichert wird. Der im Gärbehälter ausgegorene Faulschlamm **(Biogasdung)** wird in einen *Düngeschlammsilo* befördert und aus ihm mit Spezialwagen auf das Feld transportiert.

Die Biogasanlage bringt verschiedene Vorteile; unter anderem werden aus dem Stalldung beträchtliche Energiemengen erzeugt, die sonst nicht genutzt werden.

Biokatalysatoren, Wirkstoffe, Ergine, organische Verbindungen, die in der lebenden Zelle gebildet werden und von denen schon geringste Mengen eine ausgeprägte physiologische Wirkung zeigen. Die B. sind für den normalen Ablauf der Lebensvorgänge unbedingt erforderlich. Zu den B. im engeren Sinne gehören die Vitamine, Hormone und Fermente. Zu den B. im weiteren Sinne zählt man die Antibiotika, die essentiellen Aminosäuren und biogenen Amine.

Bioklimatologie, ein Teilgebiet der angewandten Meteorologie, untersucht die Wechselbeziehungen zwischen Wetter, Witterung und Klima einerseits und dem Gesundheitszustand und den Lebensfunktionen von Lebewesen anderseits unter besonderer Berücksichtigung des Menschen. Die B. entwickelte spezielle Meßgrößen, z. B. die Abkühlungsgröße (→ Abkühlung), deckte Zusammenhänge zwischen Wetter und Krankheiten auf und untersucht die biologischen Sonderklimate der Industrie, der Großstadt und der Wohnräume.

Lit. Mrose: Klima und Wetter in ihrer Wirkung auf den Menschen (2. Aufl. Wittenberg 1956).

Biolumineszenz, → Lumineszenz.

Bionik [Kurzwort aus Biologie und Technik], ein der Kybernetik verwandter Wissenschaftszweig, untersucht die Möglichkeiten, Kenntnisse von biologischen Prozessen für technische Probleme auszunutzen. Die B. ist bestrebt, nicht nur informatorische und Gehirnprozesse, sondern die verschiedenartigsten Charakteristiken der Lebewesen, z. B. stoffliche Umwandlungen, Energiebedarf einzelner Komplexe, die anatomische Struktur und die äußere Gestalt von Tieren, in den technischen Bereich zu übertragen. Eines der Ziele der B. ist, sich selbst orientierende Automaten zu entwickeln, die eine optimale Lösung der betreffenden Probleme ermöglichen. Dabei ist es notwendig, von starren Programmierungen abzugehen und Maschinen zu schaffen, welche die auf sie treffenden Informationen abschätzen und selbsttätig Programme zu ihrer weiteren Verarbeitung ausarbeiten können. Die Automaten sollen gegebenenfalls mit solchen rezeptorischen Systemen ausgestattet werden, die Sinneswahrnehmungen wie Hören, Sehen, Riechen usw. ermöglichen. In diesem Zusammenhang wäre es möglich, ein verletztes Sinnesorgan eines Menschen durch eine künstliche Rezeptorenkombination zu ersetzen. Die B. strebt ferner an, aus der belebten Natur Anregungen für eine Verkleinerung der Bauelemente und des Energiebedarfs sowie für eine Vergrößerung der Zuverlässigkeit und Speicherkapazität von kybernetischen Maschinen zu erhalten. So sind manche Tiere (z. B. Klapperschlangen, Mücken) mit „Präzisionsthermometern" ausgerüstet und können damit thermische Umweltänderungen von $^1/_{1000}$ °C wahrnehmen. Die Medusen (Quallen) besitzen ein besonderes Organ zur Feststellung von Infrarotstrahlen, das einen aufkommenden Sturm mehrere Stunden vorher anzeigt. Fledermäuse besitzen ein „Ultraschall-Ortungsgerät". Im makroskopischen Bereich erwartet man Hinweise aus der aerodynamischen bzw. hydrodynamischen Gestaltung der Vögel, Fische oder Wassersäugetiere für den Bau von Flugkörpern, Schiffen usw. Zum Beispiel können Delphine ihre Körperoberfläche so den jeweiligen Strömungsverhältnissen anpassen, daß an keiner Stelle Turbulenz entsteht; damit erreichen sie maximale Geschwindigkeiten bei geringem Energieverbrauch.

Zur Erreichung der von der B. gestellten Aufgaben ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern, Physiologen und Ingenieuren notwendig.

Der Begriff B. wurde 1960 von dem Engländer Jan Steele eingeführt.

Lit. Kraismer: B., eine neue Wissenschaft (Leipzig 1964).

Biophysik, eine Wissenschaft, deren Gegenstand die lebenden Systeme sind. Sie unterscheidet sich von der Biologie dadurch, daß sie die allgemeine Methode der Physik auf ihren Forschungsgegenstand anwendet. Diese besteht in der Beobachtung aller Vorgänge der materiellen Welt, ihrer Beschreibung und Durchdringung mit Hilfe der allgemeinen → Systemtheorie. Die B. sieht die lebenden Wesen als materielle Systeme in Raum und Zeit, die sich von den Dingen der unbelebten Natur durch einen höheren Grad an Komplexität unterscheiden. Besondere Bedeutung besitzt deshalb die biophysikalische *Systemanalyse*. Danach faßt man ein System als Gebilde aus Teilsystemen auf und beschreibt die Teilsysteme als Bausteine, die durch ihre Eigenschaften gekennzeichnet sind. Dann untersucht man die Wechselwirkungen der Teilsysteme im Rahmen des Gesamtsystems mit dem Ziel, diese exakt darzustellen, wobei sich die B. der Verfahren und Sätze der Mathematik bedient. Diese Systemanalyse kann auf verschiedenen Ebenen der Komplexität beginnen. So untersucht man heute vorwiegend die molekulare Ebene, die zelluläre Ebene, die organismische Ebene und die Populationsebene. Dieses Verfahren ermöglicht ein breites biophysikalisches Forschungsprogramm.

Die Abgrenzung des Systems erfolgt nach Gesichtspunkten der Zweckmäßigkeit. Gegebenenfalls rechnet man eine gewisse Umwelt oder experimentelle Anordnung zum System hinzu. Insbesondere studiert man Wechselwirkungen zwischen physikalischen und biophysikalischen Teilsystemen und unterscheidet aktive und passive Techniken. *Passive Techniken* (Meßmethoden) sind z. B. paramagnetische Resonanzen, elektrische Meßtechnik, Elektronenmikroskopie und Ultrazentrifugation. *Aktive Techniken* (Beeinflussung) sind z. B. die Beeinflussung durch Strahlen (→ Strahlenbiologie), durch elektrische Energie und thermische Energie. Hierbei resultiert aus der Wechselwirkung eine unmittelbare Beeinflussung der biologischen Funktionen der betrachteten Systeme.

Wechselwirkungen zwischen biophysikalischen Teilsystemen werden heute hauptsächlich vom energetischen und noch mehr vom informationstheoretischen Standpunkt aus studiert.

Die Systemanalyse eines lebenden Systems kann als Strukturanalyse, Funktionsanalyse oder Verhaltensanalyse betrieben werden. Die *Strukturanalyse* führt z. B. zur Erforschung des molekularen Aufbaus der Zelle und der Zellkomponenten sowie des Aufbaus neuraler Netzwerke. Die *Funktionsanalyse* beschäftigt sich z. B. mit input-output-relations (funktionale Beziehungen zwischen Reiz und Reizantwort), Membranpotentialen, biologischen Rezeptoren und Neuronen. Sie liefert die Grundlage der → Bionik. Mit der *Verhaltensanalyse* erforscht man das Verhalten von Organismen und Populationen. Die Ergebnisse dieser Analyse haben Bedeutung für Psychologie, Landwirtschaft, Ernährungswissenschaft und Soziologie.

Lit. W. Beier: B. (2. Aufl., Leipzig 1962), Einführung in die Theoretische Biophysik (Stuttgart 1966).

Biot, Kurzz. **Bi,** nach dem französischen Physiker J. B. Biot benannte, nicht gesetzliche Einheit der elektrischen Stromstärke. 1 Bi = 10 A (Ampere).

Biotelemetrie, die Telemetrie (Fernmessung) biophysikalischer bzw. physiologischer Größen, bei der die Signalübertragung streckenweise durch Funk oder Trägerfrequenzverfahren geschieht.

Dabei kann die Übertragung über Leitungen erfolgen oder auch drahtlos **(Bio-Radio-Telemetrie)**, z. B. beim → Intestinalsender. Die dynamische Bio-Radio-Telemetrie ist ein Verfahren zur radiotelemetrischen Untersuchung sich frei bewegender Personen oder Tiere.

Biotin, Vitamin H, → Vitamine.

Biotit, ein → Glimmer.

Biot-Savartsches Gesetz, eine spezielle Form des → Durchflutungsgesetzes. Es enthält die mathematisch formulierte Abhängigkeit der durch ein stromdurchflossenes, kurzes, gerades Stück eines linienhaften Leiters in dessen Umgebung hervorgerufenen magnetischen Feldstärke von Stromstärke, Entfernung und Richtung des Leiters.

Biphenyl, svw. → Diphenyl.

Birdseye-Apparat, → Tiefkühlung.

Birne, eine Form des → Konverters.

Bismutin, Wismutglanz, ein Mineral, wichtiges Wismuterz, Bi_2S_3; orthorhombisch, bleigrau, häufig bunt, besonders gelb angelaufen, Härte nach Mohs 2, D. 6,8 bis 7,2 g cm^{-3}. B. kommt auf Zinnerz- und Wolframitgängen sowie auf Kobalt-Nickel-Silbererzgängen vor. Er dient zur Herstellung tiefschmelzender Legierungen und wird in der Porzellan-, Glas- und chemischen Industrie verwendet.

Bismutum, → Wismut.

bit [aus dem englischen **bi**nary digit], die Einheit der maximalen Information, die in einer Binärentscheidung enthalten sein kann. Zu einer Binärentscheidung führt eine jede Frage, die nur mit ja oder nein beantwortet werden kann.

Bittersalz, svw. → Epsomit.

Bitterspat, svw. → Magnesit.

Bitumen, alle natürlich vorkommenden oder aus Naturstoffen ohne Zersetzung gewonnenen flüssigen oder festen, brennbaren Kohlenwasserstoffgemische von braungelber bis schwarzer Farbe und brenzligem, teerartigem Geruch. Teere und Peche, die man durch zersetzende Destillation erhält, zählen nicht zu den B., sondern werden als bitumenverwandte Stoffe bezeichnet. Die B. werden zweckmäßig nach Ursprung und physikalischen Eigenschaften klassifiziert: Die **natürlichen B.** sind aus Kohlenhydraten, Proteinen, Harzen, Lignin, Wachsen und Fetten meist niedriger Organismen direkt oder durch vorwiegend mikrobiologische Zersetzungsprozesse hervorgegangen. Es wird unterschieden zwischen a) größtenteils in Kohlenstoffdisulfid löslichen und verseifbaren natürlichen B., wie Sapropelwachs, Montanwachs und fossilen Harzen, z. B. Bernstein, b) größtenteils in Kohlenstoffdisulfid löslichen und unverseifbaren natürlichen B., z. B. Erdgas, Roherdöl, Erdwachs und Naturasphalte, c) größtenteils in Kohlenstoffdisulfid unlöslichen und unverseifbaren natürlichen B., auch *Pyrobitumen* genannt, z. B. Wurzilit und Albertit. Unter **technischen B.** versteht man die aus den natürlichen B. ohne Zersetzung gewonnenen Produkte. Hierzu rechnen im weiteren Sinne Erdöldestillate und Festparaffine, z. B. Zeresin, sowie im engeren Sinne die Rückstände bei einer schonenden Erdöldestillation, z. B. Vaseline. Ein **bituminöser Stoff,** z. B. Ölschiefer, ist ein mit B., Pech und/oder Teer durchtränktes Material.

B. wird je nach Beschaffenheit und Herkommen als Klebemasse zum Aufkleben von Fußböden, Fußbodenbelägen und Dachbelägen, als Dichtungs- und Deckaufstrich, als Bindemittel, z. B. im Straßenbau (→ bituminöse Bindemittel), als Sperrstoff im Hoch-, Tief- und Wasserbau, als Bitumenpappe zum Imprägnieren und, kombiniert mit Lackrohstoffen, als physikalisch trocknender **Bitumenlack** zum Sperren von Bauten u. a. verwendet.

Bitumenemulsionen werden durch Verrühren von heißen, flüssigen B. in Wasser unter geringem Zusatz von Seife, Harz, Ton oder ähnlichen Emulgatoren vorwiegend zum Straßenbau, aber auch vermischt mit Füllstoffen, wie Asbest und Holzmehl, als Sperr- und Dichtungsstoffe verwendet.

Lit. Zákar: B. (dtsch 2. Aufl. Berlin 1967).

bituminöse Bindemittel, im Straßenbau Sammelbegriff für alle aus Bitumen und Teer hergestellten Stoffe, die infolge ihrer hohen Klebkraft die einzelnen Füller-, Sand-, Splitt- und Schotterkörner aneinander binden und so widerstandsfähige Schichten bilden (→ Straße). **Straßenbaubitumen,** als Rückstand bei der Erdöldestillation, seltener in natürlichem Zustand gewonnen, ist ein dunkelfarbiger, thermoplastischer Stoff von sehr großer chemischer Widerstandsfähigkeit. Zur Verarbeitung wird Straßenbaubitumen je nach Härte auf 160 bis 180 °C erhitzt. **Verschnittbitumen** kann bei etwa 60 °C verarbeitet werden. Bei ihm ist die Zähflüssigkeit durch Zusatz von geeigneten Verschnittmitteln erniedrigt, die sich nach dem Einbau des Materials verflüchtigen. Bei **Bitumenemulsion** ist weiches Bitumen unter Zusatz eines Emulgators in Wasser emulgiert. Bitumenemulsion ist kalt und auch in Verbindung mit nassem Gestein verarbeitbar. Nach dem Zusammenbringen mit dem Gestein zerfallen die unstabile Emulsion schnell und die stabile Emulsion langsam in Wasser, das verdunstet, sowie in Bitumen, das die Oberfläche der Mineralstoffe umhüllt. **Straßenteer** wird aus Steinkohlenteer (→ Teer) hergestellt. **Kaltteer** entsteht durch Zusatz von leichtflüchtigen Verdünnungsmitteln zu Straßenteer.

Biuret *n*, $H_2N{-}CO{-}NH{-}CO{-}NH_2$, eine organische Verbindung. B. bildet farblose Kristalle (F. 193 °C) und entsteht durch vorsichtiges Erhitzen von Harnstoff. Seine alkalische Lösung gibt mit Kupfersulfat eine violettrote Färbung. Diese **Biuretreaktion** verursachen auch die Eiweißstoffe, so daß man diese dadurch nachweisen kann.

bizyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Bk, Symbol für → Berkelium.

Black-box [englisch, ‚schwarzer Kasten'], das Modell eines komplexen (kybernetischen) Systems, über dessen inneren Aufbau nichts bekannt ist und von dem man nur seine Reaktion an den Ausgängen auf bekannte Eingangssignale kennt. Die Analyse solcher Systeme gehört zu den wichtigsten Untersuchungsmethoden der Kybernetik. Man spricht von der **Black-box-Methode** als von einer Methode zur Erforschung komplexer kybernetischer Systeme. Ein seinem inneren Aufbau nach unbekanntes, noch nicht analysiertes System wird als „schwarzer Kasten" behandelt. Da das Gesamtverhalten dieses Systems bekannt ist, lassen sich durch Variation der funktionalen Beziehungen zwischen bestimmten Eingangs- und Ausgangsgrößen sukzessive Einsichten über die innere Struktur des „schwarzen Kastens" und die Art des Zusammenwirkens seiner Teilsysteme gewinnen. In vielen Wissenschaften, vor allem in den Gesellschaftswissenschaften und in der Biologie, findet die Black-box-Methode in zunehmendem Maße Anwendung und hat sich als fruchtbare Methode wissenschaftlicher Forschung erwiesen.

Blähton, ein Zuschlagstoff, → Zuschläge.

Blanc fixe, → Barium.

Blanchieren, in der Lederzurichtung das Egalisieren der Fleischseite durch Abheben eines feinen Spans, → Gerberei.

Blankdruck, svw. → Blinddruck.

Blankglühen, das Glühen von Metallen im Vakuum oder unter einem Schutzgas (z. B.

Kohlenmonoxid, Wasserstoff). Das B. verhindert Oxydation oder beseitigt eine vorhandene Oxidschicht und macht auf diese Weise die Oberflächen der Werkstücke für weitere Verarbeitung blank.

Blankrollen, → Polieren 1).

Blase, → Destillation.

Blasenkammer, → Nebelkammer.

Bläser, im Bergbau der Ausbruch von Gas (Grubengas, Kohlendioxid, Wasserstoff u. a.) aus angebohrten oder angeschossenen Hohlräumen im Gestein.

Blasverfahren, → Stahlerzeugung.

Blattgrün, svw. → Chlorophyll.

Blattschreiber, → Telegrafie.

Blaudruck, → Druckerei.

Blaueisenerz, svw. → Vivianit.

Blaufarbenglas, svw. → Smalte.

Blaugel, → Kieselgel.

Blausäure, Zyanwasserstoff(säure), H—C≡N, farblose, sehr giftige, schwach bittermandelartig-stechend riechende Flüssigkeit (Kp. 26 °C). B. ist eine der schwächsten Säuren und läßt sich leicht aus ihren Salzen, den **Zyaniden**, von denen das bekannteste das Kaliumzyanid (→ Kalium) ist, austreiben. Die Giftwirkung der B. beruht auf einer Lahmlegung der Atmungsfermente im Organismus (Lähmung des Atemzentrums). B. ist in Form von Glykosiden in der Natur weit verbreitet. Am bekanntesten ist das Glukosid Amygdalin, das in den Kernen von Mandeln, Pfirsichen, Kirschen, Pflaumen und Aprikosen vorkommt und durch verdünnte Säuren oder das Fermentgemisch Emulsin in Glukose, Benzaldehyd und B. gespalten wird. Technisch stellt man B. vor allem durch katalytische Oxydation von Methan und Ammoniak mit Luftsauerstoff (*Andrussow-Verfahren*) her. In großem Umfang dient B. zur Herstellung von Schädlingsbekämpfungsmitteln (B. wird hierzu von Kieselgur oder anderen Trägern aufgesaugt). In der chemischen Industrie dienen B. und ihre Salze zur Synthese zahlreicher Verbindungen, z. B. für Akrylnitril.

Blauschriftröhre, eine → Elektronenstrahlröhre.

Blaustich, ein → Farbstich.

Blech, zu Platten verschiedener Dicke ausgewalztes Metall. Nach der Dicke unterscheidet man **Grobbleche** (>4 mm, TGL 8446) und **Feinbleche** (<4 mm, TGL 8445), nach dem Werkstoff Stahl-, Aluminium-, Kupfer-, Messing-, Zink-, Silber- und Goldbleche u. a., ferner Überzugsbleche, z. B. verzinntes Stahlblech **(Weißblech)**, verzinktes, verbleites, verkupfertes, emailliertes Stahlblech und plattierte B.e (→ Plattieren), nach der Form beiderseits glatte B.e und profilierte B.e, z. B. Belagbleche (Riffel-, Waffel-, Warzen-, Raupenblech), Wellblech, Winkelblech, nach der Verwendung Handelsblech, gewöhnliche B.e, z. B. **Schwarzblech,** ein ungereinigtes, nicht überzogenes Stahlblech, das leicht rostet (im Unterschied zum Weißblech), und Qualitätsblech (Bau-, Preß-, Zieh-, Tiefzieh-, Karosserieblech u. a.).

Blechbearbeitung, die Gestaltänderung von Blechstreifen, -platinen und -hohlkörpern durch Verfahren aus den Fertigungsgruppen → Umformen (z. B. → Blechziehen), → Trennen und → Fügen.

Lit. Maasz: Handb. für die B. (Leipzig 1958).

Blechziehen, eine Gruppe von Fertigungsverfahren der Blechumformung. Dabei wird vorwiegend durch Zugspannungen eine Überführung von ebenen Blechzuschnitten oder Blechhohlkörpern in den plastischen Zustand und eine Gestaltänderung bewirkt. Verfahren des B.s sind z. B. → Tiefziehen, → Ausbauchen, → Gummistempel-Tiefziehen, → Reckbiegen.

Lit. Rabe: Stanzerei (Leipzig 1951).

Blei [lateinisch plumbum], Symbol **Pb**, chemisches Element aus der IV. Hauptgruppe des Periodensystems, der Kohlenstoff-Silizium-Gruppe, ein Schwermetall; Ordnungszahl 82, Massenzahlen der stabilen Isotope 208, 207, 206 und 204, Atomgewicht 207,19 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II und IV, D. 11,336 g cm^{-3}, F. 327,4 °C, Kp. 1750 °C. B. und seine Verbindungen sind stark giftig. Das Metall ist bläulichweiß, sehr dehnbar, jedoch von äußerst geringer Härte und Zugfestigkeit; es läßt sich gießen, walzen und pressen. Von verdünnten Säuren wird B. im allgemeinen nicht gelöst, jedoch von Salpetersäure und heißer, konzentrierter Schwefelsäure.

Vorkommen und Gewinnung. Meist findet sich B. gebunden. Unter den Bleierzen ist Galenit (Bleiglanz) PbS am verbreitetsten und wichtigsten. Ferner kommt B. z. B. im Zerussit und Bournonit vor. Als Ausgangsstoff für die Gewinnung dient fast ausschließlich Galenit. Beim *Röstreduktionsverfahren* wird das Erz nach dem Rösten in Schachtöfen mit Koks reduzierend geschmolzen, beim *Röstreaktionsverfahren* wird das Erz mit einer geringen Menge Koks und Kalkstein in Herdöfen durch Verbrennen des Schwefels und Lufteinblasen auf 650 bis 770 °C erhitzt. Das anfallende Rohblei **(Werkblei)** wird noch durch Seigerung und Raffination gereinigt und vor allem nach dem → Parkes-Verfahren entsilbert. Bei der elektrolytischen Raffination wird häufig Gelatine zugesetzt, damit sich das B. nicht in Form von verästelten Kristallen **(Bleibaum)** oder als schwammige Masse **(Bleischwamm)** abscheidet. **Elektrolytblei,** abg. **E-Blei,** ist über 99,99 %ig, **Hüttenblei** ist 99,75- bis 99,95 %ig. **Weichblei** enthält mehr als 99,9 % B. und muß vollkommen oxidfrei sein.

Verwendung. B. wird meist legiert, hauptsächlich mit Sn, Sb, As und Cu (→ Bronzen, → Lagermetalle, → Lot, → Hartblei, → Woodsches Metall, → Schriftmetall, → Stereometall, → Roses-Metall, → Letternmetall und → Lipowitz-Metall), verwendet. Unlegiertes B. dient z. B. zur Herstellung von Geräten, die mit heißer konzentrierter Schwefelsäure in Berührung kommen, für Dichtungen, Bleche, Akkumulatorplatten, als Schutzmaterial gegen radioaktive Strahlen und Röntgenstrahlen, als Heizbadflüssigkeit u. a.

Bleiverbindungen. Bleiazetat (Bleizucker), $Pb(CH_3COO)_2$, in Lösung bildet es mit PbO basische Azetate und wird als *Bleiessig* bezeichnet, verwendet in der Zeugfärberei, im Zeugdruck u. a.; **Bleiazid,** $Pb(N_3)_2$, sehr explosiv, verwendet als reibungs- und schlagempfindlicher Initialsprengstoff; **Bleichlorid,** $PbCl_2$, kommt als Kotunnit in den Lavaströmen des Vesuvs vor; **Bleichromat,** $PbCrO_4$, kommt in der Natur als Krokoit vor, verwendet in der Elementaranalyse als Oxydationsmittel und vor allem ebenso wie die basischen Chromate (Chromrot, -orange) und die Mischkristalle aus $PbCrO_4$ und $PbSO_4$ (Chromgelb) als Pigment; **Bleinitrat,** $Pb(NO_3)_2$, verwendet in der Farbstoff-, Sprengstoff-, Zündholzindustrie und Feuerwerkerei; **Blei(II)-oxid,** PbO, entsteht als *Bleiglätte* bei der Oxydation geschmolzenen Bleis mit Luftsauerstoff, als *Massicot* in Form eines lockeren, gelben Pulvers durch thermische Zersetzung sauerstoffhaltiger Bleiverbindungen, wird verwendet zur Herstellung von Akkumulatorplatten, Spezialgläsern und von *Bleiweiß* (basisches Bleikarbonat), einem gut deckenden, weißen Pigment, sowie in der keramischen Industrie für Glasuren und Porzellanfarben; **Blei(IV)-oxid (Bleidioxid),** PbO_2, verwendet als Oxydationsmittel, in der Zündholzindustrie und Pyrotechnik sowie zur Herstellung von Elektroden; **Blei(II,IV)-oxid (Mennige),** Pb_3O_4, gelb- bis scharlachrotes Pulver, verwendet als Rostschutzmittel, ferner zur Herstellung von Akkumula-

torplatten, Kristallglas, Glasuren, Pigmenten, Kitten, Pflastern und Salben; **Bleisulfat,** $PbSO_4$, findet sich in der Natur als Anglesit, verwendet als Substrat für lithographische Farblacke.

Lit. W. Hoffmann: B. und Bleilegierungen. Metallkunde und Technologie (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962).

Bleichen, das Aufhellen oder Entfärben von Faserstoffen, Textilien, Stroh, Papier, Ölen, Fetten, Wachsen, Zucker, Leder u. a. Nach den verwendeten Bleichmitteln unterscheidet man:

1) **Oxydierend wirkende Bleichmittel** zerstören den Farbstoff. Man teilt sie ein in die unmittelbar oxydierenden Sauerstoffverbindungen, z. B. Wasserstoffperoxid, Natriumperoxid, Natriumperborat, bei deren Zersetzung der auf die Farbstoffe und Verunreinigungen oxydierend wirkende Sauerstoff entsteht, und die mittelbar oxydierenden, bei Zerfall atomaren Sauerstoff frei setzenden Chlorbleichmittel, z. B. Chlor- oder Bleichkalk, Kalium-, Kalzium- und Natriumhypochlorit sowie die Chloramine. Das älteste, heute nur noch selten angewandte Bleichverfahren für Textilien ist die Rasenbleiche, bei der durch Sonnenstrahlung auf photochemischem Wege eine Zersetzung des Wassers unter Bildung von Wasserstoffperoxid und Ozon stattfindet.

2) **Reduzierend wirkende Bleichmittel,** z. B. Schwefeldioxid und Natriumhydrogensulfit, überführen den Farbstoff in eine farblose Leukoverbindung, die durch Oxydation wieder ihre ursprüngliche Farbe annehmen kann.

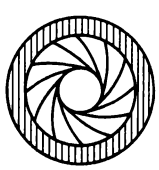
3) Bei **adsorptiv wirkenden Bleichmitteln** beruht die Wirkung auf der Adsorptionskraft grenzflächenaktiver Stoffe, z. B. Aktivkohle, Kieselsäuregel, die nach der Adsorption der färbenden Komponente von den aufgehellten Produkten, z. B. Ölen, Fetten, Mineralölen, Paraffinen, Zuckerrübensaft, durch Filtration abgetrennt werden.

4) Über **optische Bleichmittel** → optische Aufheller.

Lit. Teichmann: Die chemische Technologie des B.s von textilen Fasern (Berlin 1954).

Bleicherde, svw. → Podsol.
Bleichkalk, svw. → Chlorkalk.
Bleiglanz, svw. → Galenit.
Bleikammerverfahren, → Schwefelsäure.
Bleikristall, ein Kristallglas, → Glas.
Bleimethoden, → physikalische Altersbestimmung.
Bleitetraäthyl, → Antiklopfmittel.
Bleitetramethyl, → Antiklopfmittel.
Blendbogen, Scheinbogen, ein unbelasteter Mauerbogen (ohne statische Funktion), der flache, nicht durch die Mauerdicke durchgehende Nischen (→ Blende) überdeckt.

Blende, 1) **Diaphragma,** in optischen Geräten eine Einrichtung zur Begrenzung der durch die Linsen tretenden Lichtbündel. Man unterscheidet zwischen Öffnungsblenden (Aperturblenden, → Apertur) und Feldblenden. Durch eine Öffnungsblende wird der Querschnitt des einfallenden Strahlenbündels begrenzt, insbesondere werden durch Öffnungsblenden die Randstrahlen abgeblendet, wodurch eine Verbesserung des Bildes durch Verringerung der → Abbildungsfehler erreicht wird. Als Öffnungsblenden können die Linsenfassungen wirken, oder man verwendet besondere starre oder verstellbare B.n (z. B. die **Irisblende** mit übereinandergreifenden Lamellen), wie sie im Mikroskop und in der photographischen Kamera (hier auch zur Veränderung der Lichtstärke und der Schärfentiefe) vorhanden sind. Eine **Feldblende (Bildfeldblende, Gesichtsfeldblende)** dient dazu, den Bildausschnitt zu begrenzen.



Irisblende

2) eine flache Mauervertiefung zur Gliederung und Belebung großer Mauerflächen sowie zur Aufnahme ornamentaler Schmuckteile oder Skulpturen; auch svw. → Verblendung.

3) **photographische B.,** in der Filmproduktion bei Szenenübergängen zwischengefügte kinematographische Bildfolgen, die als Auf-, Ab- oder Überblendungen entweder mit der → Bildkamera oder im Trick- bzw. Kopierverfahren hergestellt werden. Es gibt unterschiedliche Ausführungen von B.n, z. B. Unschärfe-, Fett-, Wisch-, Klapp-, Jalousie-, Schiebe-, Format-, Rauch-, Zerreißblende. Auf- und Abblendungen lassen sich auch auf chemischem Wege durch Abschwächen der Bildnegative herstellen.

4) → Drosselblende.

Blenden, durchsichtige bis durchscheinende Sulfidminerale mit nichtmetallischem oder halbmetallischem Glanz (im Unterschied zu den Glanzen und Kiesen), z. B. Sphalerit (Zinkblende).

Blendenzahl, eine bei Photoobjektiven einzustellende Zahl zur Kennzeichnung der Blendenöffnung. Im allgemeinen wird die B. nur kurz Blende genannt. Die B. ist der Kehrwert der relativen Öffnung (Verhältnis von Blendendurchmesser zu Brennweite) des Objektivs; je größer die B., um so kleiner also die Blendenöffnung. Für die B.en wurde folgende geometrische Reihe international festgelegt: 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16. Zwei aufeinanderfolgende B.en unterscheiden sich um den Faktor $\sqrt{2}$ entsprechend einem Faktor 2 für die → Belichtung. Die Reihe kann zu kleineren oder zu größeren B.en beliebig fortgesetzt werden.

Blimp *m*, eine Schallschutzhaube für Bildkameras. Sie ist doppelwandig ausgeführt und mit Schallschluckstoffen aus Glasfasern u. a. ausgekleidet; sie soll das Kamerageräusch auf einen Wert unter 30 Phon, gemessen 1 Meter vor dem Bildfenster, herabsetzen.

Blinddruck, Blankdruck, das farblose Drucken oder Prägen. Man erhält dadurch glatte Druckflächen für den nachfolgenden Farbdruck oder die reliefartige farblose Darstellung.

Blindenschrift, eine Schrift aus einem System von 1 bis 6 Punkten **(Blindenpunktschrift),** die auf Papier erhaben erscheinen, so daß sie von Blinden abgetastet werden können. Die Herstellung der B. erfolgt mit einer Spezialmaschine mit 6 Tasten, womit Stempel in eine doppelt gelegte Metallplatte eingeprägt und dadurch eine Matrize und Patrize hergestellt (Zwischenpunktdruck) werden. Zwischen diese doppelte Metallplatte wird dann in einer Tiegeldruckmaschine der zu bedruckende angefeuchtete Papierbogen eingelegt und geprägt (Blindendruck). Zeitschriften werden wegen der größeren Auflage auf Rundformmaschinen hergestellt, bei denen die Druckbleche auf zwei gegenläufigen Walzen aufgespannt sind. Einzelexemplare von Druckschriften werden nicht gedruckt, sondern mittels der Punktschriftbogenmaschine (Blindenschreibmaschine) hergestellt.

In letzter Zeit wird auch der Siebdruck für die Herstellung von Blindenschrifterzeugnissen eingesetzt. Das Papier kann dadurch schneller und auf beiden Seiten bedruckt werden.

Blindflug, → Instrumentenflug.
Blindholz, → Verbundplatte.
Blindlandung, frühere Bezeichnung für → Schlechtwetterlandung, neuerdings auch für automatische Landung gebraucht (→ Anflug- und Landesysteme).
Blindleistung, → elektrische Leistung.
Blindleistungsmaschine, eine Synchronmaschine zur Kompensation von Blindleistung, → elektrische Maschine.
Blindmaterial, Füllmaterial, das zwischen Wörter und Zeilen eingefügte nichtdruckende Satzmaterial. Es ist niedriger als die Drucktypen (in der Regel 54 p hoch). Zum B. gehören → Ausschluß, → Durchschuß, → Stege.

Blindort, ein Grubenbau im Nebengestein einer Lagerstätte, aus dem Berge für den Versatz gewonnen werden. Blindörter sind z. B. Bergemühlen (→ Berge).

Blindschacht, ein kleiner Schacht, der nicht zu Tage ausgeht und meist zwei, mitunter auch mehr Sohlen miteinander verbindet. Er dient zur Förderung von Haufwerk, Materialien und Bergen sowie als Wetterweg und ist meist zum Fahren eingerichtet. Ein B., der abgeteuft wurde, heißt *Gesenk*, einer der hochgebrochen, d. h. von unten nach oben aufgefahren wurde, *Aufbruch*. Der B. wird im Steinkohlenbergbau auch **Stapel** genannt.

Blindstrom, der beim Fließen eines sinusförmigen → Wechselstroms in einem Netzwerk auftretende Anteil des → Scheinstroms, der zu der Spannung über den Klemmen dieses Netzes um 90° phasenverschoben ist. Bei **induktivem B.** eilt der gesamte Strom der Spannung nach, bei **kapazitivem B.** dagegen vor. Das Produkt aus Spannung und B. liefert die Blindleistung (→ elektrische Leistung).

Blindwatt, Kurzz. **bW**, alte Einheit der Blindleistung, → elektrische Leistung.

Blindwiderstand, → Wechselstromwiderstand.

Blinker, ein → Fahrtrichtungsanzeiger.

Blinkfeuer, ein → Leuchtfeuer.

Blinkkomparator, ein optisches Gerät zum Vergleich zweier photographischer Aufnahmen von einem zu verschiedenen Zeiten aufgenommenen Objekt. Die beiden Aufnahmen werden auf je einen Plattentisch gespannt und durch das Okular des B.s betrachtet. Die beiden Aufnahmen erscheinen bei einäugigem Sehen durch Abblendung in schnellem Wechsel, und in ihrer Lage verschobene oder verschieden geschwärzte Bildteile machen sich dabei als springende oder in der Helligkeit schwankende Bilder bemerkbar. Der B. wird in der Astronomie zum Auffinden von kleinen Planeten, zur Entdeckung und Überwachung von Kometen sowie in der Kriminalistik zum Auffinden von Fälschungen verwendet.

Blinklichtanlagen, in der Eisenbahnsicherungstechnik Anlagen zur automatischen Sicherung von Wegübergängen. Die älteren **Warnlichtanlagen** zeigen in Grundstellung weißes Blinklicht. Bei Annäherung eines Zuges wird, z. B. durch einen → Schienenkontakt, rotes Blinklicht eingeschaltet, das außerdem zur Erkennung durch Farbblinde schneller blinkt. Die heute eingebauten **Haltlichtanlagen** zeigen in Grundstellung kein Signalbild; bei Nahen eines Zuges wird rotes Blinklicht eingeschaltet. Das einwandfreie Arbeiten der modernen Haltlichtanlagen wird durch teilweise Verdoppelung der Schaltelemente erreicht; die Anlage wird durch die Fernüberwachung auf dem nächsten Bahnhof kontrolliert.

Mit B. gesicherte Bahnübergänge werden dem Straßenverkehrsteilnehmer durch Warnkreuze angekündigt.

Blitz, eine luftelektrische Erscheinung, die durch eine unipolare Stoßentladung ähnlich einem Funkenüberschlag (Gleitentladung) zwischen einer Wolke und der Erdoberfläche oder zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Wolken entsteht. B.e führen negative oder positive Ladungen von der Wolke zum Erdboden. Ungefähr 75 % der B.e sind negativ geladen. B.e wachsen in Ruckstufen von 10 bis 100 m Länge von der Wolke zum Erdboden vor, seltener wachsen sie von der Erde zur Wolke. Die Stromstärke der B.e liegt meist unter 50000 Ampere, in seltenen Fällen werden Werte bis 200000 Ampere erreicht. Die Spannung beträgt einige hundert Millionen Volt. Die Ladungsmenge liegt im Mittelwert bei 30 Coulomb, Werte bis 100 Coulomb kommen vor. Die ungefähre Zeitdauer eines Gesamtblitzvorganges kann mehr als eine Sekunde betragen, während die Entladung des Blitzstroms in 10 bis 100 Mikrosekunden erfolgt. Infolge der geringen Dauer der Blitzentladungen beträgt die Energie eines B.es nur wenige Kilowattstunden (40 bis 300 kWh). Eine wirtschaftliche Nutzung ist nicht möglich, da derartig kurzzeitige Stoßströme nicht gespeichert werden können.

Die häufigste Blitzform ist der stark verästelte **Linienblitz,** der neben der Einschlagstelle der Hauptentladung meist zahlreiche Nebenentladungen aufweist. **Flächenblitze** sind oft durch Wolken verdeckte Linienblitze, können aber auch Büschel- oder Glimmentladungen sein. **Kugel-** und **Perlschnurblitze** sind ungewöhnliche Blitzformen, an deren Realität oft gezweifelt wird und für die es eine befriedigende physikalische Erklärung noch nicht gibt. Besonders durch Blitzschlag gefährdet sind Gegenstände und Lebewesen, die in einem gleichförmigen Gelände das allgemeine Niveau überragen oder sich auf der Spitze von Bodenerhebungen befinden, da durch sie der Verlauf der Feldlinien des luftelektrischen Feldes zusammengedrängt und angehoben wird. Die Blitzgefährdung von Bäumen resultiert aus dem gleichen Vorgang. Die Ansicht, daß verschiedene Baumarten eine verschiedene Blitzanfälligkeit haben, ist falsch. Lediglich der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes ist für eine Bevorzugung beim Blitzeinschlag maßgebend. Nur sind die Spuren an Bäumen mit schnell benetzbarer Rinde (Buchen) wesentlich schwächer als bei Bäumen, deren Stamm auch bei starkem Regen längere Zeit trocken bleibt (Eichen, Fichten). Blitznester (Orte häufigen Blitzeinschlags) und Reizstreifen lassen sich weder statistisch noch physikalisch beweisen.

Über Schutzmaßnahmen gegen B.e → Blitzschutzanlage.

Lit. v. Kilinski: Lehrb. der Luftelektrizität (Leipzig 1958).

Blitzfeuer, ein → Leuchtfeuer.

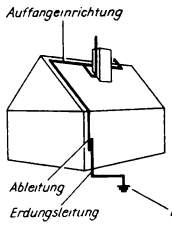
Blitzlicht, künstliche Lichtquelle mit sehr hellem und rasch verlöschendem Licht für photographische Momentaufnahmen in Innenräumen und bei Nacht. Es gibt verschiedene Arten von B.:

1) Eine Mischung von Magnesium- oder Aluminiumpulver und sauerstoffabgebenden Stoffen, gewöhnlich in einem Beutel verpackt **(Beutelblitz)**; wird durch ein Zündband entzündet. Dieses B. wird heute kaum noch verwendet.

2) Bei der **Blitzlampe (Kolben-, Birnenblitz)** wird eine geknitterte Aluminium-Magnesium-Folie oder -Draht in einem mit reinem Sauerstoff gefüllten glühlampenartigen Glaskolben durch elektrische Widerstandserhitzung entzündet und in $^1/_{30}$ bis $^1/_{200}$ s verbrannt; der hierzu benötigte elektrische Strom wird einem Akku entnommen. Der auslösende elektrische Kontakt ist gewöhnlich mit dem Verschluß an der photographischen Kamera synchron gekoppelt.

3) Im **Elektronenblitzgerät (Hochspannungsblitzgerät, Röhrenblitz, Blitzröhre)** besteht der Elektronenblitz aus einer kurzzeitigen, kräftigen Gasentladung, die in einer vorwiegend mit Xenon gefüllten Gasentladungsröhre stattfindet. Der einem Akku oder dem Netz entnommene Strom wird durch einen Transformator auf die Betriebsspannung gebracht, die je nach Konstruktion und Verwendungszweck 250 bis 5000 V beträgt, und gleichgerichtet. Die Gleichspannung wird einem Kondensator zugeführt, der beim Blitz über die Gasentladungsröhre entladen wird. Von der Betriebsspannung und der Kapazität des Kondensators hängt die im Gerät gespeicherte Energie, gemessen in Wattsekunden oder in Joule, ab. Vorteile des Elektronenblitzgerätes sind die große Helligkeit, das tageslichtähnliche Spektrum, die exakte Synchronisierbarkeit mit dem Kameraverschluß und die kurze Blitzdauer von $^1/_{500}$ bis $^1/_{5000}$ s.

Lit. Schrader: B. von heute (2. Aufl. Halle 1958).



Blitzschutzanlage

Blitzschutzanlage, eine bauliche Vorrichtung, die bei Blitzschlag den Blitzstrom (→ Blitz) auffängt und zur Erde ableitet und dadurch Personengefährdung sowie Funken und Lichtbögen mit Brand- oder Splittererscheinungen verhindert. B.n können nach den Prinzipien der Schutzraumtheorie oder des → Faradayschen Käfigs gebaut sein. In der DDR werden Gebäudeblitzschutzanlagen ausschließlich nach dem Prinzip des Faradayschen Käfigs errichtet. Sie bestehen aus Auffangeinrichtung, Ableitung und Erdungsanlage.

1) Die *Auffangeinrichtung* besteht aus metallenen Leitungen oder kurzen Metallstangen, die man an den hochgelegenen Gebäudeteilen und Gebäudekanten (Firstkanten, Kamine, Turm- und Giebelspitzen, Bekrönungen) anbringt. Auf dem Dach befindliche Metallabdeckungen und Metallkanten sowie Dachrinnen, Dunstrohre u. a. können als Auffangeinrichtung mit verwendet werden, wenn der metallische Querschnitt mindestens 100 mm² beträgt. Sie sind leitend mit der B. zu verbinden. Ebenso sind alle größeren Metallteile im oder am Gebäude möglichst in die B. einzubeziehen.

2) Die *Ableitung*, die gleichzeitig als Fangleitung dienen kann, verbindet die Auffangeinrichtung mit der Erdungsanlage. Die Verbindung muß über eine lösbare Trennvorrichtung erfolgen. Die Ableitungen werden auf möglichst kurzem und geradlinigem Weg zur Erdungsanlage geführt. Sie sind im Abstand von 2 bis 5 cm an der Gebäudewand auf eisernen Stützen und Klemmen zu befestigen. Eine Isolierung ist nicht nötig. Bei Dacheindeckungen aus Stroh oder Schilf sind die Auffangleitungen auf Holzpfählen mit einem Mindestabstand von 60 cm von der Dachhaut zu spannen. Die Ableitungen müssen einen Mindestabstand von 40 cm vom Dach haben. Als Material für Auffangeinrichtungen und Ableitungen wird verzinkter Rund- oder Bandstahl, Rund- oder Bandkupfer oder Rundaluminium verwendet. Alle Bauteile sind zuverlässig gegen Korrosion zu schützen.

3) Die *Erdungsanlage* besteht aus den Erdungsleitungen und den Erdern. Die Erdungsleitung verbindet die Ableitungen mit den im Erdreich eingebrachten Erdern. Als Erder können Oberflächenerder aus Rund- oder Bandstahl oder Tiefenerder (Staberder) verwendet werden. Als Material ist ausschließlich verzinkter Stahl zu empfehlen. Der Erder soll einen möglichst geringen Erdübergangswiderstand für die abzuleitenden Ströme gewährleisten.

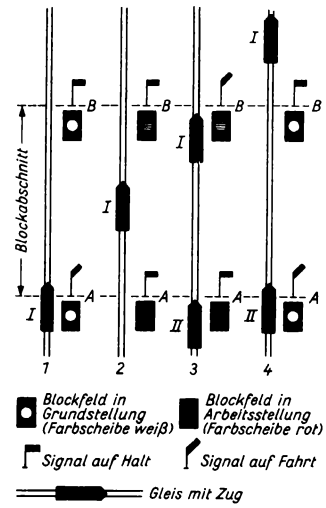
Lit. Allgemeine Blitzschutz-Bestimmungen, hg. v. Ausschuß für Blitzschutzanlagen der Kammer der Technik (7. Aufl. Berlin 1963).

Blochwand, die nach dem Physiker Bloch benannte Grenzschicht zwischen zwei entgegengesetzt magnetisierten → Weißschen Bezirken in einem ferromagnetischen Stoff. Die B. ist mehrere hundert Atom- oder Molekülabstände dick. In ihr kehren sich die Richtungen der Elektronenspins, d. h. der einzelnen atomaren magnetischen Momente, allmählich um.

Block, ein gegossenes metallurgisches Halbzeug (meist Stahlhalbzeug) mit quadratischem Querschnitt, das zur Weiterverarbeitung in Schmieden oder Walzwerken bestimmt ist. Blöcke werden in quadratischen Kokillen vergossen (→ Blockguß), ihre Masse beträgt 0,1 bis 100 t.

Blockanlagen [von blockieren], Einrichtungen der Eisenbahnsicherungstechnik, mit denen mehrere voneinander entfernt liegende Anlagen untereinander abhängig gemacht werden. Mit den B. werden beim *Blocken* Verschlußwirkungen im Interesse der Sicherheit des Eisenbahnbetriebs herbeigeführt, die in der Regel nur von einer räumlich entfernten Stelle aus, wie einer → Zugeinwirkungsanlage oder einem anderen Stellwerk, durch *Entblocken* wieder aufgehoben werden können. Die B. befinden sich meist in den Stellwerken und werden von dort aus bedient. B. sind in der Regel bei allen Hauptbahnen der DDR und Westdeutschlands vorhanden.

Nach dem Zweck unterscheidet man Bahnhofs- und Streckenblockung. 1) Die **Bahnhofsblockung** wirkt innerhalb eines Bahnhofs; sie trägt zur Herstellung der → Signalabhängigkeit bei, wenn eine Zugfahrt durch mehrere Stellwerksbezirke eines Bahnhofs führt, und gibt dem Fahrdienstleiter die Befehlsgewalt über die Hauptsignale aller Stellwerke des Bahnhofs. 2) Die **Streckenblockung** verhindert Zugzusammenstöße auf der Strecke. Jeder Streckenabschnitt **(Blockabschnitt)** wird dabei von Hauptsignalen begrenzt und ist etwa 1,5 bis 8 km lang. Das Signal am Anfang eines Blockabschnitts kann zwangsläufig nur dann auf Fahrt gestellt werden, wenn der letzte zuvor gefahrene Zug den Abschnitt verlassen hat (das wird durch Zugeinwirkungsanlagen erzwungen) und wenn er durch ein haltzeigendes Signal vor dem Auffahren eines nachfolgenden Zuges gesichert ist.



Wirkungsweise der Streckenblockung bei einer zweigleisigen Strecke (Fahrtrichtung von A nach B). *1* Zug I fährt in den Blockabschnitt A—B ein. *2* Signal A wurde nach Vorbeifahrt des Zuges wieder auf Halt gestellt. Das Blockfeld am Anfang des Blockabschnittes (Anfangsfeld) wurde geblockt (Farbscheibe rot) und verschließt dadurch Signal A in Halt, bis das Feld wieder entblockt wird. *3* Signal A kann für den nachfolgenden Zug II erst auf Fahrt gestellt werden, wenn das Anfangsfeld entblockt (weiß) ist. Das kann zwangsläufig erst geschehen, wenn Zug I den Blockabschnitt bei B verlassen hat und vor Zug II durch haltzeigendes Signal B geschützt ist. *4* Von B aus sind inzwischen End- und Anfangsfeld in die Grundstellung (weiß) zurückgebracht worden. Danach konnte Signal A wieder auf Fahrt gestellt werden

Durch Aufgliederung der Strecke zwischen zwei Bahnhöfen in mehrere kürzere Blockabschnitte kann die Zugdichte erhöht werden. An der Grenze zwischen zwei benachbarten Blockabschnitten **(Blockstelle)** stehen **Blocksignale.**

Nach der technischen Ausführung und Bedienung unterscheidet man handbediente Blockfelder, Relaisblock und Selbstblock. 1) **Handbediente Blockfelder** sind elektromechanische Verschlußwerke in mechanischen oder Kraftstellwerken, zu deren Bedienung ein gewisser Zeit- und Kraftaufwand nötig ist. 2) Beim **Relais-**

block leitet das Stellwerkspersonal die Blockung nur noch durch Hebel- oder Tastenbedienung ein; das Verschlußwerk arbeitet elektrisch, und der Blockvorgang läuft selbsttätig ab. Der Relaisblock wird in Kraft- und Gleisbildstellwerken verwendet. 3) Beim **Selbstblock (automatischer Streckenblock)** erfolgt die Fahrt- und Haltstellung der Signale elektrisch vollautomatisch durch die Züge, d. h. ohne Zutun des Menschen, unter Verwendung von selbsttätigen Anlagen zur → Gleisfreimeldung.

Lit. → Stellwerk.

Blockbau, eine → Holzbauweise.

Blockbild, 1) Geologie: **Blockdiagramm,** die schematische, meist perspektivische Zeichnung eines blockförmigen Ausschnitts der Erdoberfläche. Das B. läßt an der Oberfläche des Blockes die Oberflächenformung und den Grundriß, an den Seiten im Profil den inneren Bau erkennen (Abb. → Horizontalverschiebung). Mit dem → Universaldarstellungsgerät können B.er nach Karten leicht entworfen werden.

Lit. Schuster: Das geographische und geologische B. (Berlin 1954).

2) Kybernetik: svw. → Blockschaltbild.

Blockdiagramm, svw. → Blockbild.

Blockguß, ein Verfahren zum → Gießen von Metallen (Halbzeugen). Dabei werden aus Gießpfannen Metallblöcke, insbesondere Stahlblöcke, oder Brammen in → Kokillen gegossen. Der B. erfolgt in eine einzelne Kokille oder über einen gemeinsamen Gießtrichter gleichzeitig in mehrere Kokillen (Gespannguß). Je nach Gießart wird unterschieden zwischen Oberguß und steigendem Guß. Beim **Oberguß** werden eine oder mehrere Kokillen nacheinander aus Gießpfannen von oben gefüllt. Beim **steigenden Guß** wird der flüssige Stahl über einen gesonderten Gießtrichter und einen in der Gespannplatte (→ Kokille) verlaufenden Kanal gleichzeitig mehreren Kokillen zugeführt und steigt in diesen hoch.

Blockschaltbild, Blockbild, eine graphische Methode zur symbolischen Darstellung von funktionellen Beziehungen zwischen Teilsystemen eines betrachteten Gesamtsystems. Die Methode des B.es gestattet, die Struktur komplexer und komplizierter (kybernetischer) Systeme übersichtlich darzustellen. Es zeigt sich hierbei, daß sich das zu untersuchende Gesamtsystem aus einer bestimmten Anzahl miteinander wirkungsmäßig verbundener, in sich abgeschlossener Teilsysteme (→ Black-box) zusammensetzt. Die zur Darstellung verwendeten *Blöcke* oder *Blocks*, die durch gepfeilte Linien miteinander verbunden werden, sind Rechtecke (gegebenenfalls Kreise, Dreiecke oder andere Blocksymbole). Die Pfeillinien kennzeichnen die gerichtete Wirkung eines Blockes auf den in Pfeilrichtung nachfolgenden Block. Die auf einen Block einwirkende Linie wird die *Eingangsgröße*, die von ihm ausgehende Linie die *Ausgangsgröße* genannt (die Linien repräsentieren physikalische oder mathematische Größen). Der Block selbst stellt eine Funktion dar, die einer Eingangsgröße eine bestimmte Ausgangsgröße zuordnet. Kennt man die Funktion (→ Übertragungsfunktion) der Blöcke, die ein Gerät, ein System von Geräten oder auch nur einen Teil des Gerätes darstellen, so kann man aus dem Blockschaltbild der Teilsysteme auf die Funktion des Gesamtsystems schließen.

Eine vom Blockschaltbild zu unterscheidende Darstellung der Funktion kybernetischer Systeme ist das Wirkungsschema.

Blockverband, → Mauerwerk.

Blöße, die von Oberhaut (Epidermis) mit Haaren und Unterhautbindegewebe befreite (bloßgelegte) Lederhaut, die zu Leder weiterverarbeitet wird, → Gerberei.

Blutfarbstoff, svw. → Hämoglobin.

Blutlaugensalz, 1) **Gelbes B., Kaliumhexazyanoferrat(II), Kaliumzyanoferrat(II), Kaliumferrozyanid, Kaliumeisen(II)-zyanid,** $K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$, ein aus großen gelben, monoklinen Prismen bestehendes Salz. Dieses B. wurde früher durch Zusammenschmelzen von Eisenfeilen und stickstoffhaltigen tierischen Abfällen mit Pottasche hergestellt, in neuerer Zeit geht man von verbrauchter Gasreinigungsmasse aus, die bereits Zyanverbindungen von Eisen enthält, oder von synthetisch gewonnenen Zyaniden durch Umsetzen mit Eisen(II)-salzen. Gelbes B. dient zur Darstellung von rotem B., von Berliner Blau (Pigment), in der Färberei, Stahlhärtung und chemischen Analyse, ferner als Gegenmittel bei Vergiftungen mit ätzenden Kupfer- und Eisensalzen.

2) **Rotes B., Kaliumhexazyanoferrat(III), Kaliumzyanoferrat(III), Kaliumferrizyanid, Kaliumeisen(III)-zyanid,** $K_3[Fe(CN)_6]$, ein in dunkelroten monoklinen Prismen kristallisierendes Salz, das sich beim Glühen unter Blausäurebildung zersetzt. Es wird durch Einwirken von Chlor oder Brom auf eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz erhalten. Man verwendet es zum Blaufärben von Wolle und Seide, im Kattundruck als Ätzmittel, als Abschwächer in der Photographie, ferner zur Herstellung von Braun- und Blaupausen.

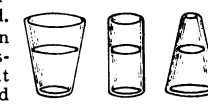
BMSR-Technik, Abk. für → Betriebsmeß-, Steuerungs- und Regelungstechnik.

Bobine, 1) Bergbau: eine Seiltrommel für Flachseile, → Schachtförderanlage.

2) Textilindustrie: svw. Kops, → Spule. Bei Tüll- und Gardinenmaschinen ist auf der nur 1,5 bis 3,5 mm langen B. (Scheibenspule) der Schußfaden **(Bobinenfaden)** aufgespult.

Bodden, eine seichte Meeresbucht mit unregelmäßigem Umriß an einer Flachküste. Die B. sind bezeichnend für die mecklenburgische Küste, wo sie infolge von Überflutung des flachen Grundmoränenreliefs durch die Ostsee entstanden sind.

Bodendruck, 1) Mechanik: der Druck, den eine Flüssigkeit im Gefäß auf dessen Boden ausübt. Er ist von der Form des Gefäßes und damit von der Flüssigkeitsmenge unabhängig und wächst mit der Höhe der Flüssigkeitssäule über dem Boden **(hydrostatisches Paradoxon).** Quantitativ ist der B. gleich dem Produkt aus der Wichte der Flüssigkeit und der lotrecht gemessenen Höhe der Flüssigkeitsoberfläche über dem Boden; er ist also auch von der Größe der Bodenfläche unabhängig.



Gleicher Bodendruck bei verschiedenen Gefäßformen

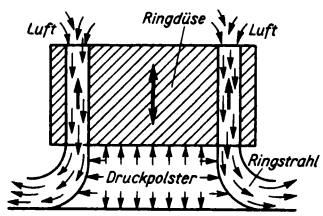
2) Ackerbau: der Druck, den Zugtiere, Maschinen und Geräte auf den Boden ausüben. Er kann besonders bei zu feuchten Böden zu einer Verdichtung des Bodens und damit zu einer Schädigung der Bodenstruktur führen. Um den B. auf dem Feld zu mindern, ist man bestrebt, das Masse-Leistungs-Verhältnis des Traktors herabzusetzen und allgemein die Masse der Maschinen und Geräte auf eine möglichst große Fläche zu verteilen. Radtraktoren werden dazu mit *Gitterrädern* ausgerüstet. Kettentraktoren üben im Vergleich zu Radtraktoren einen geringeren B. aus.

Bodendruck (in kp cm^{-2}) durch	
Mensch	0,25
Kettentraktor (KS 30)	0,46
Radtraktor (RS 04/30)	
mit Gitterrad	1,10 vorn
	0,54 hinten
Radtraktor (RS 04/30)	
ohne Gitterrad	1,10 vorn u. hinten
Pferd	3,59
Ochse	4,71

Eine weitere Maßnahme zur Vermeidung zu großen B.s ist die Anwendung der → Gerätekopplung.

Bodeneffektgerät (Tafel 13), abg. **BEG, Bodeneffektfahrzeug, Luftkissenfahrzeug, Schwebefahrzeug**, ein räderloses Fahrzeug zur Beförderung von Personen und/oder Gütern, das sich ohne direkte Berührung dicht über dem Erdboden und/oder dicht über der Wasser- oder Sumpfoberfläche fortbewegt. Die B.e gehören technisch gesehen zu den Luftfahrzeugen, juristisch ist ihre Zugehörigkeit zu den Luft-, Land- oder Wasserfahrzeugen noch nicht in allen Staaten geklärt.

Der Auftrieb der B.e entsteht durch den Bodeneffekt, der im Zusammenhang mit Start und Landung von Flugzeugen bereits seit den Anfangsjahren des Flugzeugbaus bekannt ist, zur alleinigen Erzeugung des gesamten Auftriebs eines Fahrzeugs aber erst vor einigen Jahren nutzbar gemacht werden konnte, weil bis dahin die technischen Voraussetzungen dazu fehlten. Man unterscheidet zwischen dynamischem und statischem Bodeneffekt. Der *dynamische* Bodeneffekt entsteht, wenn ein Tragflügel in Bodennähe fortbewegt wird. Auf diesem Prinzip beruhende B.e werden als **aerodynamische B.e**, abg. **ABEG**, bezeichnet; sie können nicht schweben. Beim *statischen* Bodeneffekt entsteht ein Polsterauftrieb durch ein vom B. mittels starker Gebläse selbst geschaffenes Druckpolster (*Luftpolster, Luftkissen*, Abb. 1). Die von den Gebläsen verdichtete Luft tritt bei den heute am meisten angewandten Ringstrahlgeräten aus einer Ringdüse senkrecht zum Boden in dessen Nähe aus. Innerhalb des Druckpolsters, das sich zwischen der Düsengrundplatte, dem Boden und dem gegen die Umgebung abdichtenden Luftstrahl bildet, herrscht ein größerer Druck als in der

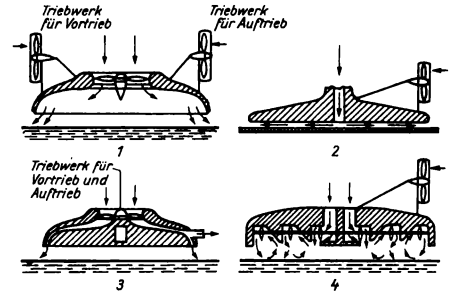


1 Bodeneffekt: Entstehung des Druckpolsters

Umgebung, wodurch eine senkrecht nach oben gerichtete Auftriebskraft entsteht. Auf diesem Prinzip beruhende B.e können schweben, benötigen aber zur Fortbewegung Strahlimpulse oder besondere Vortriebsanlagen (Luftschrauben, Mantelschrauben u. a.). Zur Erzeugung des Polsterauftriebs wurden bisher verschiedene Konstruktionen entwickelt (Abb. 2). Man unterscheidet **Vollkammergeräte** (große Strahlverluste, weitere Entwicklung nicht lohnend), **Luftfilmgeräte** (großer Strahldruck von etwa 600 kp m^{-2}, sehr kleine Bodenabstände <1 mm, insbesondere für Schienenwege geeignet), **Ringstrahlgeräte** (Luftpolster mit Randdichtung, Strahldruck etwa 100 bis 300 kp m^{-2}), **B.e mit Rückstrompolsterdichtung** (Entwicklungsstand noch relativ weit zurück).

Beim Antrieb des Auf- und Vortriebssystems unterscheidet man 3 Hauptarten. **Integralschubgeräte** haben ein Triebwerk und ein Gebläse; von der Gebläseluft zur Auftriebserzeugung wird ein Teil für den Vortriebsstrahlimpuls abgezweigt. Die **Trenntriebgeräte** haben ein getrenntes Auf- und Vortriebssystem und getrennte Triebwerke. Bei den **Verbundantriebgeräten** sind Auf- und Vortriebssystem ebenfalls getrennt, es ist aber ein gemeinsames Triebwerk vorhanden.

Als Triebwerke werden für Auf- und Vortriebssystem bei allen 3 Hauptarten Kolbentriebwerke oder Gasturbinen verwendet (Abb. 3), die im allg. beim Auftriebssystem Axial- oder Radialgebläse und beim Vortriebssystem Luft- oder Mantelschrauben antreiben. Strahlturbinen eignen sich zur Vortriebserzeugung schlecht, weil sie bei den relativ kleinen Geschwindigkeiten der B.e (<400 km/h) einen geringen Strahlwirkungsgrad besitzen. Für fahrbahnabhängige B.e kommt auch der Linearmotor in Betracht.

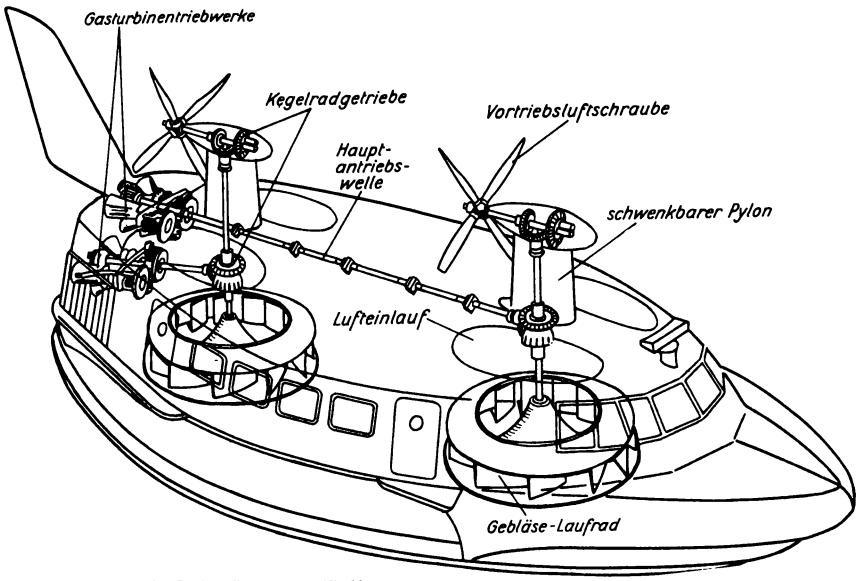


2 Konstruktionen von statischen Bodeneffektgeräten: *1* Vollkammergerät, *2* Luftfilmgerät, *3* Ringstrahlgerät (Integralschubgerät), *4* Gerät mit Rückstrompolsterdichtung (Labyrinthgerät, zweistufig)

Bremsung und Lenkung bereiten Schwierigkeiten und können nur aerodynamisch geschehen. Die Bremsung erfolgt durch Strahlimpulse oder durch Umkehrschub der Vortriebsluftschrauben. Für die Lenkung benutzt man um 180° schwenkbare Luftschrauben, Leitwerke ähnlich denen der Flugzeuge oder — besonders bei kleinen Geschwindigkeiten — Strahlimpulse.

Nach dem Untergrund, über dem sich die B.e fortbewegen können, unterscheidet man fahrbahnunabhängige und fahrbahnabhängige B.e. 1) **Fahrbahnunabhängige B.e** können sich je nach Konstruktion a) über festem Boden vorwärtsbewegen (Landgeräte) oder b) über Wasser (Seegeräte) oder c) über festem Boden und über Wasser (Amphibiengeräte). Die Schwebehöhe der heutigen fahrbahnunabhängigen B.e beträgt etwa 0,2 bis 1,5 m. 2) **Fahrbahnabhängige B.e** bewegen sich auf einem Druckpolster über einer ebenen oder profilierten Stützvorrichtung (Schiene) vorwärts. Ein fahrbahnabhängiges B. ist z. B. das in den USA gebaute B. „Levapad". Das Fahrzeug ähnelt einer räderlosen Einschienenbahn und ruht auf besonderen Stützlagergleitteilen, die den Schienenkopf umfassen; zwischen Schiene und Gleitteil wird ein Luftpolster von 1 mm Dicke erzeugt. Die Vorwärtsbewegung erfolgt durch Luftschrauben oder Luftstrahltriebwerke. Dieses B. erreicht Geschwindigkeiten von 300 km/h und befördert bis zu 18 Personen. In Frankreich hat ein Luftkissenzug „Aérotrain" den Betrieb aufgenommen (Abb. 4); er gleitet auf einer T-förmigen Schiene. Der Antrieb erfolgt durch ein Luftstrahltriebwerk (Höchstgeschwindigkeit 500 km/h).

B.e weisen gegenüber anderen Verkehrsmitteln wesentliche Vorteile auf. So entsteht während der Fortbewegung kein mechanischer Reibungswiderstand, wodurch große Geschwindigkeiten bei relativ kleinen Antriebsleistungen und erschütterungsfreies Fahren möglich werden; die spezifische Flächenbelastung des Bodens ist gering (bei den meisten B.en etwa 70 bis 170 kp m^{-2} gegenüber etwa 1600 bis 32000 kp m^{-2} beim Kraftwagen). Dem stehen bei den heutigen B.en noch mehrere Nachteile gegenüber: große Bodenunebenheiten, steile Anstiege und hoher Wellengang bereiten große, z. T. noch unüberwindbare Schwierigkeiten; Manövrierbarkeit, Steuerbarkeit und Stabilität sind wegen Fehlens einer kraftschlüssigen Verbindung zu einer festen



3 Triebwerksanlage des Bodeneffektgerätes SR. N 2

Unterlage relativ schlecht; Lärm- und Staub- bzw. Gischtentwicklung sind groß.

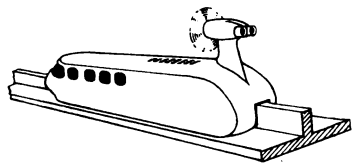
Das B. steht erst am Anfang seiner Entwicklung. Es soll die heute vorhandenen Verkehrsmittel nicht verdrängen, sondern sie vielmehr sinnvoll ergänzen. Sein Einsatz wird im Laufe der Zeit stark an Bedeutung gewinnen, insbesondere für solche Transportaufgaben, für die sich die heutigen Verkehrsmittel schlecht oder überhaupt nicht eignen, z. B. für den kombinierten Land-Wasser-Verkehr in Sumpf- und Küstengebieten und für den schnellen Hochseeverkehr. Hochseegeräte mit einer Gesamtmasse von 1000 t, Reisegeschwindigkeiten von 300 km/h und Schwebehöhen von 6 m und mehr, die sich zum Überqueren des Atlantiks eignen sollen,

Kenndaten der wichtigsten bisher gebauten fahrbahnunabhängigen Bodeneffektgeräte

Baumuster	Staat	Triebwerksanlage	eingebaute Leistung in PS*)	Nutzmasse in t (Fahrgästen)	maximale Schwebehöhe in m	maximale Reisegeschwindigkeit in km/h	Bemerkungen
Raduga	SU	2 Kolbenmotoren	·	(6)	0,15	100	nur über Wasser
Sormowitsch	SU	·	·	(50)	0,30	120	
Newa	SU	Kolbenmotoren	2 · 220 1 · 220	(38)	0,06	60	nur über Wasser
Delphin	SU	Gasturbine	·	(50)	·	150	
Taiga	SU		·	·	·	50	
Hovercraft SR. N 1	GB	Kolbenmotor	435	(22)	·	55	überquerte 1959 den Ärmelkanal
Hovercraft SR. N 1 Mk 3	GB	Kolbenmotor	435	·	0,2	80	Versuch
Hovercraft SR. N 2	GB	Gasturbinen	4 · 815	(66)	0,7	70	
Hovercraft SR. N 2 Mk 2	GB	Gasturbinen	4 · 885	(120)	1,0	140	
Hovercraft SR. N 5	GB	Gasturbinen	900	2(20)	1,2	70	Fährdienst über Küste, Flüsse, Seen; in Betrieb
VA-2	GB	Kolbenmotoren	2 · 113 1 · 230	(4)	0,3	110	
VA-3	GB	Gasturbinen	4 · 425	(24)	0,36	113	
CC-2	GB	Kolbenmotor	250	1(10)	0,3	90	
Hovercraft SR. N 4	GB	·	·	·	·	·	ab 1968 Fährdienst über den Ärmelkanal
Hoverbus Denny D 2	GB	Dieselmotoren	2 · 180 2 · 260	6(80)		45	
VA-4	GB	Gasturbinen	13000	(400)	·	150	
XHS-4 Hydroskimmer	USA	Gasturbinen	4 · 1080	5(60)	0,4	130	nur über Wasser; im Bau
Aeronutronic ACV-1	USA	Kolbenmotoren	2 · 310	1	0,9	80	Landgerät; Versuch
Aeronutronic LOTS	USA	Gasturbinen	2 · 2000	10	1,5	135	Amphibiengerät; im Bau
X-112	USA	Kolbenmotor	25	(2)	·	120	Flugflächen-Versuchsboot (ABEG)

*) Bei zwei Zahlenangaben gilt die erste für Auftrieb, die zweite für Vortrieb.

werden bereits im Projekt studiert. Dabei zeigt sich die Tendenz, vom Polsterauftrieb zum aerodynamischen Auftrieb überzugehen. Dadurch kann die Geschwindigkeit gegenüber Schiffen erheblich gesteigert werden, und die B.e können wegen ihrer großen Nutzmasse mit den Flugzeugen in Wettbewerb treten. Für den Einsatz



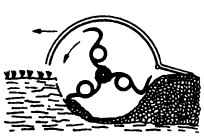
4 Luftkissenzug Aérotrain

als fahrbahnunabhängige Landfahrzeuge ist nach dem heutigen Entwicklungsstand keine Eignung der B.e zu erkennen.

Die Idee der B.e soll von dem französischen Ingenieur Girard stammen, der in den achtziger Jahren des 19. Jh.s eine „gleitende" Eisenbahn vorschlug, bei der die Räder der Wagen durch hydraulische Gleitvorrichtungen ersetzt waren. Auch Ziolkowski widmete sich dem Problem des B.s. In der jüngsten Vergangenheit gingen die ersten Impulse zur Entwicklung von B.en von England aus (SR. N 1). Heute werden B.e in zahlreichen Ländern gebaut.

Bodenfließen, svw. → Solifluktion.

Bodenfräse, Fräse, eine Bodenbearbeitungsmaschine, die mit Hilfe von rotierenden Arbeitswerkzeugen den Boden lockert, zerkleinert und mit eingebrachtem Dünger oder Stoppelresten mischt. B.n werden als Aufsattel- oder Anbaugeräte hergestellt. Die Konstruktion ist im Prinzip bei beiden Formen die gleiche. Auf einer horizontal, quer zur Fahrtrichtung liegenden, vom Motor angetriebenen Welle sind versetzt (neben- und hintereinander) Arbeitswerkzeuge in Form von Krallen, Hacken, Hauen und Messern angeordnet, die den Boden entweder in Fahrtrichtung **(Gleichlauffräsen)** oder entgegen der Fahrtrichtung **(Gegenlauffräsen)** bearbeiten. Auch B.n mit vertikal stehender Welle **(Stirnfräsen),** mit verschiedenartigen Arbeitswerkzeugen bestückt, sind bekannt. Während des Arbeitsprozesses reißen die einzelnen Werkzeuge mehr oder weniger große Brocken aus der Erde heraus und schleudern diese gegen die Schutzhaube, wo sie durch die Wucht des Anpralls zerfallen. Es entsteht somit ein sehr feinkrümeliger, gut durchmischter, saat- oder pflanzfertiger Boden. Die Intensität der Bodenbearbeitung steht in Abhängigkeit von der Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge, ihrer Anzahl und der Fahrgeschwindigkeit. Ist die Fahrgeschwindigkeit gleich oder größer als die Umfangsgeschwindigkeit der Werkzeuge, erfolgt keine Bearbeitung des Bodens; die Werkzeuge rollen lediglich auf dem Boden entlang. Für Arbeiten auf schwerem Boden werden **Tieffräsen** oder **Allzweckfräsen** mit einer Arbeitstiefe bis 22 cm verwendet. **Hackfräsen** sind eine Kombination von Hackmaschine (→ Hackgeräte) und B. Sie haben nur eine geringe Antriebsleistung (2 bis 4 PS) und eignen sich für Arbeitstiefen bis zu 8 cm. Auf steinigen, zu feuchten oder zu trockenen Böden sind sie nicht einsetzbar. Sie werden in erster Linie zur Unkrautbekämpfung verwendet. Die Umfangsgeschwindigkeit ihrer Werkzeuge liegt zwischen 4,5 und 5,5 m/s. **Flachfräsen** oder **Rotorkrümler** haben eine Arbeitsbreite von 1,2 bis 2,5 m und sind für Arbeitstiefen bis zu 10 cm bestimmt. Sie werden zum Zerkleinern von Pflugschollen, Zerreißen von Grasnarbe und Einarbeiten von Gründung verwendet. Die Rotorwelle, durch eine Rutschkupplung abgesichert, besitzt starre Arbeitswerkzeuge, deren Umfangsgeschwindigkeit etwa 2,5 bis 3,5 m/s beträgt.



Wirkungsweise der Bodenfräse

Bodenfreiheit, bei Landfahrzeugen der kleinste Abstand zwischen Standebene und niedrigstem Teil des mit der zulässigen Gesamtmasse belasteten Fahrzeugs. Die B. ist für die Geländegängigkeit eines Fahrzeugs mitbestimmend.

Bodengreifer, ein meereskundliches Gerät zur Entnahme von Bodenproben vom Meeresgrund. Es erfaßt — im Unterschied zum Stechrohr — nur die Oberflächenschichten des Meeresbodens. Der B. arbeitet ähnlich wie der Greifer eines Baggers.

Bodenmechanik, ein Wissenschaftszweig, der sich mit den physikalischen, chemischen und mechanischen Eigenschaften des Bodens sowie mit dem Verhalten des Baugrundes unter der Last der Bauwerke befaßt.

Bodenpacker, → Walze.

Bodenpunkt, → trigonometrischer Punkt.

Bodenschätze, nutzbare Stoffe, die in der Erdkruste natürlich angereichert sind; z. B. Kohle, Erze, Erdöl, Salze, Bausteine, auch Grundwasser (→ Lagerstätten).

Bodenschicht, → Troposphäre.

Bodenschwingverdichter, eine → Vibrationsmaschine.

Bodenstabilisierung, veraltete Bezeichnung für → Erdstoffstabilisierung.

Bodenverbesserung, svw. → Melioration.

Bodenverfestigung, → Injektion.

Bodenvermörtelung, veraltete Bezeichnung für → Erdstoffstabilisierung.

Bodenwelle, in der Funktechnik eine elektromagnetische Welle, die sich vom Sender zum Empfänger längs der Erdoberfläche ausbreitet und der Erdkrümmung folgt. Die Dämpfung durch den Erdboden ist proportional der Frequenz, d. h., bei Längst- und Langwellen hat die B. eine große Reichweite, bei Mittelwellen ist es bereits etwas ungünstiger, so daß bei Kurzwelle und noch höheren Frequenzen die B. ohne Bedeutung ist.

Gegensatz: → Raumwelle.

Bode-Titiussche Reihe, → Titius-Bodesche Reihe.

Böe, Bö, ein mit der Turbulenz in der Atmosphäre zusammenhängender einzelner Windstoß, der in Richtung und Geschwindigkeit stark schwankt. B.n treten besonders bei Einbruch einer Kaltfront durch Herabstürzen der Kaltluft und dann meist mit Regen, Schnee oder Hagel, manchmal auch mit Gewitter verbunden auf. Schwankt die Windgeschwindigkeit um mehr als 8 m/s, so spricht man von **böigem Wind.**

Boehmit, ein Hauptmineral des → Bauxits.

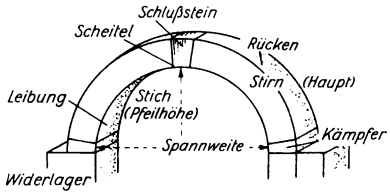
Bogen, 1) Geometrie: Teilstück einer gekrümmten Linie, z. B. eines Kreises; → Bogenmaß.

2) Bautechnik: der obere, gekrümmte Abschluß einer Maueröffnung (Bogensturz). Er besteht aus Stahl, Stahlbeton oder keilförmig geformten oder behauenen Steinen.

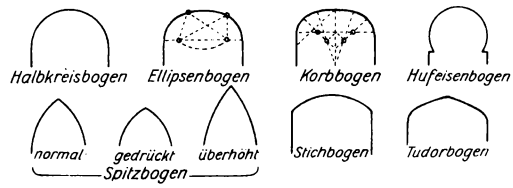
Einzelbezeichnungen (Abb. 1): Die *Spannweite* des B.s ist die lichte Weite der Öffnung. Die obere Fläche des B.s ist der *Rücken,* die untere die *Leibung,* die seitliche die *Stirn* (Haupt). Der *Kämpfer* ist die tiefste, der *Scheitel* die höchste Stelle des B.s. *Widerlager* ist die Fläche, gegen die sich der B. spannt und die die Auflagerkraft aufnimmt. Den senkrechten Abstand zwischen Bogenachse und Scheitellinie bezeichnet man als *Stich* oder *Pfeilhöhe.* Über die verschiedenen Bogenformen vgl. Abb. 2.

3) Statik: ein Stabwerk mit gekrümmter Stabachse. Der B. überträgt die Lasten als schräg nach außen gerichtete Kräfte auf die Auflager (Widerlager). Die im Widerlager auftretende Kraft, die Auflagerkraft (Kämpferkraft), ist daher im allgemeinen auch schräg ge-

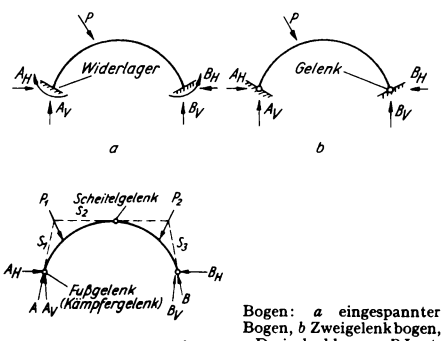
richtet und kann in eine lotrechte und in eine Horizontalkraft (Horizontalschub, Bogenschub) zerlegt werden. Die Widerlager müssen genügend stark und verankert sein. Unter Umständen muß der Horizontalschub durch ein Zugband aufgenommen werden. Ist der B. in den Widerlagern eingespannt (eingespannter B.), so ist er dreifach statisch unbestimmt. Durch Anordnung von je einem Gelenk an den beiden Widerlagern erhält man den **Zweigelenkbogen**, der nur noch einfach statisch unbestimmt ist. Bei Anordnung eines dritten Gelenkes (Scheitelgelenk) ergibt sich der **Dreigelenkbogen**. Letzterer ist statisch bestimmt. Die graphische Untersuchung erfolgt mit Hilfe eines durch die drei Gelenke geführten Seilecks. Der Linienzug S_1, S_2, S_3 ist die Stützlinie des B.s.



1 Bogen: Einzelteile



2 Bogenformen



Bogen: *a* eingespannter Bogen, *b* Zweigelenkbogen, *c* Dreigelenkbogen; *P* Last, A_H und B_H Horizontalkräfte, A_V und B_V Vertikalkräfte, *A* und *B* resultierende Auflagerkräfte, *S* Stützlinie

4) graphische Technik: der Oberbegriff für Maßeinheiten der Produktion von Druckereien und Verlagen. **A0-Bogen**: Maßeinheit für Materialplanung und -abrechnung sowie Produktionsplanung und -abrechnung in der polygraphischen Industrie (unbeschnittener A 0-Bogen 860 · 1220 mm) und im Verlagswesen (beschnittener A 0-Bogen 841 · 1189 mm); **Buchbinderbogen**: gefalzte Papier- oder Druckbogen zu z. B. 8, 16 oder 32 Seiten; **Druckbogen**: Enderzeugnis des Auflagendrucks der verschiedenen Druckverfahren; **Papierbogen**: planliegendes unbedrucktes Papier ab Format A 3 (297 · 420 mm) aufwärts; **Satzbogen**: Maßeinheit für den Umfang eines Werkes und für die Druckformenherstellung in allen Druckverfahren, umfaßt je nach Format 8, 16 oder 32 Seiten; **Verlagsbogen**: Maßeinheit für die statistische Darstellung des quantitativen Umfangs der Verlagstätigkeit; umfaßt 40 000 Zeichen einschließlich Wortzwischenräumen oder 3000 cm² Abbildungen.

Lit. TGL 5983. Bogenbegriffe in der graphischen Industrie und im Verlagswesen.

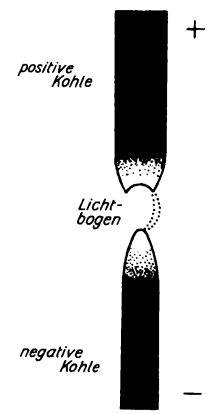
Bogenanleger, svw. → Anlegeapparat.

Bogenbrücke, → Brücke.

Bogenentladung, eine Form der → Gasentladung.

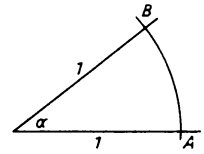
Bogengrad, im Einheitskreis der dem Winkel 1° entsprechende Kreisbogen; **Bogenminute,** $^1/_{60}$ Grad; **Bogensekunde,** $^1/_{3600}$ Grad.

Bogenlampe, eine → Gasentladungslampe, die das intensive Licht der Anode eines Lichtbogens ausnutzt. Die positive Elektrode aus hochschmelzendem Stoff wird durch Wärmekontakt mit dem Lichtbogen sehr hoch erhitzt und zur Lichtaussendung angeregt, während die Entladungsbahn, der Lichtbogen, selbst im allgemeinen wenig leuchtet. Die Elektroden werden in der Regel aus einer Paste von Ruß mit Teer als Bindemittel durch Pressen und nachfolgendes Ausglühen hergestellt (Kohleelektroden). Zur Zündung des Lichtbogens werden die Elektroden in Berührung gebracht und danach etwas auseinandergezogen. B.n können mit Gleich- oder Wechselstrom betrieben werden. Bei der Gleichstromlampe muß die positive Kohle dicker gewählt werden, da ihr Abbrand wegen der höheren Anodentemperatur größer ist. Die **Reinkohlenbogenlampe** hat Kohlenstifte oder Dochtkohlen ohne besondere Zusätze. Sie ist fast vollkommen verdrängt durch die **Effektkohlen-** oder **Flammbogenlampe**, deren Kohlen von einem Docht durchzogen sind, der mit Metallsalz, z. B. von Kobalt, Kalzium, Strontium oder Magnesium, getränkt ist. Ihre Strahlungseigenschaften werden dabei in erster Linie durch die leuchtenden Metalldämpfe bestimmt. Effektkohlenlampen werden in Großscheinwerfern, Projektions- und Filmvorführungsgeräten verwendet. In der **Hochintensitätsbogenlampe**, auch **Beckbogenlampe** genannt, hat die positive Kohle einen Docht mit einem Leuchtzusatz aus Kohle und Zerfluorid, die negative Kohle meist eine Reinkohle mit Docht. Hochintensitätsbogenlampen werden mit Gleichstrom gespeist. Beim Brennen bildet sich vor und in dem Krater der positiven Kohle infolge Verdampfung der Leuchtzusätze im Docht ein intensiv leuchtendes Gaskissen (Beckflamme) aus, dessen Strahlung sich derjenigen des Kratergrundes überlagert, wodurch eine sehr hohe Leuchtdichte erzielt wird. Hochintensitätsbogenlampen werden als Lichtquellen in Kinomaschinen und Lichtpausgeräten sowie bei photographischen und Filmaufnahmen benutzt, z. B. die **Jupiterlampe**. Für Mikroprojektion und Mikrophotographie findet hauptsächlich die **Wolframbogenlampe** Verwendung, bei der der Lichtbogen in einem stickstoffgefüllten Lampenkolben zwischen zwei Wolframelektroden erzeugt wird.



Kohlen und Lichtbogen bei einer Gleichstrombogenlampe

Bogenmaß, das in der höheren Mathematik und Physik verwendete Winkelmaß. Es ist gleich der Bogenlänge im Einheitskreis, d. h., der Winkel wird gemessen durch die Länge des Kreisbogens $\overset{\frown}{AB}$, den seine Schenkel auf einem Kreis vom Radius 1 um den Scheitel des Winkels ausschneiden. Bezeichnung arc α (arkus α) oder $\hat{\alpha}$. Zwischen Gradmaß und B. eines Winkels besteht die Beziehung: $\alpha : \hat{\alpha} = 360° : 2\pi$, also $\hat{\alpha} = \frac{\pi\alpha}{180°}$. So ist $\hat{\alpha} = \overset{\frown}{AB}$.



Bogenmaß eines Winkels.

z. B. arc 360° = 2π = 6,28 ...
arc 180° = π = 3,14 ...
arc 90° = $\frac{\pi}{2}$ = 1,57 ...
arc 45° = $\frac{\pi}{4}$ = 0,78 ...
arc 1° = $\frac{\pi}{180}$ = 0,017 ...

Die Maßeinheit der im B. gemessenen Winkel ist der **Radiant** (Zeichen rad). 1 rad gehört zum Bogen der Länge 1 im Einheitskreis: 2π rad = 360°, 1 rad = 360°:2π = 57°17'44,8" = 57,29578° = 63,66197ᵍ.

Bohlen, Baubohlen, Bauholz (Schnittholz) mit einer Dicke von 40 bis 120 mm. Bei unbesäumten B. mit einer Dicke von 40 bis 50 mm wird die Mindestbreite 140 mm, bei solchen mit einer Dicke von 55 bis 120 mm die Mindestbreite 200 mm gefordert. Besäumte B. mit rechteckigem Querschnitt müssen eine Breite von mindestens der doppelten Dicke haben. TGL 18-981.

Bohlwerk, eine lotrechte oder fast lotrechte Befestigung des Ufers in See- und Binnenhäfen. Das B. besteht aus Spundwänden von Stahl, Stahlbeton, seltener Spannbeton oder Holz, die nach rückwärts an Ankerplatten oder Pfahlböcken verankert werden. Holzspundwände tragen eine Aufständerung, d. h. eine Abschlußwand (meist aus Stahlbeton). Oft wird der über Wasser liegende Teil der B.e durch eine gepflasterte Böschung ersetzt, wodurch größere Ausladung der Kaikrane erforderlich wird. Auch die Wände von untergeordneten Kammerschleusen werden als stählerne B.e ausgeführt.

Bohren, 1) Fertigungstechnik: ein Verfahren der spanenden Formung zur Herstellung oder Vergrößerung von (meist rotationssymmetrischen) Öffnungen in Werkstücken. Die verwendeten **Bohrwerkzeuge** führen durch Drehen um ihre Längsachse eine Schnittbewegung und durch Bewegen in Richtung ihrer Längsachse eine Vorschubbewegung aus. Nur in Ausnahmefällen wird das Werkstück bewegt, und das Bohrwerkzeug steht still. Die Bohrwerkzeuge besitzen Schneiden, die durch Schnitt- und Vorschubbewegung Späne abheben, so daß ein Loch entsteht.

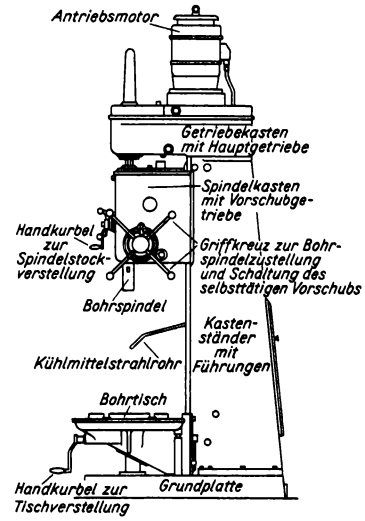
1) B. bei der Metallbearbeitung. Bei den Bohrwerkzeugen sind an den Stirnflächen Hauptschneiden angeordnet. Die Gestaltung dieser Schneiden hängt von dem Verwendungszweck des Bohrwerkzeugs ab. Der **Spitzbohrer,** das älteste Bohrwerkzeug, ist fast vollständig durch den **Spiralbohrer,** das wichtigste Bohrwerkzeug, verdrängt. Sein Schaft enthält zwei schraubenlinienförmige Drallnuten, durch welche die abgehobenen Späne aus der Bohrung herausbefördert werden. Spitzenwinkel der Schneiden sowie Drallwinkel (Spanwinkel) der Nuten hängen von dem zu bearbeitenden Werkstoff ab. Sonderformen des Spiralbohrers haben Flachanschliff mit Zentrierspitze (großer Spitzenwinkel, kleiner Anschnitt, besseres Durchbohren, Verwendung zum B. von Blechen), ausgespitzte Querschneide (Verminderung der Vorschubkraft bei gleichem Standweg), korrigierte Schneiden (Verminderung von Vorschubkraft und Drehmoment bei gleichem Standweg), Gußfase (gefährdete Schneidecken abgeschliffen, dadurch günstigere Wärmeverteilung und damit größerer Standweg).

Tieflochbohrer wählt man, wenn die Länge der Bohrung ein Vielfaches des Bohrdurchmessers beträgt. Hierzu gehört z. B. der **Einlippenbohrer,** der einen langen, zur Hälfte abgefrästen Schaft und nur eine Schneide hat. Auch mit dem **Kernbohrkopf** oder **Hohlbohrkopf,** einem Zylinderring, dessen Stirnseite 4 bis 6 Schneiden trägt, lassen sich sehr tiefe Löcher herstellen. Der Kernbohrkopf zerspant nur einen geringen Teil des Lochwerkstoffs, der größte Teil bleibt als Lochkern stehen. Mehrfasen-Stufenbohrer werden zur Herstellung abgestufter Bohrungen verwendet; sie besitzen für jeden Durchmesser ein eigenes, bis zum Nutenauslauf reichendes Fasenpaar. Das Stufenverhältnis beträgt ≦ 2:1. Als Werkzeugstoffe werden Schnellarbeitsstahl, Hochleistungsschnellarbeitsstahl sowie Hartmetall eingesetzt.

Grundsätzlich läßt man das Werkzeug beim B. mit einem → Kühlschmiermittel überrieseln. Bei allen Tieflochbohrern wird das Kühlschmiermittel durch das Werkzeug zugeführt und fließt durch den Raum zwischen Werkstück und Werkzeug ab. Es befördert auch die Späne aus der Bohrung. Da hierbei die Oberfläche des Werkzeugs durch die Späne beschädigt werden kann, werden neuerdings Tieflochbohrer mit umgekehrtem Kühlschmiermittelfluß verwendet.

Bohrmaschinen (Tafeln 29 und 30) haben maschinellen Antrieb. Das Bohrwerkzeug ist in einer Bohrspindel eingespannt, die über ein Getriebe eine dem zu bohrenden Werkstoff und dem Bohrdurchmesser angepaßte, einstellbare Drehzahl erhält. Das Werkstück wird auf einen Tisch gespannt. Der Vorschub der Bohrspindel erfolgt von Hand oder, vom Hauptantrieb abgenommen und auf die Bohrspindel geleitet, maschinell. Das Werkzeug führt also sowohl Schnitt- als auch Vorschubbewegung aus. Man unterscheidet nach der Anordnung der Bohrspindel:

a) Senkrecht-Bohrmaschinen. **Tischbohrmaschinen** werden auf der Werkbank aufgestellt, sie kommen nur für kleine Bohrdurchmesser in Betracht. Der Vorschub erfolgt meist von Hand durch Senken der Bohrspindel oder Heben des Tisches. Bei **Säulenbohrmaschinen** und **Ständerbohrmaschinen** (Abb.) sind Spindelkasten und Tisch an einer Rundsäule oder einem rechteckigen Ständer befestigt. Der Tisch ist in der Höhe verstellbar, bei Rundsäulen auch schwenkbar. **Radialbohrmaschinen** oder **Auslegerbohrmaschinen** haben einen schwenkbaren, an einer Säule höhenverstellbaren Arm (Ausleger), an dem ein Schlitten mit der Bohrspindel verschoben werden kann. Sie dienen zur Bearbeitung schwerer, sperriger Werkstücke. In der Serien- und Massenfertigung verwendet man Reihen- und Mehrspindelbohrmaschinen. **Reihenbohrmaschinen** bestehen aus mehreren Maschinenoberteilen, die an einem gemeinsamen Gestell befestigt sind, aber sich einzeln betätigen lassen. Mit ihrer Hilfe kann man nacheinander am gleichen Werk-



Ständerbohrmaschine

stück verschiedene Bohrarbeiten ausführen, ohne das Werkstück umspannen zu müssen. **Mehrspindelbohrmaschinen** werden z. B. im Motoren- und Dampfkesselbau verwendet. Sie weisen mehrere verstellbare oder unverstellbare Bohrspindeln auf, die gemeinsam vorgeschoben werden. Es gibt auch **Mehrspindelbohrköpfe**, auf denen eine größere Anzahl Spindeln angeordnet sind. Mehrspindelköpfe werden beim Bohren einer großen Anzahl von Bohrungen und großen Stückzahlen von Werkstücken verwendet.

Zum Herstellen von Bohrungen mit genauen Durchmessern und Abständen verwendet man **Lehrenbohrmaschinen** bzw. **Koordinatenbohrmaschinen**. Das Einstellen der Bohrungsabstände geschieht mit Hilfe eines Kreuzschlittens oder durch Verschieben der Bohrspindelachse in einer Richtung und des Bohrtisches senkrecht dazu.

b) Waagerecht-Bohrmaschinen. Sie entsprechen in der Normalausführung sowie auch als Mehrspindelbohrmaschinen den Senkrechtbohrmaschinen. Viele sind jedoch als kombinierte **Bohr- und Fräswerke** ausgebildet. Der Spindelkasten mit der Bohrspindel ist am Ständer in der Höhe verstellbar. Für kleine und mittelgroße Werkstücke sind diese Bohrwerke als Ständermaschinen mit längs, quer und rund verstellbarem Tisch und feststehendem Ständer ausgeführt, für große Werkstücke als Plattenmaschine mit feststehendem Tisch und in einer Richtung verstellbarem Ständer. Es gibt auch waagerecht arbeitende Mehrspindelbohrmaschinen.

Bei **Handbohrmaschinen** erfolgt der Vorschub durch Körperdruck auf die Maschine. Sie werden von Hand, durch Elektro- oder Druckluftmotor angetrieben. Von Hand betriebene Handbohrmaschinen sind Bohrknarre und Brustbohrmaschine. Bei der **Bohrknarre** wird der Bohrer durch Hin- und Herschwenken eines Hebels über ein Schaltwerk aus Klinke und Zahnrad bewegt. Die **Brustbohrmaschine** weist ein Getriebe auf, das die Drehung einer Kurbel auf den Bohrer überträgt. In Druckluft- und elektrischen Handbohrmaschinen ist der Motor unmittelbar eingebaut, sie lassen sich mit einem Gestell auch als Tischbohrmaschinen verwenden.

Bei **Tieflochbohrmaschinen**, die senkrecht oder waagerecht (für größere Bohrtiefen) arbeiten, führt das Werkstück die Schnittbewegung aus. Beim Senkrechtbohren bohrt man von unten, damit die Späne besser abfließen können.

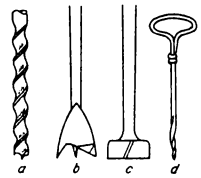
Das **Feinbohren**, besser als Feindrehen bezeichnet, ist ein Bearbeiten mit geringen Spantiefen (0,02 bis 0,2 mm) bei geringem Vorschub (0,02 bis 0,1 mm/U). Als Werkzeuge dienen fliegend angeordnete, oft in Drehstangen eingesetzte Meißel mit fein einstellbaren Schneiden aus Hartmetall oder Diamant. Man arbeitet je nach dem Werkstoff des Werkstücks mit einer Schnittgeschwindigkeit von 120 bis 360 m/min bei Hartmetallschneiden und bis zu 3000 m/min bei Diamantschneiden. Feinbohrmaschinen sind als Ein- oder Mehrspindelmaschinen ausgeführt.

Sind Bohrungen in Werkstücken anzubringen, die in großer Stückzahl gefertigt werden, so arbeitet man oft mit **Bohrschablonen**, z. B. einem bereits gebohrten Blech, oder mit **Bohrvorrichtungen**, in die das Werkstück gespannt wird, wobei eine Bohrbüchse (gehärteter und geschliffener Hohlzylinder) das Bohrwerkzeug führt Auch das B. im Paket, d. h. das gleichzeitige B. mehrerer übereinanderliegender Werkstücke, erspart Anreißarbeit.

Über Ultraschallbohren → Stoßläppen.

Lit. Glässer: B., Senken (Leipzig 1952); Lebedew u. Kommissarow: Metallbohren. Der Bohrer (dtsch Leipzig 1955).

2) B. in der Holzbearbeitung. a) Bohrwerkzeuge für das *B. von Hand*: Der **Drillbohrer** besteht aus einer schraubenförmig gewundenen Stange, die durch Aufundabbewegen einer die Stange umfassenden Mutter (Nuß) in wechselseitige Drehbewegung versetzt wird. Der **Nagelbohrer** hat einen schraubenförmig gewundenen Schaft und eine Schneidkante. Der **Schneckenbohrer** ist wie der Nagelbohrer aufgebaut, aber ohne Handgriff; in Sonderform wird er als Maschinenbohrer eingesetzt. Drill-, Nagel- und Schneckenbohrer werden zum Vorbohren von Nagel- und Schraubenlöchern verwendet. Der **Forstner-Bohrer** eignet sich zum B. maßhaltiger, flacher Löcher mit ebenem Bohrlochgrund und ist auch Maschinenbohrer. Der **Schlangenbohrer** wird zum Erzeugen kreisrunder, sehr tiefer Löcher parallel und senkrecht zum Faserverlauf eingesetzt. Der **Zentrumbohrer** ist geeignet für Bohrlöcher senkrecht zum Faserverlauf, die allerdings nicht sehr sauber sind; er ist auch Maschinenbohrer. Für die Erzeugung der Drehbewegung der Bohrer sind **Bohrwinden** mit drehbarem kurbelartigem Griff notwendig. b) Bohrwerkzeuge für das *B. mit Maschine*: Die **Spiralbohrer** werden zum B. von nicht durchgehenden Löchern besonders für Hartholz eingesetzt. Für saubere und genaue Bohrungen senkrecht zum Faserverlauf haben sie eine Zentrierspitze und zwei Vorschneider. Der **Maschinenlanglochbohrer** dient dem B. von Langlöchern. Die **elektrischen Holzbohrmaschinen** ähneln denen für die Metallbearbeitung, haben aber höhere Drehzahl, leichtere Bauart und meist Handvorschub. Man unterscheidet hier ebenfalls Tisch-, Ständer- und Handbohrmaschinen; es gibt auch mehrspindelige Bohrmaschinen. In die Maschinen werden dem Bohrzweck entsprechende Bohrer eingesetzt.



Holzbohrer: *a* Schlangenbohrer, *b* Zentrumbohrer, *c* Forstner-Bohrer, *d* Nagelbohrer

3) Bergbau, Geologie und Bauwesen: → Bohrung.

Bohrhammer, ein schlagend und umsetzend arbeitendes Gerät zur Herstellung von Bohrlöchern in Gestein oder Beton. Der B. wird meist mit → Druckluft betrieben. In der Bauindustrie arbeitet man oft mit leichten Bohrhämmern, die von Hand geführt werden können, im Bergbau kommen dagegen vorwiegend mittelschwere bis schwere Bohrhämmer zum Einsatz, die von besonderen Bohrhilfseinrichtungen geführt werden müssen.

Bohrinsel, → Meeresbohrungen.

Bohrloch, → Bohrung.

Bohrlochmessungen, Carottage, Sammelbezeichnung für verschiedene Verfahren der angewandten Geophysik zur Bestimmung von Schichtgrenzen und Gesteinseigenschaften sowie zum Nachweis von Bodenschätzen in Bohrlöchern. Die Meßkörper (Sonden) werden bei allen Verfahren an Kabeln befestigt und ins Bohrloch eingefahren. Die Meßwerte werden über Tage als kontinuierliche Bohrlochdiagramme oder -profile registriert. Bei den B. unterscheidet man elektrische Meßverfahren, kernphysikalische Meßverfahren, geometrische und technische Messungen an Bohrlöchern sowie eine Reihe weiterer Verfahren.

I) Die elektrischen Meßverfahren werden in Widerstandsmessungen und Eigenpotentialmessung unterteilt. 1) Die **Widerstandsmessungen** dienen zur Messung des scheinbaren spezifischen elektrischen Widerstandes der Gesteine mittels verschiedener Elektrodenanordnungen. Folgende Hauptarten werden angewandt: a) Bei den **konventionellen Widerstandsmessungen** werden 4 Elektroden eingesetzt, von denen 2 für die Stromzuführung, 2 zur Messung der Potentialdifferenz dienen. b) Beim **Laterologverfahren** erfolgen die Widerstandsmessungen mit fokussierten Strömen mittels 3 bis 9 Elektroden. Dadurch wird eine größere Eindringtiefe des Meßstroms

erreicht. c) Das **Mikrologverfahren** ist durch geringe Elektrodenabstände gekennzeichnet. Die Elektroden werden an die Bohrlochwand angedrückt. Bei diesem Verfahren können die Filtrationseigenschaften der Gesteine festgestellt werden. d) Bei den **induktiven Widerstandsmessungen** erfolgt die Messung der elektrischen Leitfähigkeit über ein induziertes magnetisches Wechselfeld. 2) Die **Eigenpotentialmessung** ist die Messung der natürlichen Potentialdifferenz zwschen einer Oberflächenelektrode (konstantes Potential) und einer sich im Bohrloch bewegenden Elektrode. Die natürliche Potentialdifferenz wird z. B. durch Diffusions-, Filtrations-, Oxydations- und Reduktionsprozesse hervorgerufen.

II) Die kernphysikalischen Meßverfahren werden gegliedert in 1) **Gammamessung,** bei der die Intensität der natürlichen Gammastrahlung der Gesteine gemessen wird; 2) **Gamma-Gamma-Messung,** bei der die Intensität der von einer Strahlungsquelle ausgesandten und im Gestein gestreuten Gammastrahlung gemessen wird; 3) **Neutron-Gamma-Messung,** bei der die Intensität der durch Neutronenbeschuß der Gesteine ausgelösten sekundären Gammastrahlung gemessen wird; 4) **Neutron-Neutron-Messung,** bei der die Dichte der thermischen oder überthermischen Neutronen, die ursprünglich von einer Neutronenquelle als schnelle Neutronen ausgesandt und im Gestein (besonders durch Wasserstoffatome) abgebremst wurden, gemessen wird; 5) **Neutronenaktivierungsverfahren,** ein Verfahren, bei dem durch Bestrahlung des zu prüfenden Materials mit Neutronen Radionuklide erzeugt werden, bei deren Zerfall unter anderem Gammastrahlung emittiert wird. Die Intensität der Gammastrahlung wird gemessen.

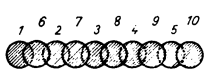
III) Die geometrischen und technischen Messungen werden unterteilt in 1) **Kalibermessung,** bei der der Bohrlochdurchmesser laufend mit einem Kalibermesser registriert wird; 2) **Schichtneigungsmessung (Stratamessung)** zur Bestimmung des Einfallens der Schichten mit Hilfe von 3 Elektroden, die in einer Ebene um 120° versetzt sind; 3) **Messung der Bohrlochabweichung** (Neigung und Azimut) mit einem Inklinometer; 4) **Temperaturmessungen** zur Bestimmung des Zementkopfes (Abbindungswärme) und der Lokalisierung von Wasser-, Öl- und Gasaustritten in Bohrlöchern.

IV) Die sonstigen Verfahren umfassen 1) **akustische Meßverfahren (Akustiklogverfahren),** bei denen eine kontinuierliche Registrierung der Ausbreitungsgeschwindigkeit und Absorption elastischer seismischer Wellen, die meist von einem Ultraschallgeber ausgelöst werden, durch einen oder mehrere Empfänger erfolgt; 2) **Temperaturmessungen,** bei denen die Temperatur im Bohrloch zur Bestimmung der geothermischen Tiefenstufe und der lithologischen Gliederung gemessen wird; 3) **magnetische Verfahren,** bei denen die natürlichen und künstlichen magnetischen Felder, die Suszeptibilität und kernmagnetischen Eigenschaften der Gesteine gemessen werden; 4) **Bohrlochfernsehen,** bei dem eine in die Sonde eingebrachte Fernsehkamera Bilder der Bohrlochwand zur Oberfläche überträgt.

Lit. Lehnert u. Rothe: Geophysikalische B. (Berlin 1962).

Bohröl, ein → Kühlschmiermittel.

Bohrpfahlwand, im Grundbau eine Baugrubenumschließung, im Wasserbau ein Dichtungselement. Die B. wird besonders bei beengten Platzverhältnissen in Großstädten oder dort angewandt, wo die Umschließung möglichst erschütterungsfrei eingebracht werden muß. Unter Erdstaudämmen wird sie zur Abdichtung des Untergrundes angewandt. Die Bohrlöcher (Durchmesser 45 bis 150 cm) werden mit Greifern entweder im Schutze von Rohren oder unter Verwendung von thixotroper Flüssigkeit (→ Thixotropie), die die Bohrlochwandung abstützt, abgeteuft. Falls erforderlich, wird Bewehrung eingelegt. Danach wird ausbetoniert. Zunächst stellt man einen Pfahl um den anderen her und schließt dann die Lücken, wobei eine Überschneidung stattfindet. Durch Zusatz von Bentonit zum Beton wird eine fast wasserdichte Wand erreicht.



Bohrpfahlwand: Reihenfolge der Pfahlherstellung

Bohrsche Frequenzbeziehung, eine Grundlage der → Photochemie.

Bohrsches Magneton, → Magneton.

Bohrturm, ein Gerüst aus Holz, Stahl oder Stahlrohren zum Einführen und Ziehen des Bohrgestänges beim Tiefbohren (→ Bohrung). Große Bohrtürme haben bis zu 60 m Höhe. Ist ein schneller und leichter Auf- und Abbau notwendig, wie bei Aufschlußbohrungen, so verwendet man klappbare sowie auf Speziallastkraftwagen angebrachte und mit ihnen transportierbare Bohrtürme.

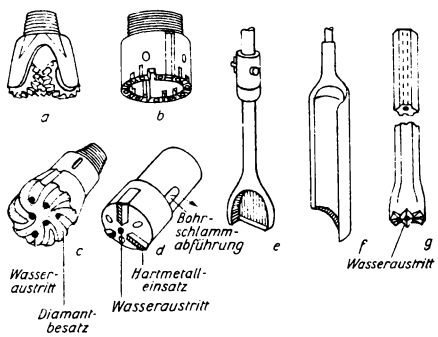
Bohrung, 1) ein wichtiges technisches Verfahren im Bergbau, bei der geologischen Erkundung und im Bauwesen (z. B. Steinbruch, Tunnel- und Stollenbau, Grundbau). Nach dem Zwecke der B. unterscheidet man Aufschluß-, Förder- und Hilfsbohrungen. **Aufschlußbohrungen** oder **Schürfbohrungen** dienen dem Aufsuchen von Lagerstätten (Mutungsbohrungen) und zur Klärung der Deckgebirgsverhältnisse (für die Wahl des Schachtansatzpunktes) sowie zum Untersuchen bereits bekannter Lagerstätten in bezug auf Fallen, Mächtigkeit und Beschaffenheit. **Förderbohrungen** schaffen Zugang zu Lagerstätten von Erdöl, Erdgas, Solen, Mineralwässern, Wasser und Kohlensäure und ermöglichen deren Förderung. **Hilfsbohrungen** sind z. B. das Auffahren von Wetterlöchern, Rollöchern, Entwässerungen in Braunkohlenflözen u. a., ferner → Rettungsbohrungen sowie B.en beim Gefrierverfahren (→ Gründung).

Nach der Richtung der B.en unterscheidet man vertikale B.en von der Erdoberfläche aus und horizontale sowie schräge B.en im Bergwerk selbst. Förderbohrungen sind fast stets Vertikalbohrungen, Aufschlußbohrungen von über Tage ebenfalls, unter Tage jedoch oft auch Horizontal- und Schrägbohrungen.

1) Bei Vertikalbohrungen unterscheidet man nach der Tiefe Flachbohrungen (bis etwa 500 m), Tiefbohrungen (bis etwa 3000 m), die auch auf dem Meer niedergebracht werden können (→ Meeresbohrungen), und übertiefe B.en (bis 6000 m und tiefer). Bei übertiefen B.en bestehen besondere Bedingungen durch abnehmenden Bohrfortschritt infolge extremer Festigkeit des Gesteins, hohen Drucks sowie hoher Temperaturen (≈200 °C); ferner entstehen besondere Probleme durch Spülungsverluste, Laugenzuflüsse, quellendes Salz (durch hohen Druck) sowie eine verminderte Standdauer von nur wenigen Metern je Meißel. Die bisher tiefste Bohrung wurde in Pecos County (Texas, USA) mit 7723 m niedergebracht (Schürfbohrung), die bisher tiefste Bohrung auf Erdöl in Louisiana (USA) mit 6542 m und die bisher tiefste Bohrung auf Erdgas in Texas mit 6715 m. Die tiefste B. in Europa ist 1962 bei Billerbeck (Westdeutschland) mit 5956 m niedergebracht worden (Münsterland 1). Weitere übertiefe B.en sind im Rahmen der Projekte zur Durchbohrung der Mohorovičić-Diskontinuität (→ Mohole-Projekt) vorgesehen. Beim **Trockenbohren** wird das Bohrgut trocken gefördert, beim **Spülbohren** herausgespült. Beim **Vollbohren** wird das Gestein im gesamten Bohrlochquerschnitt zerstört. Beim **Kernbohren** wird mit einem hohlen Bohrwerkzeug gearbeitet und jeweils ein bis zu 8 m langer zylin-

drischer Kern gewonnen, der Aufschluß über Tiefenlage, Aufeinanderfolge, Mächtigkeit und Fallen der durchbohrten Schichten gibt.

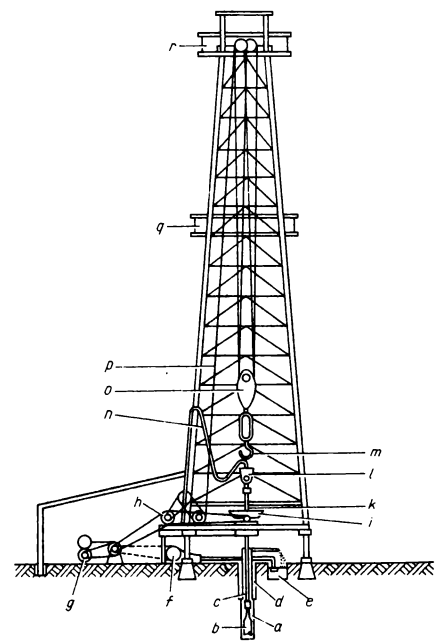
Zur Bohreinrichtung, die stationär oder auch fahrbar sein kann, gehören das Bohrwerkzeug, das Gestänge, das den Bohrandruck auf das Bohrwerkzeug überträgt, bei Spülbohrung die Spüleinrichtung und bei Vertikalbohrungen ein Bohrgerüst (Dreibock) oder ein → Bohrturm. An Bohrwerkzeugen zur Zerstörung des Gesteins an der Bohrlochsohle werden ein gesetzt: für weiche Gesteine Flachmeißel, für harte Gesteine Rollenmeißel mit Hartmetallzähnen, Düsenmeißel (Rollenmeißel mit zu Düsen ausgebildeten Spülkanälen zur besseren Säuberung der Bohrlochsohle), Diamantmeißel (mit Diamanten oder Diamantsplittern besetzte Stahlbohrkronen für das Voll- oder Kernbohren) sowie Schrotbohrkronen, die das Gestein durch Stahl- und Hartmetallschrot zermahlen. Das *Gestänge* besteht im oberen Teil aus Rohren, im unteren Teil aus Schwerstangen von je 6 bis 12 m Länge und ist am Flaschenzug des Bohrgerüstes oder des Bohrturms aufgehängt. Flexible Gestänge aus Schläuchen (bisher nur für geringe Tiefen) vermeiden das Auseinandernehmen des Gestänges; sie werden nur auf eine Trommel gewickelt. Die Drehbewegung wird dem Gestänge durch eine vier- oder sechskantige Mitnehmerstange an einem Drehtisch übermittelt (40 bis 300 U/min). In vielen Fällen, z. B. bei allen Förderbohrungen, wird in die Bohrlöcher auch eine Verrohrung eingeführt, d. h., sie werden mit Rohren ausgekleidet. Die Verrohrung dient zur Stabilisierung des Bohrloches. Als *verlorene* Verrohrung bezeichnet man Rohre, die nicht bis zur Tagesoberfläche geführt werden. Das Bohrklein, d. i. das abgeriebene Gesteinsmaterial, wird mittels Luft- oder Flüssigkeitsspülung ausgetragen. Flüssigkeitsspülungen (Dickspülungen) erfolgen mittels Wasser, dem zur Erhöhung der Viskosität Tonminerale zugesetzt sind. Ein gleichzeitiger Zusatz von Baryt (Schwerspat) bewirkt eine Dichteerhöhung (Schwerspülung). Die Spülung wird mittels Pumpen durch das Gestänge in das Bohrloch gepreßt, tritt durch Öffnungen im Meißel aus und trägt das Bohrklein nach oben. Neben dem Bohrkleintransport sollen Flüssigkeitsspülungen die Bohrlochwandung gegen Nachfall schützen, Erdgas- und Erdöleruptionen entgegenwirken und das Bohrwerkzeug kühlen. Der *Bohrlochverlauf*, der besonders beim Rotary-Verfahren (s. u.) unter anderem infolge zu großen Andruckes von der Lotrechten abweicht, kann durch Bohrlochneigungsmesser kontrolliert und durch Richtkeile, die dem Gestänge eine von der Lotrechten abweichende Richtung geben, beliebig beeinflußt werden.



1 Bohrwerkzeuge für Erd- und Gesteinsbohrungen: *a* Rollenbohrer mit Hartmetallzähnen, *b* Bohrkrone mit Hartmetallzähnen, *c* Diamantvollbohrer für Turbinenbohrung, *d* aufsteckbare Bohrkrone mit Hartmetallschneiden für Spülbohrung, *e* Meißel mit Ohrenschneiden, *f* Schappe, *g* Sechskant-Bohrstange mit Kronenschneide

Die Bohrverfahren werden eingeteilt in solche mit schlagendem oder stoßendem Bohrwerkzeug und solche mit drehendem Bohrwerkzeug. a) Das **Stoßbohren** kommt nur für B.en von über Tage, und zwar bis in eine Tiefe von etwa 1500 m, in Betracht und wird vor allem im festen Gestein angewendet. Beim Stoßbohren wird das Bohrwerkzeug, an einem Gestänge (Freifall-, Schnellschlagbohren) oder an einem Seil (Seilbohren) hängend, mittels eines Schwengels von Hand (bis 50 m Tiefe) oder mittels Maschinenkraft auf und ab bewegt. Beim **Freifallbohren** fällt bei jedem Hub, von einer Freifalleinrichtung im höchsten Punkt des Hubes ausgelöst, eine Schwerstange mit Meißel auf die Bohrlochsohle (bis 700 m geeignet). Das **Schnellschlagbohren** arbeitet mit federnd aufgehängtem starrem Gestänge. Moderne Stoßbohrverfahren arbeiten zur Erhöhung der Federwirkung mit am Seil aufgehängtem Gestänge (**Pennsylvanisches Bohren** oder **Seilbohren**); dieses bis 1200 m geeignete Verfahren bietet die Garantie annähernd lotrechter Bohrlöcher. Das Bohrgut wird herausgeschöpft, beim Schnellschlagbohren herausgespült.

b) Das **Drehbohren** wendet man in allen Tiefen an. Bis etwa 30 m Tiefe gebraucht man oft Erdbohrer (Teller- und Spiralbohrer, Schappe, Ventilbohrer oder Schlammbüchse), deren Gestänge mit Hilfe eines Krückels von Hand gedreht wird. Kerne werden mit Hilfe des **Kerndrehbohrens** gewonnen, für das man eine zylinderringförmige Bohrkrone und ein daran anschließendes Kernrohr verwendet. Für tiefe und übertiefe B.en ist das in den USA entwickelte **Rotary-Verfahren (Rotary-Bohren)** üblich. Dabei wird das gesamte Gestänge mit dem Bohrwerkzeug von einem über



2 Rotary-Bohranlage. *a* Bohrloch, *b* Bohrwerkzeug, *c* Gestänge, *d* Standrohr, *e* Sauggrube, *f* Spülpumpe, *g* Antriebsmotor, *h* Getriebehebewerk, *i* Drehtisch, *k* Mitnehmerstange, *l* Spülkopf, *m* Bohrhaken, *n* Spülschlauch, *o* Flaschenzug, *p* Bohrseil, *q* Aushängebühne, *r* Bohrturm-Kronenbühne

Tage aufgestellten Antrieb gedreht. Bei abgenutztem Bohrwerkzeug muß das gesamte Gestänge gehoben und auseinandergenommen werden. Beim **Schmelzbohrverfahren (Flammrohrverfahren)** wird ein 10 m langes, als Mehrfachbrenner ausgebildetes Rohr in das Bohrloch eingeführt und gedreht. Die Flammen erzeugen eine Hitze von etwa 2200 °C, wodurch die Erze schmelzen und das Gestein platzt. Das in der Sowjetunion entwickelte **Turbinenbohren (Turbobohren)** arbeitet mit einem Antrieb im Bohrloch in Form einer Turbine am Ende des Gestänges. Die Antriebsenergie wird der Turbine durch die Spülflüssigkeit über das hohle Gestänge zugeführt. Vorteilhaft ist, daß das Gestänge nicht gedreht werden muß. Nachteile liegen in der Energiezuführung, den hohen Bohrlochtemperaturen sowie der Unmöglichkeit der Turbinenüberwachung. Das Turbinenbohren hat eine größere reine Bohrleistung als das Rotary-Verfahren, die Standzeit der Turbine mit Meißel ist jedoch noch nicht ausreichend. Das Verfahren ist gut geeignet für Richtbohrungen (geneigte B.en) und zur Beseitigung von Bohrlochabweichungen. Beim **Elektrobohren** wird der Bohrer durch einen ins Bohrloch eingesetzten Elektromotor angetrieben. Das Bohrklein wird durch einen über dem Meißel angeordneten Behälter aufgenommen.

2) Für horizontale und schräge B.en (Aufschlußbohrungen) unter Tage, gelegentlich auch für Vertikalbohrungen von der Erdoberfläche aus verwendet man Horizontalbohrmaschinen. Hierbei ist das Kernbohren mit Spülung üblich. Die für die Gewinnung von Mineralen, Steinen u. a. durch Sprengen notwendigen Bohrlöcher stellt man mit → Gesteinsbohrmaschinen her. Vielfach verwendet man auch → Bohrwagen sowie zum Auffahren von Rollöchern im vollen Durchmesser Rollochbohrmaschinen (→ Streckenvortriebsmaschine). Um die Entstehung von Gesteinsstaub zu vermeiden, muß in quarzhaltigem Gestein mit Wasser gebohrt werden, das in das hohle Bohrgestänge über einen Spülkopf eingeführt wird.

Lit. Cambefort: Tiefbohrungen (Wiesbaden u. Berlin 1964); Prikel: Tiefbohrtechnik (Wien 1959); Alliquander: Das moderne Rotarybohren (Leipzig 1965); Fanier: Abbau von Erdöl und Erdgas-Lagerstätten (dtsch Leipzig 1963); Lathan: Bohr- und Schießarbeiten im Bergbau, Bd I: Bohrarbeiten (Leipzig 1960), Bohren auf Erdöl und Erdgas, 2 Bde (dtsch Berlin, Bd 1 1964, Bd 2 1965).

3) im Maschinenbau Durchgangs- oder Sackloch an Maschinenteilen. Die B. wird meist mit dem Spiralbohrer erzeugt.

Bohrwagen (Tafel 20), im Bergbau eine auf Rädern oder Raupen gelagerte verschiebbare oder selbständig verfahrbare Vorrichtung zum Stützen, Führen und Bewegen einer oder mehrerer → Gesteinsbohrmaschinen.

Boiler, → Heißwasserspeicher.

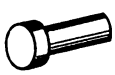
Boje, ein kugel-, kegel- oder tonnenförmiger Schwimmkörper, meist aus Stahlblech oder Plasten. Die **Festmacheboje** ist am Grunde verankert und mit eisernen Ringen versehen zum Festmachen von Schiffen mit Hilfe von Drahttauwerk. Die **Ankerboje** ist mit dem Schiffsanker durch ein Drahtseil verbunden und zeigt die Lage des Ankers eines Schiffes an. Bei Bruch der Ankerkette kann man an der Ankerboje das Vertreiben des Schiffes erkennen und den verlorenen Anker mit Kette finden. Die → **Funkpeilboje** sendet Funksignale aus.

Bolometer, ein Instrument zur Messung von Infrarot- oder auch Lichtstrahlung. Es dient z. B. zur Bestimmung sehr kleiner Wärmeunterschiede (bis 10^{-7} °C) oder der Strahlungsenergie der verschiedenen Farben eines Spektrums (Ausmessung von Sonnen- und Sternstrahlung). Die Strahlung fällt auf eine geschwärzte Metallfolie (Platin), die einen Zweig einer Wheatstoneschen Brücke bildet. Die Temperaturerhöhung im Platinstreifen durch die absorbierte Strahlungsenergie bewirkt eine Widerstandserhöhung des Platinstreifens, die das elektrische Gleichgewicht der Brücke stört. Diese Störung verursacht einen Strom, den ein empfindliches Galvanometer mißt. Man erhält so für die pro Sekunde einfallende Strahlungsenergie ein objektives Maß, das zugleich als **bolometrische Helligkeit** die Oberflächentemperatur z. B. des Sterns darstellt.

Boltzmannsche Konstante, Zeichen k, eine nach L. Boltzmann (1844—1906) benannte universelle Naturkonstante. Ihr Wert ist $1{,}3804 \cdot 10^{-16}$ erg grd^{-1}. Jedem Molekül eines beliebigen Gases wird im Mittel je Freiheitsgrad eine Energie von $^1/_2 k$ zugeführt, wenn die Temperatur des betreffenden Stoffes um 1 °C steigt. Einem Mol muß demzufolge die Energie $^1/_2 N_L k$ zugeführt werden, wobei N_L die Loschmidtsche Zahl angibt und das Produkt $N_L k$ gleich der Gaskonstanten R ist. Die B. K. ist der Proportionalitätsfaktor in der **Boltzmannschen Gleichung,** die die statistische Definition der → Entropie S gibt.

Boltzmann-Statistik, → statistische Mechanik.

Bolus *m*, **Bol,** braunes, auch gelbes feinstkörniges Gemenge von Tonmineralen. Der Hauptbestandteil ist Montmorillonit, der die hohe Adsorptionsfähigkeit des B. bewirkt. Diese Eigenschaft wird in der Medizin genutzt, wo B. als austrocknendes Streupulver sowie als Bakterien und Gift aufsaugendes Mittel dient. Ferner wird B. (z. B. die braune Terra di Siena) als Pigment verwendet.



Bolzen

Bolzen, ein zylindrischer Körper aus Stahl oder anderem Metall mit oder ohne Kopf. Die axiale Festlegung erfolgt durch Splinte, Sicherungsringe oder Gewinde. (Abb.)

Bombe, 1) Militärtechnik: a) **Fliegerbombe,** ein von Luftfahrzeugen zur Bekämpfung von Erd- und Seezielen abgeworfener Sprengkörper. Der Abwurf kann mechanisch, durch Druckluft oder durch Entmagnetisierung der Aufhängevorrichtung erfolgen. 1) **Sprengbomben** sind Metallhohlkörper, die im zylindrischen Mittelteil eine Sprengladung (Trinitrotoluol oder ein anderes Sprengstoffgemisch) enthalten. Im Kopf oder Bombenkörper ist ein Zünder eingeschraubt, am Ende sind Stabilisierungsflächen angebracht. Der → Zünder von Sprengbomben kann ein Aufschlagzünder sein oder ein Zeit- oder Verzögerungszünder. Außerdem gibt es Magnetzünder sowie Rüttel- oder Schüttelzünder, die auf äußere mechanische Schwingungen selbsttätig ansprechen. Manche B.n senden Hochfrequenzimpulse aus und nehmen sie nach Reflexion wieder auf. In einem vor dem Abwurf einstellbaren, mit der Impulslaufzeit in Zusammenhang stehenden Abstand vom Ziel explodieren sie dann. Nach der Sprengwirkung unterteilt man Sprengbomben in a) schwerste Sprengbomben mit einer Masse bis zu 2500 kg und besonders großer, weitreichender Druckwirkung, b) schwere Sprengbomben von 100 bis 2000 kg Masse mit großer Durchschlagskraft und großer Sprengwirkung, c) ebenso schwere, sehr dickwandige panzerbrechende B.n **(Panzerbomben)** mit besonders großer Durchschlagskraft, d) **Splitterbomben** von 10 bis 1000 kg mit geringer Durchschlagkraft und Sprengwirkung, aber großer Splitterwirkung.

2) Spezialformen sind **chemische B.n** oder **Kampfstoffbomben, Nebel-** oder **Rauchbomben** sowie **Leuchtbomben.** Sie entsprechen im Aufbau etwa einer Kampfstoff-, Nebel- bzw. Leuchtgranate (→ Geschoß).

3) **Brandbomben** sollen mehr oder weniger begrenzte Brandherde erzeugen (→ Brandmittel, → Napalm).

4) Die Wirkung der **Kernspaltungsbombe (Atombombe, A-Bombe)** beruht auf der Spaltung schwerer Atomkerne, die Wirkung der **thermo-**

nuklearen B. (Wasserstoffbombe, H-Bombe) auf der Verschmelzung leichter Atomkerne zu schweren Kernen. Kernsynthesewaffen wie die thermonukleare B. sind auch die **Kobaltbombe (K-Bombe** oder **C-Bombe)** und die **Neutronenbombe.** Weiteres → Kernwaffen.

b) **Versorgungsbombe,** ein widerstandsfähiger Behälter, in dem von Luftfahrzeugen Lebensmittel, Waffen, Verbandzeug u. ä. z. B. für Truppen an Fallschirmen abgeworfen werden.

2) chemische Technik: a) → Hochdruckchemie, b) svw. → Stahlflasche.

Bombenflugzeug, ein → Militärflugzeug.

Bondern, → Phosphatieren.

Boolesche Algebra, → Schaltalgebra.

Bor, Symbol **B,** chemisches Element aus der III. Hauptgruppe des Periodensystems, Halbmetall, Ordnungszahl 5, Massenzahlen der Isotope 11 und 10, Atomgewicht 10,811 ± 0,003 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener V; 1808 von Gay-Lussac und Thenard entdeckt. B. kommt in der Natur nur an Sauerstoff gebunden als Borsäure oder Borat vor. Wichtigstes Mineral ist Kernit, für die DDR Borazit. **Kristallines B.** ist grauschwarz (D. 2,34 g cm^{-3}, F. 2000 bis 2075 °C), wird technisch durch Schmelzflußelektrolyse von Kaliumchlorid, Kaliumfluoroborat und Bortrioxid, für Forschungszwecke nach dem → Aufwachsverfahren gewonnen. **Amorphes B.** ist ein braunes Pulver (D. 1,73 g cm^{-3}) und bildet sich bei der Reduktion von Bortrioxid mit Natrium oder Magnesium. **Quadratisches B.** ist eine Bor-Aluminium-Verbindung AlB_{12}, die oft noch eine Bor-Aluminium-Kohlenstoff-Verbindung $3AlB_{12} \cdot 2B_4C$ enthält. Beide Verbindungen entstehen beim Umkristallisieren von amorphem B. in geschmolzenem Aluminium und bei der Reduktion von Bortrioxid mit Aluminium. B. dient in der Metallurgie als Desoxydationsmittel, mit Eisen legiert als Ferrobor zum Vergüten des Stahls. Das Isotop ^{10}B wird als Bestandteil der Steuer- und Havariestäbe in Kernreaktoren verwendet. Quadratisches B. ist auf Grund seiner großen Härte ein ausgezeichnetes Schleifmittel (Bordiamanten).

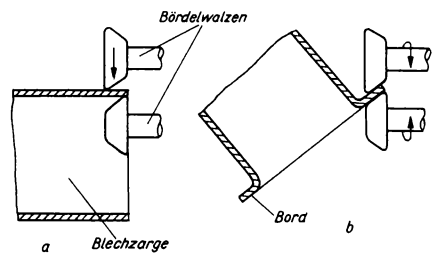
Borverbindungen. Boranate (Metallborhydride), komplexe Metallborwasserstoffverbindungen, $Me[BH_4]_n$, verwendet als Reduktions- und Hydrierungsmittel; **Borane (Borhydride, Borwasserstoffe),** sehr giftige Verbindungen, B_nH_{n+4}, verwendet u. a. als Raketentreibstoff; aus Diboran und Ammoniak erhält man **Borazol** $B_3N_3H_6$, das die gleiche Elektronenanordnung wie Benzol hat („anorganisches Benzol"); **Boride,** binäre Metall-Bor-Verbindungen, Me_mB_n, es gibt salzartige mit stöchiometrischer Zusammensetzung, z. B. Mg_3B_2, und nichtsalzartige mit unstöchiometrischer Zusammensetzung, z. B. AlB_2, allgemein verwendet als hochtemperaturbeständige Werkstoffe und als Schleifmittel; **Borkarbid** B_4C, schwarze, äußerst harte Kristalle (Härte nach Mohs 9,32), die selbst Diamanten zu ritzen vermögen, verwendet zur Herstellung von Schleifscheiben und -pulvern für Hartmetalle und als Neutronenabsorber in Reaktoren; **Bornitrid,** BN, existiert in 3 Modifikationen, amorphes BN geht über 2000 °C in hexagonales BN über, das sich bei 1700 °C und über 70000 at in reguläres (kubisches) BN umwandelt, allgemein verwendet zum Auskleiden von Verbrennungskammern und Düsen von Raketen, von Schmelztiegeln, Gußformen u. ä., hexagonales BN als hochtemperaturbeständiges Schmiermittel, reguläres wegen seiner großen Härte als Bohr- und Schleifmittel bei sehr hohen Temperaturen; **Borsäure,** H_3BO_3, frei findet sie sich in den als Soffionen bezeichneten Borquellen von Toskana und wird auch als *Sassolin* bezeichnet, gebunden in Form ihrer Salze, der **Borate,** verwendet vor allem in der Glas-, Keramik- und Emailleindustrie, ferner in der Medizin als Borsalbe und Borwasser; das wichtigste Borat ist **Borax (Natriumtetraborat-Dekahydrat)** $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, kommt in der Natur auch als *Tinkal* vor, verwendet zur Herstellung von leichtschmelzenden Glasuren für Keramikerzeugnisse, von Emaille, temperaturbeständigen Glassorten und optischen Gläsern, ferner zur Wasserenthärtung, als Flußmittel, Schweißpulver, zur Bordüngung und im Labor als Urtitersubstanz, für Boraxperlen und Pufferlösungen.

Lit. Schreiter: Seltene Metalle. Bd I (2. Aufl. Leipzig 1963).

Bora *f*, ein kalter Fallwind, der besonders häufig an der istrischen und dalmatinischen Adriaküste auftritt.

Boracit, ein wichtiges Bormineral, chemisch Magnesiumboratchlorid $Mg_3[Cl|B_7O_{13}]$; rhombische und kubische Modifikation, meist dichte feinkörnige, weiche bis graue Massen, Härte nach Mohs 7, D. 2,95 g cm^{-3}. B. kommt hauptsächlich in der Karnallitzone der Salzlagerstätten der DDR und Westdeutschlands vor. Weiteres → Kali.

Bördeln, ein Verfahren der Umformtechnik, ein Blechbiegeverfahren (→ Biegen) zur Herstellung eines Bordes (Abbiegung eines Blechrandes um eine geschlossene Linie). Bördelwerkzeuge bewirken örtliche Anbiegung. Durch Rotation des Hohlkörpers (Werkstück) über die angetriebenen Werkzeuge wird der Bord über den gesamten Umfang abgebogen.



Bördeln: *a* Bördelwalzen in Anfangsstellung, *b* in Endstellung

Bore *f* [englisch], **Mascaret** [französisch], **Flutbrandung,** eine hohe Gezeitenwelle, die in trichterförmige und bei Niedrigwasser seichte Flußmündungen eindringt. Infolge der Querschnittsverminderung des Flußbettes wird die Steigdauer der Gezeitenwelle so stark verkürzt, daß der Anstieg sprunghaft in Form einer mauerartigen Brandungswelle mit bedeutender Höhe (bis 8 m) erfolgt. Die B. ist für kleinere Fahrzeuge und Schwimmer gefährlich.

B.n sind vor allem in den Mündungen der großen indischen und chinesischen Flüsse verbreitet, ferner im Amazonas, in Europa kommen sie in England (Severn, Trent) und Frankreich (Gironde, Seine) vor.

Borgis, ein → Schriftgrad.

Borkammer, eine spezielle → Ionisationskammer zum Nachweis langsamer Neutronen. Das Füllgas enthält entweder einen Zusatz von gasförmigem Bortrifluorid, oder die Kammer trägt auf der Innenwand einen Belag aus einer Borverbindung. Die in die B. eingedrungenen Neutronen werden durch die nach der Kernreaktion $^{10}_5B(n, \alpha)^7_3Li$ erzeugten Alphateilchen und Lithiumatome nachgewiesen.

Borneol, ein bizyklischer sekundärer Terpenalkohol, der in der D- und L-Form vorkommt. D-Borneol bildet farblose Kristalle von kampferartigem Geruch (F. 208,5 °C) und kommt in den Hölzern bestimmter Kampferbäume und in zahlreichen ätherischen Ölen, z. B. im Laven-

del- und Rosenöl, vor. Man verwendet D-Borneol vorwiegend zur Kampfersynthese, ferner in der Riechstoffindustrie.

Bei der Behandlung von D-Borneol mit Eisessig entsteht das **Bornylazetat**, der Geruchsträger des Fichtennadelöls.

Bornit, Buntkupferkies, ein Mineral, wichtiges Kupfererz, Zusammensetzung infolge isomorpher Mischung schwankend, Cu_9FeS_6 bis Cu_3FeS_3; kubisch, bronzegelb bis kupferrot, rasch rötlich, violett und blau anlaufend, Härte nach Mohs 3, D. 4,9 bis 5,3 g cm^{-3}. Sein Vorkommen ist ähnlich wie bei → Chalkopyrit, besonders in der Zementationszone seiner Lagerstätten; im Mansfelder Kupferschiefer tritt B. sedimentär als Imprägnation auf.

Bort, eine Varietät des → Diamants.

Bose-Einstein-Statistik, → statistische Mechanik.

Boson, zusammenfassender Name für alle Teilchen, insbesondere Elementarteilchen, die der Bose-Einstein-Statistik (→ statistische Mechanik) gehorchen; sie haben ganzzahligen Spin.

Bourdonfeder, → Manometer.

Bournonit, ein Mineral, wichtiges Blei- und Kupfererz, $2PbS \cdot Cu_2S \cdot Sb_2S_3$; rhombisch, pseudotetragonale dicktafelige Kristalle, stahlgrau bis schwarz, Härte nach Mohs 3, D. 5,7 bis 5,9 g cm^{-3}. B. kommt in hydrothermalen Lagerstätten vor.

Bourrettegarn, → Naturseide.

Bowdenzug, in einer biegsamen Drahtwendel geführtes Drahtseil zur Übertragung kleiner Zug- und Druckkräfte.

Boxermotor, → Verbrennungsmotor.

Boxkalb, Boxcalf, ein chromgegerbtes Kalbleder, → Leder.

Boyle-Mariottesches Gesetz, von R. Boyle und E. Mariotte gefundenes Gesetz, wonach bei idealen Gasen das Produkt aus Druck p und Volumen V bei konstanter Temperatur unverändert bleibt: pV = konstant. Reale Gase weichen je nach der Größe ihres → Kohäsionsdrucks etwas von dem Boyle-Mariotteschen G. ab. Unter normalen Bedingungen kann jedoch bei vielen realen Gasen, z. B. Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, diese Abweichung in der Praxis vernachlässigt werden.

Br, Symbol für → Brom.

Brackett-Serie, eine Spektralserie im → Wasserstoffspektrum.

Braggsche Gleichung, → Kristallstrukturanalyse.

Bramme *f*, ein gegossenes metallurgisches Halbzeug mit rechteckigem Querschnitt, das zur Weiterverarbeitung (Auswalzung) zu Blech oder Bändern bestimmt ist. B.n werden hergestellt durch Gießen in rechteckigen Kokillen **(Rohbramme)** sowie durch Auswalzen von Blöcken auf der Blockstraße oder von Rohbrammen auf der Brammenstraße **(Vorbramme)**; ihre Massen liegen zwischen 0,3 bis 30 t.

Brandbombe, → Brandmittel.

Brandklassen, → Feuerlöschmittel.

Brandmittel, Brandstoffe, Brandwaffen, chemische Stoffe oder Mischungen, die beim Verbrennen hohe Temperaturen entwickeln und mehr oder weniger begrenzte Brandherde erzeugen. **Brandplättchen (Zündplättchen)** sind Zelluloid- oder Gummiplättchen mit einer Zündmasse (meist eine Pille weißen Phosphors in einer hygroskopischen, gelartigen Masse), die sich nach dem Austrocknen selbst entzündet. Brandplättchen wurden im 2. Weltkrieg in großer Zahl von Flugzeugen abgeworfen. **Brandflaschen** sind bis 3 kp schwere Behälter, die Phosphor und Schwefel sowie kautschukartige Zusätze z. B. in Benzol enthalten. **Brandkanister** enthalten Lösungen von Phosphor in Kohlendisulfid. **Brandbomben** bestehen aus einem Aluminium-Magnesium-Mantel mit Thermitfüllung. **Flüssigkeitsbrandbomben** sind Sprengsätze mit geeigneten Brandflüssigkeiten oder Brandgelen (→ Napalm).

Brandplättchen, → Brandmittel.

Brandung, die Umformung von → Meereswellen bei ihrem Übertritt auf Flachwassergebiete (Wassertiefe geringer als die halbe Wellenlänge). Die Wellen werden steiler, und ihre Kämme brechen schließlich über. Bei der Energieumwandlung in der B. entsteht eine **Brandungsströmung**. Durch die B. kommt es zu zerstörenden Wirkungen auf die Küste (**Brandungserosion** mit Bildung einer Brandungsplatte). Als **Flutbrandung** bezeichnet man die in Flußmündungen auftretende → Bore.

Brauneisenerz, svw. → Limonit.

Brauner Glaskopf, → Limonit.

Braunit, 1) ein Mineral, örtlich wichtiges Manganerz, $3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$; tetragonal, braunschwarz, Härte nach Mohs 6 bis 6,5, D. 4,7 bis 4,9 g cm^{-3}. B. findet sich in kontaktmetamorphen und kontaktmetasomatisch-regionalmetamorphen Gesteinen.

2) metallographische Bezeichnung für einen Gefügebestandteil (Eutektoid) der Legierungsreihe Eisen—Stickstoff, bestehend aus α-Eisen und Eisennitrid Fe_4N.

Braunkohle, → Kohle.

Braunkohlenfilterasche, → Aschenbinder.

Braunkohlenhochtemperaturverfahren, → Verkokung.

Braunsche Röhre, svw. → Elektronenstrahlröhre.

Braunspat, → Dolomit.

Braunstein, zusammenfassende Bezeichnung für Manganerze, die hauptsächlich aus Mangandioxid MnO_2 bestehen. Die beiden Hauptminerale sind **Pyrolusit** (häufigstes Weichmanganerz, tetragonal, grauweiß bis dunkelgrau, Härte nach Mohs 1 bis 6, D. ≈ 5 g cm^{-3}) und **Psilomelan** (häufigstes Hartmanganerz, braun bis schwarz, Bruch muschelig, bildet dichte, traubige Massen, meist stärker verunreinigt, Härte nach Mohs 5 bis 6, D. 4,4 bis 4,7 g cm^{-3}). Im Widerspruch zu seinem Namen ist B. überwiegend grau bis schwarz. Die B.e entstanden teils in der Verwitterungszone aus manganhaltigen Mineralen, teils treten sie als Oolithe chemisch sedimentär auf. B. dient zur Stahlveredlung, zur Chlorgewinnung und zur Herstellung vieler Manganverbindungen, ferner wird er in der Glas- und Porzellanindustrie verwendet.

Brazilit, svw. → Baddeleyit.

Brechen, → Zerteilen.

Brecher, Maschinen zum Grobzerkleinern fester Stoffe auf vorwiegend grobe Körnung. Die wichtigsten Typen sind → Backenbrecher, → Kegelbrecher, → Walzenbrecher, → Hammerbrecher, → Schlagprallbrecher und → Flachkegelbrecher.

Brechung, svw. → Refraktion.

Breitbandkabel, ein Kabel zur Übertragung sehr breiter Frequenzbänder, → Trägerfrequenztechnik, → Koaxialkabel.

Breitbandstraße, eine Anlage aus mehreren hintereinander angeordneten Walzgerüsten zur kaltumformenden Fertigung von breiten, dünnen, langen Blechbändern. Diese werden anschließend auf eine Haspel aufgewickelt.

Breite, 1) **geographische B.**, im Gradnetz der Erde der Abstand eines Punktes der Erdoberfläche vom Äquator. Die geographische B. ist der in Grad gemessene Winkel φ zwischen dem in diesem Punkt der Erdoberfläche gefällten Lot und der Äquatorebene. Sie ist gleich der → Polhöhe. Die geographische B. wird vom Äquator aus nach Norden (nördliche B., abg. n. Br., 0 bis 90°) und Süden (südliche B., abg. s. Br., 0 bis 90°) gezählt. Orte derselben geographischen B. liegen auf dem gleichen **Breiten-** oder **Parallelkreis**. Die Kugelzone zwischen zwei um 1° aus-

einanderliegenden Breitenkreisen wird als **Breitengrad** bezeichnet. Abb. → Ortsbestimmung.
2) **astronomische B.**, → astronomisches Koordinatensystem.
Breitfilmverfahren, → Breitwandverfahren.
Breitflachstahl, ein → Profilstahl.
Breitschmieden, → Freiformschmieden.
Breitspur, → Spurweite.
Breitstrahler, → Tiefstrahler.
Breitwandverfahren (Tafel 55), in der Filmtechnik gebräuchliche Bildaufnahme- und -wiedergabeverfahren zur Erzielung eines → Anwesenheitseffektes, der durch Mehrkanal-Magnettonwiedergabe (→ stereophone Filmwiedergabe) verstärkt wird. Während bei der Normalbildprojektion mit einem Bildseitenverhältnis (Breite zu Höhe) von 1,375:1 der horizontale Blickwinkel nur 25° beträgt, wird er bei den B. bis über 140° erweitert und entspricht dadurch mehr dem natürlichen Gesichtsfeld des Menschen. Das Bildseitenverhältnis variiert von 1,66:1 bis zu 3:1.

Für die Breitbild- bzw. Breitfilmprojektion werden verschiedene Verfahren angewendet: Kaschverfahren, anamorphotische Verfahren, gemischte Verfahren, Breitfilmverfahren, Panorama-Verfahren.

1) **Kaschverfahren.** a) Beim **Pseudo-Breitwandverfahren** handelt es sich um Normalbildprojektion, wobei das Projektorbildfenster in der Höhe um 4 mm (von 15,2 mm auf 11,2 mm) verkleinert ist. Zur Erreichung der vollen Bildhöhe auf der Bildwand muß mit kurzbrennweitigen Objektiven projiziert werden, wodurch sich das Bildseitenverhältnis von 1,375:1 auf 1,66:1 verändert. Durch die stärkere Vergrößerung sind die projizierten Bilder unschärfer als bei Normalbildprojektion. b) Beim **Plastorama-Verfahren** erfolgt die Bildaufnahme mit einem Spezialobjektiv, das bei gleicher Öffnung größere Tiefenschärfe als die gewöhnlichen Kameraobjektive hat.

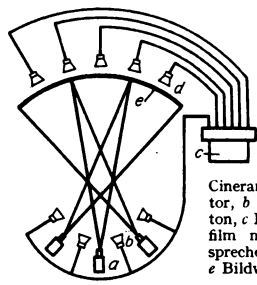
2) **Anamorphotische Verfahren** arbeiten mit anamorphotischen Optiken, die bei der Aufnahme den Bildinhalt eines breiten Gesichtsfeldes auf das Normalbildformat im Verhältnis 1:2 zusammenpressen (Verzerrung) und bei der Wiedergabe durch einen anamorphotischen Objektivvorsatz am Filmprojektor in horizontaler Richtung so dehnen (Entzerrung), daß der Bildinhalt der Aufnahme verhältnisgetreu wiedergegeben wird. Die Bildwechselfrequenz beträgt bei 4-Loch-Schaltung 24 Bilder/s. a) Das **CinemaScope-Verfahren** hat ein Bildseitenverhältnis von 2,35:1 (bei Magnettonwiedergabe) und 2,55:1 (bei Lichttonwiedergabe). Die kombinierte Kopie auf Kinepositivfilm mit Kleinlochperforation hat 4-Spur-Magnettonaufzeichnung oder Einspur-Lichttonaufzeichnung; 3 Magnettonspuren dienen zur echt-stereophonen oder pseudo-stereophonen Schallaufzeichnung, die vierte dient zur Aufzeichnung von besonderen Schalleffekten. b) Das **Totalvision-Verfahren** ist ein in der DDR entwickeltes, dem CinemaScope-Verfahren entsprechendes B. c) Beim **SuperScope-Verfahren** werden die Kopien der mit einer Normalfilmkamera hergestellten Bildaufnahmen in einem anamorphotischen Vergrößerungsverfahren so verzerrt, daß ein Bildseitenverhältnis von 2:1 erreicht wird. Die anamorphotische Vergrößerung und Projektion ergibt eine schlechte Bildqualität. Es erfolgt eine kombinierte Tonwiedergabe durch Einspur-Lichttonaufzeichnung. d) **Delrama-, Naturama-** und **Superama-Verfahren** sind anamorphotische B. für Schmalfilm. Es erfolgt eine bildsynchrone Tonwiedergabe vom getrennt laufenden Magnettonband.

3) **Gemischte Verfahren.** a) Das **Vista-Vision-Verfahren** ist infolge des horizontalen Filmtransports in einer Spezial-Normalfilmkamera mit 8-Loch-Schaltung ein aufwendiges B. Das Bildseitenverhältnis variiert bei Kontaktkopien von 1,85:1 bis 1,96:1, bei Verkleinerungskopien, die um 90° gedreht sind, von 1,85:1 bis 3,0:1. Es erfolgt eine kombinierte Tonwiedergabe durch 4-Spur-Magnetton- oder Einspur-Lichttonaufzeichnung. Aufnahme, Bearbeitung und Wiedergabe erfordern besondere technische Geräte und Einrichtungen. b) Das **Technirama-Verfahren** ist eine Abart des Vista-Vision-Verfahrens. Bei Kontaktkopien erfolgt die Wiedergabe durch Spezialprojektor mit querliegendem Filmtransport bei gleichzeitiger Entzerrung der mit dem Faktor 1,5 in der Horizontalen gepreßten Aufnahmen durch einen Projektionsanamorphot. Das Bildseitenverhältnis beträgt 2,35:1, bei Verkleinerung auf Kinepositivfilm 35 mm unter gleichzeitiger Bilddrehung um 90° dagegen 2,25:1. Es erfolgt eine kombinierte Tonwiedergabe wie beim Vista-Vision-Verfahren. c) Das **TechniScope-Verfahren** ist ein B. mit 2-Loch-Schaltung ohne Anamorphot. Das Bildseitenverhältnis beträgt 2,35:1. Die anamorphotisch verzerrte, auf 4-Loch-Schaltung vergrößerte Kopie wird bei der Projektion entzerrt; es erfolgt eine kombinierte Tonwiedergabe durch 4-Spur-Magnettonaufzeichnung. d) Das **Varispect-Verfahren** ist ein 16-mm-B. ohne Anamorphot, bei dem die gesamte Filmbreite zwischen 2 Perforationslöchern für die Bildaufnahme ausgenutzt wird. Es erfolgt eine bildsynchrone Tonwiedergabe mit getrenntem Magnettonband.

4) **Breitfilmverfahren** sind B., bei denen das Bild normal oder anamorphotisch verzerrt auf Kine-Negativfilm von 55, 65 oder 70 mm Breite aufgenommen wird. a) Beim **CinemaScope-55-Verfahren** wird mit anamorphotischem Objektiv und 8-Loch-Schaltung auf 55-mm-Kine-Negativfilm aufgenommen. Die kombinierten Kopien werden auf 55-mm-Positivfilm im Verhältnis 6:8 oder auf Normalfilm verkleinert hergestellt. Das Bildseitenverhältnis beträgt 2,35:1. Die Tonwiedergabe erfolgt durch 7-Spur-Magnettonaufzeichnung, wovon 5 Spuren für echt-stereophone Wiedergabe vorgesehen sind. Die Schalleffekte der 6. Spur werden durch die 7. Spur, die Steuerspur, wahlweise mit unterschiedlicher Lautstärke auf verschiedene Effektlautsprechergruppen verteilt. Bei der kombinierten Normalfilmkopie begnügt man sich mit 4-Spur-Magnettonaufzeichnung; davon sind 3 Spuren für echt-stereophone Schallwiedergabe und eine Spur für die Abstrahlung von Schalleffekten vorgesehen. Durch die 4fache Flächenverkleinerung des Negativkorns haben die Kopien ausgezeichnete Bildschärfe. b) Das **Super-Technirama-Verfahren** ist eine Abart des Technirama-Verfahrens in Verbindung mit der 70-mm-Technik. Bei der Aufnahme auf 35-mm-Kinenegativfilm wird der Bildinhalt in der Horizontalen um den Faktor 1,5 komprimiert. In einer optischen Kopiermaschine wird die Kopie auf 70-mm-Kinefilm um den Faktor 1,5 wieder entzerrt und im Verhältnis 1,1:1 verkleinert. Das Bildseitenverhältnis beträgt 2,35:1; die Bildwiedergabe erfolgt mit einem 70-mm-Filmprojektor, die Tonwiedergabe wie bei der 70-mm-Technik. c) Die **70-mm-Technik** ist ein in der UdSSR und der DDR eingeführtes B., bei dem die Bildaufnahmen mit 5-Loch-Schaltung ohne Anamorphot auf 70-mm-Kinenegativfilm erfolgen. Es erfolgt eine kombinierte Tonwiedergabe durch 6-Spur-Magnettonaufzeichnung. Die 70-mm-Technik entspricht dem Todd-AO-Verfahren, das auf Grund der großen Abmessungen der Negativ- und Positivbilder und wegen des Fortfalls anamorphotischer Verzeichnungen eine Bildwiedergabe von höchster Schärfe und Farbsättigung ermöglicht. Die Bildwandbreite kann bei einem Bildseitenverhältnis von 2,2:1 der halben Länge des Zuschauerraums entsprechen. d) Das **Todd-AO-Verfahren** ist ein

Bildaufnahmeverfahren auf 65-mm-Kinenegativfilm, bei dem die kombinierten Kopien auf 70-mm-Positivfilm hergestellt werden. Das Bildseitenverhältnis beträgt 2,2:1, Bildschaltung und Tonwiedergabe erfolgen wie bei der 70-mm-Technik.

5) Bei den **Panorama-Verfahren** werden mindestens 3 synchron auf 16-mm- oder 35-mm-Kinenegativfilm aufgenommene Bildfolgen durch mindestens 3 entsprechende Projektoren auf eine Bildwand mit einem horizontalen Blickwinkel von mehr als 120° projiziert, die das Gesichtsfeld des Zuschauers fast völlig ausfüllt; sie rufen durch 6-, 7- oder 9-kanalige Magnettonwiedergabe einen besonders starken → Anwesenheitseffekt hervor. a) Beim **Cinerama-Verfahren** erfolgt die Bildaufnahme mit 6-Loch-Schaltung und bei einer Bildwechselfrequenz von 26 Bildern/s auf 35-mm-Kinenegativfilm mit einer aus 3 Einzelkameras kombinierten Spezialkamera; diese transportiert die 3 Kinefilme synchron und mit sehr hoher Bildstandsgenauigkeit. Die Achsen



Cineramaverfahren. *a* Projektor, *b* Lautsprecher für Effektton, *c* Laufwerk für Magnettonfilm mit Verstärker, *d* Lautsprecher für Stereophonie, *e* Bildwand

der Objektive, die einen Öffnungswinkel von je 50° haben, bilden untereinander einen Winkel von je 48°, so daß sich infolge gewollter Überschneidungen ein gesamter Aufnahmewinkel von 146° ergibt. Das Bildseitenverhältnis beträgt 3:1. Die Bildwand besteht aus etwa 1500 vertikal aufgehängten Einzelstreifen, die sich jalousieartig überdecken. Die bildsynchrone getrennte Tonwiedergabe erfolgt durch einen 7-Spur-Magnetfilm. 5 Spuren haben echt-stereophone Schallaufzeichnung, die 6. Spur ist für Aufzeichnung von Schalleffekten vorgesehen, die durch die 7. Spur pseudostereophon gesteuert werden. b) Das **Cinemiracle-Verfahren** entspricht dem Cinerama-Verfahren, die Aufnahme erfolgt jedoch mit 3 Normalfilmkameras, wobei jede Kamera über einen Umlenkspiegel einen Bildwinkel von etwa 50° erfaßt. Die Wiedergabe erfolgt ebenfalls über Umlenkspiegel durch 3 synchron laufende Normalfilmprojektoren bei getrennter Tonwiedergabe durch 7-Spur-Magnetfilm. 5 Spuren haben echt- oder pseudo-stereophone, 2 Spuren haben Effektschallaufzeichnungen. Der Effektschall wird von Lautsprechergruppen an beiden Seiten des Zuschauerraums abgestrahlt. c) Das **Circarama-Verfahren** ist ein von der Walt-Disney-Produktion entwickeltes „Super-Breitwandverfahren" auf 16-mm-Kinefilm. Die Bildaufnahme erfolgt mit 11 Schmalfilmkameras, die Bildwiedergabe mit 11 synchron laufenden Schmalfilmprojektoren. Die Bildwand ist zylinderförmig. Bei den neuesten Verfahren werden 9 Normalfilmkameras eingesetzt, von denen jede über ein Prisma einen Bildwinkel von 40° erfaßt. Die Bildsynchronität wird durch ein besonderes Steuergerät garantiert. Die Bildwiedergabe erfolgt mit 9 synchron laufenden Normalfilmprojektoren, die bildsynchrone getrennte Tonwiedergabe durch 6-Spur-Magnetfilm über 6 im Rundtheater gleichmäßig verteilte Lautsprechergruppen. d) Das **Circlorama-Verfahren** ist ein in der UdSSR entwickeltes B., bei dem die Bildaufnahme mit einer Kombination von 11 Normalfilmkameras und die Bildwiedergabe mit 11 Normalfilmprojektoren bei bildsynchroner getrennter Tonwiedergabe durch 9-Spur-Magnetfilm erfolgt. Die Schallabstrahlung wird über 51 Lautsprecher hinter der zylinderförmigen Bildwand vorgenommen. e) Das **Kinepanorama-Verfahren** ist ein in der UdSSR entwickeltes „Super-Breitwandverfahren", das dem Cinerama-Verfahren gleicht. Die Bildwechselfrequenz beträgt 25 Bilder/s, die synchrone Bildwiedergabe wird durch 3 über ein Interlocksystem gekoppelte Normalfilmprojektoren ermöglicht. Die bildsynchrone getrennte Tonwiedergabe erfolgt durch 9-Spur-Magnetfilm mit Schallabstrahlung über 80 bis 120 Lautsprecher. f) Das **Theaterama-Verfahren** ist dem Circarama-Verfahren ähnlich. Es werden jedoch zur Bildaufnahme nur 6 Normalfilmkameras und zur Bildwiedergabe 6 Normalfilmprojektoren eingesetzt. Bei beiden Gruppen werden anamorphotische Optiken verwendet.

Lit. Goldowski: Grundlagen der Breitwand-Filmverfahren (dtsch Leipzig 1959); → Filmtechnik.

Brekzie, verfestigtes, klastisches Sedimentgestein, das aus eckigen (wenig verfrachteten) Bruchstücken eines Gesteins oder Minerals besteht, die durch ein toniges, kalkiges oder kieseliges Bindemittel miteinander verkittet sind. Unterschied: → Konglomerat.

Bremsberg, in Werk- und Grubenbahnanlagen eine zur Abwärtsförderung dienende schiefe Ebene mit zwei Gleisen. Auf dem einen Gleis fährt ein beladener Förderwagen (z. B. Hunt) abwärts und zieht dabei an einem Seil einen leeren Wagen auf dem anderen Gleis hoch. Um den vollen Wagen etwas abzubremsen, wird das ablaufende Seil über einen Haspel (ortsfeste Winde) geführt.

Dient die gleiche Anlage zur Aufwärtsförderung, wobei der volle Wagen mit Hilfe des Haspels aufwärtsgezogen wird, so spricht man von einem *Haspelberg*. Das Haspelseil läuft ober- oder unterhalb der Förderwagen und nimmt diese mit. Hunte sind meist mit einer gekröpften, drehbar gelagerten Stange versehen. Diese besitzt oben eine Gabel, in die das Seil eingelegt wird.

Bremse, eine Vorrichtung zum Verzögern oder zum völligen Stillsetzen einer Bewegung oder zum Festhalten des stillgesetzten Teiles, z. B. einer Welle, eines Rades, einer Achse, und des damit verbundenen Getriebes. Beim Bremsen wird die kinetische Energie des abzubremsenden Maschinenteils durch Reibung in Wärme umgesetzt. Nach der Art, in der die Umwandlung der Bremsleistung in Wärme vor sich geht, unterscheidet man mechanische, hydraulische und elektrische B.n, nach der Art der Betätigung Handbremsen, Fußbremsen, pneumatisch (Druckluft-), hydraulisch (meist Öldruck-) und elektrisch betätigte B.n sowie selbsttätige B.n (Fliehkraft- und Lastdruckbremsen).

1) Bei den **mechanischen B.n** wird die zwischen dem Bremskörper und dem abzubremsenden Teil entstehende Reibungsenergie unmittelbar in Wärme umgewandelt und dem bewegten System entzogen, wodurch die Bewegung verzögert wird, z. B. bei der Backen-, Doppelbacken-, Scheiben-, Band- und Lamellenbremse. Bei der **Backenbremse** und der **Doppelbackenbremse** werden gegen den abzubremsenden Teil (Rad, Schwungrad, Welle oder eine damit fest verbundene Bremstrommel) ein bzw. zwei mit Bremsbelag (→ Reibstoffe) belegte Bremsbacken gedrückt; durch die entstehende Reibung wird die Bewegung verzögert (→ Kraftwagen). Es werden auch → Servobremsen mit drei Bremsbacken gebaut. Die moderne **Scheibenbremse** hat

eine ringscheibenförmige Bremsfläche (→ Kraftwagen). Bei der **Bandbremse** ist ein mit Bremsbelag gefüttertes Stahlband um die Bremstrommel gelegt und wird mittels eines Hebels dagegen gepreßt. Die Betätigung dieser mechanischen B.n kann rein mechanisch über Gestänge und Hebel durch Hand- oder Fußhebel, durch Luftdruck oder hydraulisch über Leitungen erfolgen. Bei der **Lamellenbremse** sind mit der umlaufenden (abzubremsenden) Welle, die meist als Keilwelle ausgebildet ist, mehrere Scheiben formschlüssig, aber axial verschiebbar verbunden. Sie werden zum Bremsen gegen mit dem feststehenden Gehäuse auf die gleiche Weise verbundene Scheiben gedrückt. Die B. läuft im allgemeinen in Öl und wird meist elektromagnetisch, selten mechanisch betätigt.

Bei den mit Druckluft betätigten B.n **(Druckluftbremsen)** wird in einem Kompressor erzeugte Druckluft den in der Nähe der Räder befindlichen Bremszylindern zugeführt und drückt dort mittels eines Kolbens die Bremsbacken oder -klötze gegen den Radumfang oder die Trommel; beim Nachlassen der Druckluft zieht eine Feder die Bremsbacken in die Ruhelage zurück. Bei anderen Druckluftbremsen hält umgekehrt die Druckluft die B.n gesperrt, beim Nachlassen der Druckluft drückt dann eine Feder den Bremsklotz gegen das Rad. Druckluftbremsen werden heute hauptsächlich im Fahrzeugbau verwendet, z. B. bei Eisenbahnwagen (→ Eisenbahnbremse). Bei den hydraulischen B.n **(Öldruckbremsen)** wird mit Hilfe einer Pumpe oder durch einen mechanisch betätigten Kolben auf eine ölhaltige Flüssigkeit ein Druck ausgeübt, der durch eine Leitung den Bremszylindern zugeführt wird und dort über einen Kolben die Bremsbacken gegen die Bremstrommel drückt. In der Fördertechnik werden meist selbsttätige oder fernsteuerbare elektrische → Bremslüfter oder elektrisch-hydraulische **Bremsregler** verwendet.

Ebenfalls eine mechanische B. ist die elektrisch betätigte **Schienenbremse**, ein im Untergestell von Straßenbahnwagen dicht über der Schiene federnd aufgehängter, mit einem Elektromagneten ausgerüsteter Bremsschuh. Beim Bremsen wird der Elektromagnet durch Strom magnetisiert und der Bremsschuh durch das magnetische Kraftfeld an die Schiene gepreßt, wo er als Reibungsbremse wirkt.

Zu den mechanischen B.n gehören ferner die **Luftwiderstandsbremsen**, die besonders bei hoher Relativgeschwindigkeit zwischen Fahrzeug und Luft wirksam sind. Luftwiderstandsbremsen sind z. B. Bremsfallschirme, ausfahrbare oder ausklappbare Bremsflügel oder Bremsklappen, die den Luftwiderstand des zu bremsenden Flugzeugs oder Fahrzeugs erhöhen. Sie werden vor allem bei Flugzeugen mit hoher Landegeschwindigkeit zur Verkürzung der Ausrollstrecke verwendet.

2) Bei den **hydraulischen B.n** wird die Reibungsenergie in einer Flüssigkeit (meist Wasser) in Wärme umgewandelt, z. B. bei der **Wasserwirbelbremse**. Bei dieser B. peitschen am umlaufenden Teil quirlartig angeordnete Stahlstifte oder -bleche die Wasserfüllung zwischen ebensolchen am feststehenden Gehäuse, wodurch die innere Reibung der Flüssigkeit zur Erzeugung der Bremswirkung ausgenutzt wird. Wasserwirbelbremsen werden hauptsächlich als Bremsdynamometer zur Leistungsermittlung von Kraftmaschinen (→ Bremsleistung) verwendet. Zu diesen B.n gehört auch die **Rohrbremse** am Geschütz. Sie bremst den Rohrrücklauf dadurch ab, daß ähnlich wie bei einem hydraulischen Stoßdämpfer in einem Bremszylinder zähe Flüssigkeit durch die sich selbsttätig verstellenden Düsen eines mit dem Rohr zurücklaufenden Kolbens gepreßt wird.

3) Bei den **elektrischen B.n** geschieht die Umwandlung der Bremsleistung in Wärme über die Umwandlung in elektrische und elektromagnetische Energie. Bei der → **Wirbelstrombremse** werden Wirbelströme hervorgerufen, die eine Bremskraft erzeugen. Bei der **Motor-** und **Kurzschlußbremse** wird der laufende Elektromotor zum Bremsen vom Netz abgeschaltet; er läuft als Generator weiter und wandelt somit Bewegungsenergie in elektrische Energie um. Diese wird in einem Widerstand in Wärme umgewandelt oder in das Netz zurückgeschickt (Stromrückgewinnung). Die Motorbremse wird als elektrische Fahrbremse bei der Straßenbahn sowie als Senkbremse in der Fördertechnik verwendet. Die **Gegenstrombremse** wird bei der Straßenbahn im Gefahrenfall angewendet, indem dem Motor Strom in umgekehrter Richtung zugeführt wird, wodurch er sehr rasch still steht.

Kraftfahrzeuganhänger können mit einer **Auflaufbremse** ausgestattet sein. Wird die Fahrt des ziehenden Kraftfahrzeugs durch Bremsen verringert, läuft der Anhänger auf. Dadurch wird eine beweglich gelagerte Zugöse in der Zuggabel zurückgedrückt und betätigt dabei die Bremsübertragungsgestänge zur Innenbackenbremse des Anhängers. Beim Abkuppeln fällt die Zuggabel durch ihr Gewicht herunter und zieht dadurch die B. selbsttätig an.

Bremsfeldröhre, eine Laufzeitröhre, meist in Form einer Triode, die zur Erzeugung ultrakurzer Schwingungen dient. Die B. besteht aus einer Katode, einem positiven Gitter und einer negativen Anode (*Bremselektrode*). Die von der Katode emittierten und durch das positive Gitter in Richtung zur Anode beschleunigten Elektronen werden nach Durchfliegen der Gitterdrähte von der negativen Anode abgebremst und zur Umkehr gezwungen. Das positive Gitter beschleunigt die Elektronen in Richtung zur Katode. Ein Teil dieser Elektronen fliegt durch das Gitter hindurch, wird dann aber vor der Katode erneut abgebremst. Auf diese Weise wird ein Teil der Elektronen in Schwingungen um das Gitter herum versetzt (*Barkhausen-Kurzschwingung*). Die rhythmisch bewegten Elektronen influenzieren auf den Elektroden Anode und Gitter, an die der abgestimmte Schwingkreis angeschlossen ist, gleichartige Ladungen, die den Schwingkreis zu ungedämpften Schwingungen anregen. Die B. ist der Vorläufer des Reflexklystrons (→ Triftröhre) und wird heute kaum noch benutzt.

Bremsförderer, → Panzerförderer.

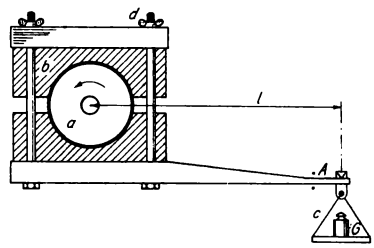
Bremsgitter, → Elektronenröhre.

Bremsklappe, → Landehilfe.

Bremskraftverstärker, → Servobremse.

Bremsleistung, die Leistung einer Kraftmaschine, die nach Abzug der Reibungsverluste u. dgl. als Nutzleistung abgegeben wird. Sie wird durch Abbremsen festgestellt mit Hilfe eines Bremsdynamometers, z. B. des **Pronyschen Zaumes** (Abb.). Dieser wird auf einer Bremsscheibe a festgeklemmt, die auf der Maschinenwelle sitzt. Die Spannschrauben d und damit die Bremsbacken b werden so angezogen, daß die Maschine gerade die verlangte Drehzahl n (U/min) hält. Die Waagschale c wird so lange mit Gewichtstücken vom Gesamtgewicht G belastet, bis der Zaum zwischen den Anschlägen A schwebt. Dann ist der Reibungswiderstand zwischen der Bremsscheibe und den Bremsbacken gleich der am Umfang der Bremsscheibe wirkenden, von der Maschine ausgeübten Kraft, deren Drehmoment M gleich dem der Waagschale ist: $M = G \cdot l$ (cm kp); l = Hebelarm. In der Gleichung $M = 71\,620\,P/n$ (cm kp) bleibt also die Leistung P (PS) des Motors die einzige Unbekannte. Macht man die Hebellänge $l = 71{,}62$ cm, so wird $P = G \cdot n/1000$ (PS). Da die Maschinenleistung dann vollständig in Wärme umgesetzt wird, ist Kühlung der Bremsscheibe

nötig. Für kleinere Leistungen unter 5 PS genügt als Bremszaum ein Riemen, der auf die rotierende Scheibe aufgelegt und zum Ausgleich der Rotationskraft an beiden Enden mit un-



Pronyscher Zaum

gleichen Gewichtstücken belastet wird. Der Gewichtsunterschied ergibt die Bremskraft.

Andere Geräte zur Bestimmung der B. sind die Wasserwirbelbremse, das Pendeldynamometer und die Wirbelstrombremse.

Bremslüfter, in der Fördertechnik ein Hub- oder Lüftgerät für kurze Wege. Er lüftet über ein Hebelgestänge die Bremsbacken von Doppelbackenbremsen beim Einschalten des Antriebs und schließt beim Ausschalten die Bremse wieder. Beim **elektromagnetischen B.** wird die Kernmasse, die durch ihre Eigenmasse die Bremsbacken anpreßt, durch einen Elektromagneten angezogen, wodurch die Bremsbacken gelüftet werden. Beim Ausschalten fällt die Kernmasse ab und preßt die Bremsbacken wieder an. Beim **elektrohydraulischen B.** drückt ein von einer Pumpe erzeugter Ölstrom einen Kolben hoch, der über Gestänge die Bremsbacken lüftet. Das Rückholen des Kolbens und das Anpressen der Bremsbacken erfolgen durch Druckfedern. Beim **hydraulischen B.** wird der Hydraulikzylinder direkt zwischen den Hebeln der Bremsbacken angeordnet. Beim **Motordrücker** wird ein Stempel über einen mechanischen Fliehkraftregler betätigt. Der Motordrücker kann wie die Hydraulikzylinder zwischen den Bremsbackenhebeln angeordnet werden.

Bremsschirm, → Fallschirm.

Bremsstrahlung, eine elektromagnetische Strahlung im Wellenlängengebiet der Röntgen- und Gammastrahlung, die beim plötzlichen Abbremsen schneller Elektronen an Masse (z. B. von Katodenstrahlen an der Antikatode einer Röntgenröhre) entsteht. Das Spektrum der B. (**Bremsspektrum**) ist kontinuierlich und hat eine scharfe kurzwellige Grenze bei der Grenzwellenlänge λ_g. Diese Grenzwellenlänge ist quantentheoretisch dadurch bestimmt, daß die kinetische Energie $\frac{m}{2} v^2$ eines Elektrons bei der Abbremsung vollständig in die Energie $\frac{hc}{\lambda_g}$ eines Strahlungsquants umgesetzt wird (m = Elektronenmasse, v = Elektronengeschwindigkeit, c = Lichtgeschwindigkeit, h = Plancksches Wirkungsquantum). Auf der genauen Messung der Grenzwellenlänge beruht eine Präzisionsmethode zur Bestimmung von h. Die Entstehung von B. ist als umgekehrter lichtelektrischer Effekt aufzufassen.

Bremssubstanz, svw. → Moderator.

Bremsweg, die Wegstrecke, die ein Fahrzeug vom Betätigen der Bremse bis zum Halten zurücklegt. Der **eigentliche B.** setzt sich zusammen aus a) dem während der Bremsenbetätigungszeit (bedingt durch Spiel oder toten Gang) zurückgelegten Weg, d. h. vom Zeitpunkt der Betätigung der Bremse bis zum Einsetzen der Bremswirkung (in dieser Zeit hat das Fahrzeug noch seine volle Geschwindigkeit), b) dem Weg, der vom Einsetzen der Bremswirkung bis zum Stillstand des Fahrzeugs zurückgelegt wird; er hängt von der Beschaffenheit des Fahrzeugs, der Wirkung der Bremse und vom Straßenzustand ab. Zu diesem eigentlichen B. kommt bei einer Bremsung noch der während der Reaktionszeit des Fahrers zurückgelegte Weg vom Erkennen der Gefahr bis zur Betätigung der Bremse. Der sich daraus ergebende **Gesamtbremsweg** beträgt z. B. bei einem Kraftwagen mit einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h, einer mittleren Bremsverzögerung von 6 m s^{-2} und einer Reaktions- und Bremsenbetätigungszeit von zusammen 1,2 s etwa 68 m.

Brennebene, → Brennpunkt.

Brenner, der Teil einer Heiz- oder Beleuchtungsvorrichtung, in dem Gas (z. B. im → Bunsenbrenner), flüssiger Brennstoff oder Kohlenstaub mit Luft vermischt und bei Austritt aus dem B. am Brennermund verbrannt wird.

Brenngase, brennbare technische Gase und Gasgemische, die entweder durch Entgasen, Vergasen, Verdampfen und Umwandlung fester und flüssiger Brennstoffe gewonnen werden, z. B. → Stadtgas, → Generatorgas, → Wassergas und → Flüssiggase, oder natürlichen Ursprungs sind (→ Erdgas). Nach der Verbrennungswärme unterscheidet man z. B. **Schwachgas,** ein aus festen Brennstoffen durch Vergasung mit Luft oder Luft-Wasserdampf-Gemisch erzeugtes Gas von niedriger Verbrennungswärme (800 bis 3500 kcal m^{-3} i. N.), und **Starkgas,** ein durch Hochtemperaturentgasung oder Verkokung von Steinkohle erzeugtes Gas mit einer Verbrennungswärme von 3500 bis 6000 kcal m^{-3} i. N.

Lit. Garms: Grundlagen der Brenngasverwendung (Leipzig 1956).

Brennöfen, Industrieöfen zum Brennen von keramischen Erzeugnissen, Kalk, Zement u. a.

1) **Keramische B.** können nach der Betriebsweise eingeteilt werden in Öfen mit periodischem und mit kontinuierlichem Betrieb. Periodisch (zeitweilig) arbeitende B. weisen zwischen den einzelnen Bränden Pausen auf; die Arbeiten am Ofen gehen stets in der Reihenfolge Einsetzen des Gutes, Anheizen, Entfernen der Restfeuchte, Brennen, Auskühlen, Aussetzen des Gutes vor sich. Zu den periodisch arbeitenden B. gehören → Muffelofen (Einzelmuffel) und → Rundofen. Die modernen kontinuierlich (ununterbrochen) arbeitenden B. sind dauernd gleichmäßig beheizt und brauchen nicht zeitweise abzukühlen. Zu ihnen gehören → Ringofen, → Tunnelofen, Zickzackofen, → Gaskammerringofen und Gasringofen sowie Zugmuffel und Fürbringermuffel (→ Muffelofen). Die älteren B., z. B. Meilerofen, Kasseler Ofen, Deutscher Ofen, sind fast vollständig verdrängt worden.

Die Beheizung der B. erfolgt mit Kohle (Rost- oder Streufeuerung), Öl, Gas (Generator-, Fern-, Wassergas) oder elektrisch. Bei kohlen-, öl- und gasgefeuerten B. unterscheidet man nach der Flammenführung solche mit aufsteigender, waagerechter oder überschlagender Flamme. Je nach dem zu brennenden Erzeugnis wird die Ware der Flamme direkt ausgesetzt oder durch Kapseln u. a. Brennhilfsmittel vor dem direkten Einwirken der Flamme geschützt.

Sämtliche B. werden mit Dehnfugen versehen, da besonders beim An- und Abfahren der Öfen das Mauerwerk Temperaturschwankungen unterworfen ist. Der Weg der Rauchgase führt aus dem Arbeitsraum über Abzugskanäle (Füchse), die sich in der Ofensohle oder im Mauerwerk befinden, und den Schornstein ins Freie.

Lit. → Keramik.

2) B. zum Brennen von → Kalk oder → Zement sind als **Schachtbrennöfen** (→ Schachtofen) ausgebildet.

Brennpunkt, 1) Optik: **Fokus,** abg. *F*, der Punkt, in dem sich parallele Lichtstrahlen nach der Brechung durch eine Sammellinse oder Reflexion an einem Hohlspiegel vereinigen, oder der Punkt, von dem ursprünglich parallele Strahlen nach Durchgang durch eine Zerstreuungslinse herzukommen scheinen. Die Entfernung des B.s vom Linsen- oder Spiegelmittelpunkt heißt **Brennweite,** abg. *f*; ihre Größe ist vom Krümmungsradius, bei der Linse außerdem von der Brechzahl des Linsenmaterials abhängig. Alle durch den B. gehenden Strahlen heißen **Brennstrahlen,** die durch den B. senkrecht zur Achse gelegte Ebene heißt **Brennebene;** → Linse.

2) Mathematik: ein ausgezeichneter Punkt bei den Kegelschnitten (Ellipse, Hyperbel, Parabel). Der B. hat, wie sein Name sagt, auch optische Bedeutung.

3) Wärmelehre: → Entzündung.

Brennschneiden, → Schneiden.

Brennspiegel, ein Hohlspiegel, in dessen Brennpunkt ein so lichtstarkes Bild der Sonne erzeugt wird, daß brennbare Gegenstände daran entzündet und Metalle geschmolzen werden können.

Brennspiritus, → Äthanol.

Brennstoffbedarf, → Gradtage.

Brennstoffe, Stoffe, bei deren Verbrennung eine dem Heizwert (H) entsprechende Wärme frei wird (Umwandlung chemisch gebundener Energie in Wärme). Die B. sind organischen Ursprungs, sie bestehen vorwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff, ferner enthalten sie Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel sowie Wasser und mineralische Beimengungen. Solche B., deren chemisch gebundene Energie unmittelbar in mechanische Arbeit umgesetzt werden kann, bezeichnet man als → Kraftstoffe.

Brennstoffart	Heizwert
feste B. (Heizwert in kcal kg^{-1})	
Anthrazit	bis 8600
Holzkohle:	
Meilerholzkohle	7000 ··· 8000
Retortenholzkohle	7000 ··· 8000
Steinkohlentypen:	
Flammkohle	< 7850
Gasflammkohle	bis 8100
Gaskohle	bis 8350
Fettkohle	bis 8450
Eßkohle	8450
Magerkohle	bis 8500
Koks	über 7000
Steinkohlenschwelkoks	etwa 7000
Braunkohlenschwelkoks	etwa 5500
Grudekoks	5000 ··· 5500
Braunkohlenbrikett s (15% Wassergehalt)	5000
Torf	2250 ··· 3900
Holz	2800 ··· 3800
Weichbraunkohle	1800 ··· 3000
Hartbraunkohle	4800 ··· 7200
flüssige B. (Heizwert in kcal kg^{-1})	
Benzin	10300
Dieselkraftstoff	9000 ··· 10600
Rohpetroleum	10000
Benzol	9650
Braunkohlenteeröl	9600
Steinkohlenteeröl	9000
Äthanol	6390
Methanol	4660
gasförmige B. (Heizwert in kcal m^{-3} i.N.)	
Stadtgas	3400 ··· 4300
Wassergas	2500 ··· 2600
Generatorgas	800 ··· 1700
Gichtgas	700 ··· 950
Erdgas, naß	5000 ··· 13000
Erdgas, trocken	4500 ··· 8000

Lit. Boie: Vom Brennstoff zum Rauchgas (Leipzig 1957); Goedicke: Technische Brennstoffverwertung (Leipzig 1960); Kothny: B., ihre Einteilung, Eigenschaften und Verwendung (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1953); Krist: Die festen B. (Leipzig 1951); Laske: Untersuchungsverfahren zur Charakterisierung fester B. (Leipzig 1961); Salinger: Brennstoffchemie — Wasserchemie — Schmierstoffe (Leipzig 1964); Scheel: Technische Betriebsstoffe (3. Aufl. Leipzig 1962); Schubert, Brendel, Winkler: Verbrennungslehre, Grundlagen der Verbrennung von der Klassifizierung der B. bis zu wärmetechnischen Berechnungen (Leipzig 1959); Flüssige B. und Wertstoffe aus Erdöl und Kohle (Leipzig 1963).

Brennstoffelement, 1) Kerntechnik: der den Kernbrennstoff (Spaltstoff) enthaltende Bauteil heterogener Reaktoren.

2) Elektrochemie: svw. → Brennstoffzelle.

Brennstoffzelle, Brennstoffelement, ein galvanisches Element, in dem kontinuierlich die chemische Energie eines Brennstoffs und eines Oxydationsmittels in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Dabei wird an einer Katode das Oxydationsmittel, meist Luftsauerstoff, reduziert und an einer Anode der Brennstoff oxydiert. Charakteristisch für B.n sind hohe Leistungen pro Masseeinheit, günstige Stromspannungscharakteristiken und Energie-Wirkungsgrade (≧50 %). Zur Zeit werden B.n vorrangig in der Raketen- und Raumfahrttechnik eingesetzt. Im Unterschied zu den anfänglichen Versuchen mit Hochtemperaturelementen auf Kohlebasis konzentriert man sich heute auf solche Typen von B.n, die bei Normal- oder mittleren Temperaturen (bis etwa 400 °C) arbeiten, und verwendet sekundäre Brennstoffe, z. B. Wasserstoff, Methan, Propan, Methanol, Glykol, Hydrazin, oder auch geeignete Metalle (Zink, Magnesium, Aluminium). Am weitesten fortgeschritten und in der Praxis am meisten erprobt ist die **Knallgaszelle,** in der alkalische Elektrolyte verwendet werden. Daneben setzt man auch saure Elektrolyte, Ionenaustauscher und für Hochtemperaturelemente ionenleitende Festelektrolyte ein. Für die Elektroden verwendet man vorwiegend poröse Metalle (Platin, Palladium, Nickel) oder elektrokatalytisch aktive Kunstkohle, deren Wirksamkeit durch Zusatz radioaktiver Strahler noch erhöht werden kann.

Die technische Realisierung der Knallgaszelle oder ähnlicher Elemente mit Gasdiffusionselektroden erfordert ein kompliziertes Regelungs- und Sicherheitssystem. Weniger Aufwand bedingen B.n, die mit flüssigen oder metallischen Brennstoffen und unter Ausnutzung des Sauerstoffs der Luft betrieben werden. Diese Typen sollen in der Zukunft für den Elektroantrieb kommunaler Fahrzeuge eingesetzt werden. Man will auf diese Weise vor allem der in Großstädten durch die Auspuffgase von Kraftfahrzeugen zunehmenden Vergiftung der Atmosphäre Einhalt gebieten.

Das Prinzip der B. wurde erstmalig 1894 von W. Ostwald wissenschaftlich erklärt.

Brennstrahlen, → Brennpunkt.

Brennweite, → Brennpunkt.

Brenzkatechin, o-Dihydroxybenzol, $C_6H_4(OH)_2$, ein zweiwertiges Phenol. B. bildet farblose Kristalle (F. 105 °C). Es ist giftig und wirkt stark reduzierend und bakterientötend. B. kommt in Schwelereiabwässern und im Braunkohlenteer vor. Verwendet wird es vorwiegend als photographischer Entwickler und in Haarfärbemitteln.

Brenztraubensäure, $CH_3—CO—COOH$, einfachste α-Ketokarbonsäure. B. ist eine farblose, stechend riechende Flüssigkeit (Kp. 60 °C bei 10 Torr). Ihre Salze und Ester heißen **Pyruvate.** B. ist Zwischenprodukt beim Kohlenhydratabbau und bei der alkoholischen Gärung. Man erhält B. durch Erhitzen von Weinsäure mit wasserabspaltenden Mitteln (*Brenzreaktion*).

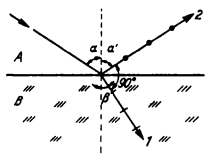
Brenzverbindungen, organische Verbindungen, die durch Brenzreaktion, d. h. trockene Destillation anderer organischer Verbindungen, entstehen, wie z. B. die → Brenztraubensäure.

Bretter, Bauholz (Schnittholz) mit einer Dicke von 16 bis 40 mm. Bei unbesäumten B.n mit einer Dicke von 16 bis 25 mm wird die Mindestbreite 80 mm, bei solchen mit einer Dicke von 30 bis 40 mm die Mindestbreite 120 mm gefordert. Besäumte B. mit rechteckigem Querschnitt müssen mindestens 80 mm breit sein. TGL 18981.

Braunnerit, → Magnesit.

Brewster, nach dem englischen Physiker Sir David Brewster benannte, nicht gesetzliche Einheit für die spannungsoptische Konstante. 1 Brewster = 10^{-6} cm²/N.

Brewstersches Gesetz, nach dem englischen Physiker Sir David Brewster benanntes Gesetz. Es besagt, daß bei Reflexion unter dem Polarisationswinkel α (**Brewsterscher Winkel,** → Polarisation) der reflektierte Strahl und der gebrochene Strahl aufeinander senkrecht stehen. Deshalb besteht zwischen α und den Brechungsindizes der beiden aneinandergrenzenden Medien n_a und n_b ($n_a < n_b$) die einfache Beziehung $\tan \alpha = \frac{n_b}{n_a}$ (Abb.). Ist $n_a = 1$ (Luft), so gilt $\tan \alpha = n_b$. Der Polarisationswinkel eines Mediums gegen Luft ist also allein durch den Brechungsindex desselben bestimmt.



Brewstersches Gesetz. *A* optisch dünneres Medium, *B* optisch dichteres Medium, *1* gebrochener Strahl, *2* reflektierter, linear polarisierter Strahl. α = Einfallswinkel (Brewsterscher Winkel), α' = Reflexionswinkel = α, β = Brechungswinkel = $90° - \alpha$

Brikettieren, ein Verfahren zur Kornvergrößerung fester Stoffe durch mechanisches Zusammenpressen von feinkörnigem Material. Das B. erfolgt zur Verbesserung der Materialeigenschaften des Feinguts, das für Weiterverarbeitung oder Verbrauch oft nur in stückigem Zustand verwertbar ist. Man unterscheidet **a) bindemittelloses B.,** das hauptsächlich beim B. von Braunkohle, aber auch zum Stückigmachen von Sägemehl, Torf, Futtermitteln und anderen Materialien angewendet wird; **b) B. mit Bindemitteln,** das vor allem bei der Steinkohle-, Erz- und Kunststoffbrikettierung angewendet wird. Als Bindemittel dienen häufig Pech und Sulfitablauge sowie verschiedene anorganische Verbindungen.

Die erzeugten **Briketts** haben im Gegensatz zu den Produkten anderer Verfahren der Kornvergrößerung (Granulate, Agglomerate) eine definierte Größe. Das *Braunkohlenbrikett* wird nach einem längeren technologischen Prozeß aus zerkleinerter und getrockneter Rohkohle bei einem Druck von 1200 bis 1600 at hergestellt. Der Heizwert der Weichbraunkohle in der DDR steigt durch das B. von 1800 bis 3000 kcal kg^{-1} auf etwa 5000 kcal kg^{-1}. Der Veredlungsvorgang des B.s hat der Weichbraunkohle im größten Umfang Einsatzmöglichkeiten in fast sämtlichen Industriezweigen erschlossen. So kann über Feinstkornbrikettierung und Verkokung sogar hüttenfähiger Koks erzeugt werden (→ Verkokung).

Brille, eine → Sehhilfe.

Brinellhärte, abg. **HB,** die Härte eines metallischen Werkstoffs, ermittelt nach dem Kugeldruckversuch des schwedischen Ingenieurs J. A. Brinell. Bei der Normalausführung wird eine gehärtete Stahlkugel von 10 mm ⌀ mit einer Prüfkraft von 3000 kp in den zu prüfenden Werkstoff eingedrückt. Das Verhältnis der Prüfkraft zur Oberfläche des Eindrucks ist die B. (TGL 8648). Durch Multiplikation der B. mit dem Faktor 0,35 läßt sich die → Zugfestigkeit geglühter oder vergüteter Stähle angenähert errechnen. An gehärteten Stählen wird meist die → Rockwellhärte oder die → Vickershärte festgestellt.

Brisanz, Sprengkraft, besonders die zertrümmernde Kraft eines explodierenden Sprengstoffs. Dagegen haben die langsamer abbrennenden Schießpulver eine mehr schiebende (treibende) Wirkung. Zum zahlenmäßigen Vergleich der B. verschiedener Sprengstoffe dient der **Brisanzwert** (nach Kast). Er stellt das Produkt aus Dichte, spezifischem (Explosions-) Druck und Detonationsgeschwindigkeit des Sprengstoffs dar.

Britanniametall, eine Zinnlegierung mit 88 bis 92 % Zinn, 8 bis 10 % Antimon und 2 % Kupfer. Sie wurde zuerst in England verwendet (daher der Name) und dient zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen, z. B. Schalen, Tellern.

Brom, Symbol **Br,** chemisches Element aus der VII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Halogene, ein Nichtmetall; Ordnungszahl 35, Massenzahlen der Isotope 79 und 81, Atomgewicht 79,909 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, auch III und V, D. 3,14 g cm^{-3}, F. −7,3 °C, Kp. 58,8 °C; 1826 von Balard im Meerwasser entdeckt. B. ist eine tiefbraune, ätzende, schwere Flüssigkeit, die bereits bei Raumtemperatur rotbraune, beißende Dämpfe entwickelt. Die wäßrige Lösung heißt **Bromwasser.** B. ist weniger reaktionsfähig als das ihm sonst im chemischen Verhalten ähnliche Chlor. In der Natur kommt B. nur in gebundenem Zustand vor, und zwar fast stets in Form von Bromiden gemeinsam mit Chloriden. In der DDR findet sich B. hauptsächlich als Bromkarnallit $KBr \cdot MgBr_2 \cdot 6H_2O$ im Karnallit, ferner kommt es als Silberbromid (Bromit, Bromargyrit) u. a. sowie im Meerwasser zu 0,015 % vor. Man erhält es aus den Endlaugen der Kaliumchloridgewinnung, in denen bereits die Bromide angereichert sind. Diese werden mittels Chlors zu B. oxydiert. B. ist Ausgangsprodukt für viele organische Bromverbindungen, die als Indikatoren, Farbstoffe, Kampfstoffe und in der Medizin als Beruhigungsmittel dienen.

Bromverbindungen. Bromsäure, $HBrO_3$, eine nur in wäßriger Lösung beständige Säure, und ihre Salze, die **Bromate,** $Me^{I}BrO_3$, sind starke Oxydationsmittel; **Bromwasserstoff,** HBr, ein farbloses, stechend riechendes Gas, seine wäßrige Lösung heißt **Bromwasserstoffsäure,** deren Salze die **Bromide** sind (Kaliumbromid → Kalium, Natriumbromid → Natrium, Silberbromid → Silber).

Bromatometrie, eine Methode der → Oxydimetrie.

Bromsilberdruck, richtiger **Silberbromiddruck,** veraltet **Kilometerphotographie,** die maschinelle Anfertigung photographischer Silberbromidkopien auf einer bis zu 1000 m langen Bahn von Silberbromidgelatinepapier, das nach der Belichtung entwickelt und fixiert wird. Der B. ist also ein rein photographisches Verfahren, das besonders bei der Herstellung von Ansichtskarten angewendet wird.

Bronchoskop, ein → Endoskop.

Bronzen, 1) Bezeichnung für alle Kupferlegierungen mit einem hohen Kupfergehalt (mehr als 60 %). Eine Ausnahme bilden die Kupfer-Zink-Legierungen, die als → Messing bezeichnet werden. Früher verstand man unter B. ausschließlich Legierungen des Kupfers mit Zinn. Je nach Zusammensetzung, Eigenschaft und Verwendungszweck unterscheidet man Knetwerkstoffe **(Knetbronzen)** und Gußwerkstoffe **(Gußbronzen).** Als Legierungselemente werden hauptsächlich Aluminium, Beryllium, Blei, Mangan, Silizium und Zinn eingesetzt. **Aluminiumbronzen** werden z. B. für Maschinen und Apparate der chemischen Industrie verwendet, **Berylliumbronzen** (aushärtbar mit Festigkeitswerten von gehärtetem Stahl) für funkensichere Werkzeuge und als Werkstoff für Uhrenfedern von „antimagnetischen" Uhren, **Bleibronzen** als Werkstoff für hochbeanspruchte Lager für Kaltwalz- und Folienwalzwerke sowie für Fahrzeuge, **Manganbronzen** (hoher elektrischer Widerstand) als Widerstandsdrähte für Präzisionswiderstände, **Siliziumbronzen** für hochbeanspruchte Teile elektrischer Schalter sowie für Oberleitungsdrähte, **Zinnbronzen** für hochbeanspruchte Arma-

turen. **Phosphorbronze,** eine Kupfer-Zinn-Legierung, wird vor allem im Armaturenbau eingesetzt. Kupferlegierungen mit 20 bis 25% Zinn dienen zum Glockenguß **(Glockenbronze).**

2) → Pigmente.

Bronzit, → Augite.

Broschieren, 1) graphische Technik: das Vereinigen von Druckbogen zu einem Heft oder Buch mit Papier- oder Kartonumschlag, also ohne Einbanddecke; es geschieht meist durch Heften oder Klebebinden. Die Befestigung im Umschlag erfolgt durch das Leimen des Rückens, bei der **Rückstichbroschur** durch Heften mit Draht oder Faden durch den Rücken. Bei der **Steifbroschur** (z. B. für Schulbücher) werden Pappdeckel angesetzt und mit dem Buch zusammen beschnitten; der Rücken wird mit einem Gewebestreifen beklebt und die Decke mit einem Papierüberzug versehen, den man vorn einschlägt. Die Steifbroschur hat keine überstehenden Deckelkanten.

2) Weberei: das Einweben von kleinen Mustern in Gewebe mit jeweils einem einzigen Schußfaden, der am Musterrand umkehrt, so daß das Muster wie eingestickt wirkt. Das B. erfolgt mittels der an der Webmaschine angebrachten **Broschierlade.** Diese enthält so viele **Broschierschützen,** wie Muster auf die Gewebebreite kommen.

Brownsche Bewegung, die von dem englischen Botaniker Robert Brown (1773–1858) entdeckte, eigentümlich zitternde, in Geschwindigkeit und in Richtung dauernd wechselnde Bewegung der in einer Flüssigkeit oder in einem Gas suspendierten mikroskopisch kleinen Teilchen (Abb.). Sie kommt dadurch zustande, daß durch die Lösungsmittelmoleküle, z. B. Wassermoleküle, durch Stöße Impulse auf das suspendierte Teilchen übertragen werden, die zu einer Verschiebung des Teilchens führen. Dadurch ist es möglich, die Bewegung von Molekülen indirekt sichtbar zu machen.

Diese Verschiebung ist nach A. Einstein gegeben durch: $\overline{x^2} = 2Dt$, wobei $\overline{x^2}$ = mittleres Verschiebungsquadrat des Teilchens, D = Diffusionskoeffizient und t = Beobachtungszeit. Auf Grund dieser Verschiebungen haben A. Einstein und M. von Smoluchowski den Diffusionskoeffizienten eines Teilchens bestimmt und damit mittels der Formel $\frac{\overline{x_1}}{2t} = D = \frac{RT}{N_L 6\pi\eta r}$ die Loschmidtsche Zahl N_L, wobei R = Gaskonstante, T = absolute Temperatur, η = dynamische Viskosität, r = Teilchenradius.

Die B. B. ist abhängig von der Größe der suspendierten Teilchen und von der Temperatur. Sie verläuft um so langsamer, je größer die Teilchen sind und je niedriger die Temperatur ist. Auch in Luft ist die B. B. zu beobachten; hierbei werden Staub- oder kolloide Rauchteilchen von den stets bewegten Luftmolekülen ungleichmäßig gestoßen. Nachteilig wirkt sich die B. B. auf die Meßgenauigkeit einiger Meßinstrumente (Galvanometer, Uhren u. a.) aus. Auch die Elektronen in einem elektrischen Widerstand vollführen eine B. B.; diese ist die Ursache für das elektronische Rauschen.

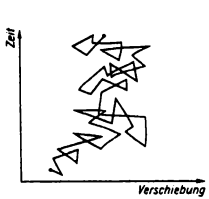
BRT, Kurzz. für Bruttoregistertonne, → Registertonne.

Bruch, 1) Mathematik: eine gebrochene Zahl, die durch Teilung eines oder mehrerer Ganzen entsteht. Ein B. ist das Verhältnis zweier ganzer Zahlen bzw. das Ergebnis der Division einer Zahl a (Zähler) durch eine Zahl b (Nenner), dargestellt in Bruchschreibweise $\frac{a}{b}$, z. B. $3:5 = \frac{3}{5}$. Ein solcher B. heißt **gemeiner B.** Der *Nenner* (Zahl unter dem Bruchstrich) gibt die Gesamtanzahl der gleichen Teile an, in die das Ganze zerlegt werden soll. Der *Zähler* (Zahl über dem Bruchstrich) gibt an, wie viele solche Teile zu nehmen sind.

Einteilung der Brüche: Ein gemeiner B. mit dem Zähler 1 heißt **Stammbruch** $\left(\text{z. B. } \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{7}\right)$; alle anderen Brüche sind das Vielfache von Stammbrüchen und heißen **abgeleitete Brüche** $\left(\text{z. B. } \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \frac{5}{7}\right)$. Ist der Zähler kleiner als der Nenner, handelt es sich um einen **echten B.** $\left(\text{z. B. } \frac{3}{5}\right)$, andernfalls um einen **unechten B.** $\left(\text{z. B. } \frac{7}{3}\right)$. Einen unechten B., dessen Zähler das Ein- oder Vielfache des Nenners ist, nennt man einen **uneigentlichen B.,** da er eigentlich Ganze darstellt $\left(\text{z. B. } \frac{5}{5} = 1; \frac{9}{3} = 3\right)$. Ein B., bei dem Zähler oder Nenner oder beide selbst wieder Brüche sind, heißt **Doppelbruch.** Ein B. wird als → **Dezimalbruch (Zehnerbruch)** bezeichnet, wenn sein Nenner eine Potenz von Zehn ist $\left(\text{z. B. } \frac{1}{10}, \frac{1}{100}\right)$. Man schreibt ihn im allgemeinen mit Komma $\left(\text{z. B. } \frac{1}{10} = 0{,}1; \frac{7}{100} = 0{,}07\right)$.

Formänderungen von Brüchen: Ein unechter B. kann in eine **gemischte Zahl** (ganze Zahl + echter B.) verwandelt werden $\left(\text{z. B. } \frac{7}{3} = 2 + \frac{1}{3} = 2\frac{1}{3}\right)$, entsprechend kann eine gemischte Zahl in einen unechten B. verwandelt (*eingerichtet*) werden $\left(\text{z. B. } 2\frac{1}{2} = \frac{4}{2} + \frac{1}{2} = \frac{5}{2}\right)$. Man kann einen B. *erweitern,* indem man Zähler und Nenner mit der gleichen Zahl multipliziert, und *kürzen,* indem man Zähler und Nenner durch die gleiche Zahl dividiert. Dabei ändert sich nur die Form des Bruches, nicht aber sein Wert. Zwei oder mehrere Brüche mit gleichen Nennern heißen **gleichnamige,** mit verschiedenen Nennern **ungleichnamige Brüche.** Ungleichnamige Brüche können durch Erweitern gleichnamig gemacht werden, indem man sie auf den gleichen Nenner (*Hauptnenner*) bringt. Der Hauptnenner ist das kleinste gemeinschaftliche Vielfache der Einzelnenner (z. B. Hauptnenner der ungleichnamigen Brüche $\frac{1}{6}$ und $\frac{3}{8}$ ist 24; durch Erweitern erhält man $\frac{1 \cdot 4}{6 \cdot 4} = \frac{4}{24}$ und $\frac{3 \cdot 3}{8 \cdot 3} = \frac{9}{24}$).

Die **Bruchrechnung** umfaßt die Regeln vom Rechnen mit gemeinen Brüchen. Gleichnamige Brüche werden *addiert* (*subtrahiert*), indem man die Zähler addiert (subtrahiert) und den Nenner beibehält. Sollen Brüche mit verschiedenen Nennern addiert oder subtrahiert werden, muß man sie erst gleichnamig machen (z. B. $\frac{2}{3} + \frac{1}{4} = \frac{8}{12} + \frac{3}{12} = \frac{11}{12}$). Brüche werden miteinander *multipliziert,* indem man das Produkt der Zähler bildet und durch das Produkt der Nenner dividiert $\left(\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d}; \text{ z. B. } \frac{3}{4} \cdot \frac{2}{5} = \frac{3 \cdot 2}{4 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 1}{2 \cdot 5} = \frac{3}{10}\right)$. Man *dividiert* durch einen B., indem man mit seinem Kehrwert multipliziert $\left(\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c} = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}; \text{ z. B. } \frac{2}{3} : \frac{4}{5} = \frac{2 \cdot 5}{3 \cdot 4} = \frac{1 \cdot 5}{3 \cdot 2} = \frac{5}{6}\right)$. Den **Kehrwert (reziproker Wert)** eines Bruches erhält man durch Vertauschen von Zähler und Nenner.



Zickzackbahn eines sehr kleinen suspendierten Teilchens infolge der Brownschen Bewegung

Eine Weiterentwicklung des Bruchrechnens ist die Lehre von den → Kettenbrüchen, die für die Zahlentheorie von Bedeutung ist.

2) Werkstoffkunde: die Trennung eines Körpers durch Überbeanspruchung. Bei metallischen Werkstoffen unterscheidet man Gleit-, Trenn- und Dauerbruch. 1) **Gleitbruch (zäher B., Verformungsbruch)** tritt nach größerer plastischer Verformung ein. Die Bruchfläche ist sehnig und liegt in der Richtung der größten auftretenden Schubspannung. 2) **Trennbruch (spröder B.)** erfolgt ohne wesentliche plastische Verformung. Die Bruchfläche ist kristallin, sie bildet mit der Richtung der größten Normalspannung einen Winkel von 90°. Bei spröden Werkstoffen treten immer Trennbrüche auf. Zähe Werkstoffe zeigen unter bestimmten Bedingungen ebenfalls ein sprödes Verhalten (→ Zähigkeit). 3) **Ermüdungsbruch (Dauerbruch)** entsteht durch schwingende Überbeanspruchung ohne vorherige plastische Verformung. Die Bruchfläche ist durch zwei Zonen gekennzeichnet, eine feinkörnige, zuweilen blankgescheuerte Fläche, in der häufig *Rastlinien* (ringförmige Gebilde) zu erkennen sind (eigentlicher Dauerbruch), und eine grobkörnige, zerklüftete Zone, die auf Gewaltbruch zurückgeht (→ Dauerschwingfestigkeit).

3) Geologie: svw. → Verwerfung.

4) Bergbau: ein Abbauraum im Braunkohlentiefbau.

Brücke (Tafel 43), ein Ingenieurbauwerk, das einen Landverkehrsweg, auch einen Kanal oder Leitungen und Bandstraßen, freitragend über Wasserläufe, Straßen, Eisenbahnen, Täler und andere künstliche und natürliche Hindernisse führt.

Der *Überbau* der B., d. h. das Haupttragwerk mit der Fahrbahn, überspannt das Hindernis und überträgt die Verkehrslasten und seine Eigenlast über den Unterbau in den Baugrund. Der den Überbau unterstützende *Unterbau* besteht aus den Fundamenten und den aufgehenden Teilen. Man unterscheidet Endunterstützungen (Widerlager, Endpfeiler, Endstützen), die sichtbar bleiben oder in den anschließenden Erdkörper eingeschüttet sind, und Zwischenunterstützungen (Pfeiler und Zwischenstützen bei B.n mit zwei oder mehr Öffnungen). Zum Unterbau gehören auch Flügelmauern (Parallel-, Böschungsflügel) zur Abstützung des Erdkörpers an den Brückenenden, die als besondere Stützmauern mit eigener Gründung ausgebildet oder mit dem Widerlager fest verbunden sind.

Nach der Anzahl der Brückenöffnungen unterscheidet man ein-, zwei- und mehrfeldrige B.n, nach der Bauform des Haupttragwerkes unter anderem Balken-, Platten-, Rahmen-, Bogen-, Bogenscheiben- und Hängebrücken. Nach der Art der Nutzung unterscheidet man Verkehrsbrücken (Fußgänger-, Straßen-, Autobahn-, Eisenbahn-, Kanalbrücken) und B.n, die der Förderung und dem Weitertransport von Massengut mittels Eimerketten, Förderbändern und Rohrleitungen dienen (Förder-, Band-, Rohrbrücken). Die Fahrbahn kann oberhalb oder unterhalb des Haupttragwerkes oder dazwischenliegend angeordnet werden.

Nach dem Baustoff des Überbaues unterscheidet man Holz-, Stahl- und Massivbrücken. 1) Bei **Holzbrücken** besteht das Haupttragwerk aus Holz, die Unterbauten sind aus Holz oder aus Mauerwerk gefertigt. Durch untergelegte → Sattelhölzer mit Kopfstreben sowie dadurch, daß zwei oder mehr Balken übereinandergelegt und durch Verschrauben, Verzahnen oder Verdübeln fest miteinander verbunden werden, kann man die Stützweiten vergrößern. Die Anordnung von → Sprengwerken und → Hängewerken ermöglicht Stützweiten bis zu 15 m. Stützweiten von 30 m und mehr kann man durch genagelte Vollwandträger erzielen, Stützweiten von 90 m und mehr durch hölzerne → Fachwerke (z. B. Brücke über die Elbe bei Wittenberg mit 45,2 m Stützweite, Baujahr 1946). Bogenbrücken, die entweder vollwandig in mehrfacher Balkenlage oder aber fachwerkartig ausgeführt sind, erreichen Stützweiten von 80 m und mehr. Holzbrücken erhielten früher zur Verlängerung der Lebensdauer oft eine Überdachung; sie werden in neuerer Zeit fast nur noch als Arbeits- und Notbrücken verwendet.

2) Bei **Stahlbrücken** werden die Überbauten aus Stahl, die Unterbauten jedoch meist aus Beton oder Stahlbeton hergestellt. Die wesentlichen Vorteile der Stahltragwerke sind das günstige Verhältnis von Eigenlast zu Nutzlast, die kurzen Montagezeiten durch weitgehende Werkstattfertigung, Transport und → Freivorbau von großen Konstruktionsteilen und die gute Anpassung an die betrieblichen und örtlichen Bedingungen der Bauwerke. Nachteilig ist der hohe Unterhaltungsaufwand durch die erforderlichen Korrosionsschutzmaßnahmen. Der Überbau von Stahlbrücken besteht aus den balken-, bogen- oder rahmenförmigen Hauptträgern, die das durch den Verkehrsweg zu überwindende Hindernis überspannen, aus der Fahrbahntragkonstruktion, ausgeführt als offener Trägerrost oder als geschlossene, durch Längs- und Querrippen versteifte Platte, die den Oberbau bei Eisenbahnen oder die Fahrbahndecke bei Straßen aufnimmt, und aus den Längs- und Querverbänden zur Aufnahme von Wind- und Bremskräften usw. Durch verbesserte Berechnungsmethoden und die moderne Stahlbautechnik, vor allem durch Anwendung der Schweißtechnik und die Verbindung mit hochfesten Schrauben hat der Stahlbrückenbau in den letzten Jahrzehnten eine Weiterentwicklung und Erweiterung seiner Anwendungsmöglichkeiten erfahren.

Stahlbrücken werden meist als **Balkenbrücken** gebaut. Man unterscheidet bei ihnen Einfeld- und durchlaufende (Mehrfeld-) Balkenbrücken. Die Hauptträger sind vollwandig oder gegliedert. a) Vollwandige Hauptträger sind als I- oder Kastenträger ausgebildet, wobei bei neueren B.n oft die Fahrbahntragkonstruktion ganz oder teilweise mit den Hauptträgern statisch zusammenwirkt. Bei Straßenbrücken sind je nach Tragsystem Stützweiten bis zu 300 m möglich, bei Eisenbahnbrücken werden die Vollwandträger meist nur für kleine und mittlere Stützweiten verwendet. Die I-Träger bestehen aus den etwa 8 bis 20 mm dicken, bis zu mehreren Metern hohen Stegblechen, die je nach Trägerhöhe durch vertikale und horizontale Aussteifungen gegen Ausbeulen gesichert werden, und den Ober- und Untergurten, die aus einer oder mehreren, bis zu 50 mm dicken Lamellen zusammengesetzt und durch Nietung (über Winkelstähle) oder Schweißung mit dem Steg verbunden sind (z. B. Eisenbahnbrücke über den Strelasund im Zuge des Rügendammes, durchlaufend über 2 · 5 Öffnungen mit je 54,0 m Stützweite, Baujahr 1936). Bei den kastenförmigen Hauptträgern bilden zwei oder mehr Stege zusammen mit den Deck- und Bodenblechen ein- oder mehrzellige Kastenträger. Das durch Längs- und Querrippen versteifte Deckblech übernimmt dabei gleichzeitig die Funktion der Fahrbahntragkonstruktion und kragt meist auf beiden Seiten über die äußeren Stege aus (z. B. Straßenbrücke über die Elbe in Magdeburg, Durchlaufträger, Gesamtlänge 258 m, Mittelöffnung 130 m, Baujahr 1965). b) Bei Hauptträgern, die als Fachwerkträger gegliedert sind, werden als Fachwerksysteme meist Parallelgurtfachwerke mit Ausfachungen durch Strebenzüge mit und ohne Pfosten oder durch Rauten gewählt. Bei älteren B.n wurden oft auch Systeme mit geschwungenen

Gurten (z. B. Parabelträger) ausgeführt. Fachwerkträger können als Einfeldträger Stützweiten bis zu 200 m und als Durchlauf- oder Gelenkträger Stützweiten bis zu 500 m erreichen (z. B. Eisenbahnbrücke über den Firth of Forth, Schottland, Gelenkträgerbrücke, Mittelfeld 521m, Baujahr 1889). Die Querschnitte der Fachwerkstäbe werden je nach Stabkraft und Anschlußlösung von einfachen Walzprofilen (z. B. ⊥, ⊐) bis zu geschlossenen, bekriechbaren Kästen gebildet. In den Knotenpunkten laufen die Gurtstäbe durch, während die Füllstäbe (Diagonalen und Pfosten) über Knotenbleche durch Niete oder hochfeste, vorgespannte Schraubverbindungen, seltener durch Schweißung an die Gurte angeschlossen sind. Im Straßenbrückenbau wurden in neuerer Zeit seilverspannte Fachwerk- und Vollwandbalkenbrücken ausgeführt, die trotz ihrer optischen Ähnlichkeit mit den Hängebrücken in statischer Hinsicht zu den Balkenbrücken gehören. Bei **Verbundbrücken** wird durch den Einbau schubfester Verbindungen zwischen der Fahrbahnplatte aus Stahlbeton oder Spannbeton und stählernen Vollwand- oder Fachwerkträgern ein Zusammenwirken als gemeinsames Tragsystem erzielt. Für die Stahlträger gelten die gleichen Gesichtspunkte wie bei den vorgenannten Balkentragwerken, jedoch muß den verschiedenen Stadien des Verbundes und den damit zusammenhängenden Kräfteumlagerungen durch besondere Maßnahmen Rechnung getragen werden. Verbundbrücken werden seit etwa 1945 vor allem als Straßenbrücken mittlerer Stützweiten gebaut (z. B. Autobahnbrücke über die Wupper bei Wuppertal, Durchlaufträger über 7 Felder, Gesamtlänge 417 m, größte Stützweite 72,80 m, Baujahr 1959).

Das Haupttragwerk von **Bogenbrücken** besteht aus einem oder mehreren Tragbogen, die an ihren Fußpunkten schräg nach außen gerichtete Kräfte in die Widerlager einleiten. Die Fahrbahn wird je nach Höhenlage zum Bogen aufgeständert über den Bogen geführt oder an diesen mit Zugstangen oder Seilen angehängt. Die Tragbogen werden vollwandig oder fachwerkartig ausgebildet. Als statisches System kommen Zweigelenk-, Dreigelenk- oder eingespannte Bogen zur Ausführung, wobei für Stahlbrücken der erstere die meiste Anwendung findet. Wenn die horizontalen Kräfte in den Auflagerpunkten vermindert werden sollen, werden die Zweigelenkbogen mit einem Zugband versehen. Mit Bogentragwerken werden Stützweiten bis zu 500 m erzielt (z. B. Sidney-Hafenbrücke, Australien, Stützweite 503 m, Baujahr 1930).

Eine Zwischenstellung zwischen Balken- und Bogentragwerken nimmt der versteifte Stabbogen ein. Bei ihm wird ein parallelgurtiger Vollwand- oder Fachwerkträger von einem bogenförmigen Druckband überspannt und durch Zugstangen mit diesem verbunden (z. B. Eisenbahnbrücke über die Elbe bei Riesa, Stromöffnung 100 m, Baujahr 1966).

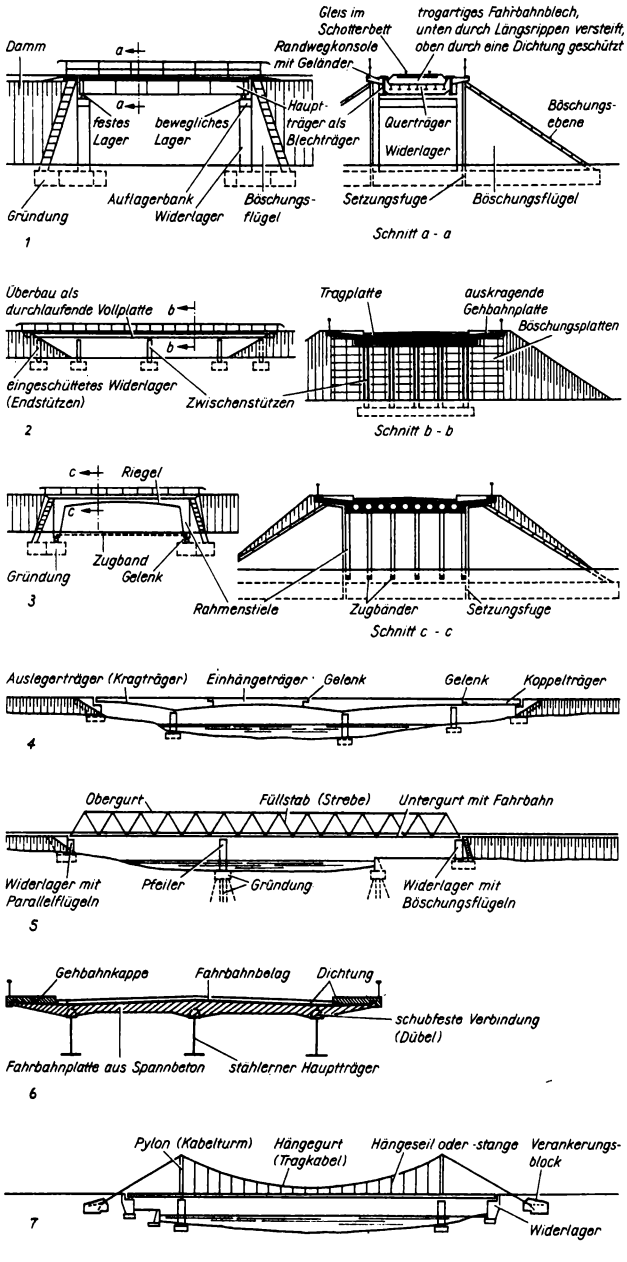
Die größten Spannweiten lassen sich durch **Hängebrücken** erreichen (bis 1500 m). Ihre Tragkonstruktion besteht aus dem Tragband oder Hängegurt, dem Versteifungsträger, den *Pylonen* (Kabeltürme), den Hängestangen oder Hängeseilen und den Verankerungen des Tragbandes. Das Tragband wird als Seilkabel, Paralleldrahtkabel oder Gelenkkette ausgebildet und überspannt, von den Verankerungen über hohe Pylone geführt, die große Mittelöffnung stützenfrei. Der Versteifungsträger ist ein sehr schlanker, meist parallelgurtiger Vollwandträger, der die Verkehrslasten von der Fahrbahn aufnimmt und über die Hängestangen oder Hängeseile auf das Tragband überträgt und mit den horizontalen Verbänden die Windstabilität sichert. Die Tragbänder leiten sehr große Zugkräfte in die Verankerungen ein, die entweder durch besondere Fundamentblöcke auf den Baugrund übertragen oder durch den Versteifungsträger als durchgehende Druckkraft aufgenommen werden. Im ersten Falle spricht man von echten oder verankerten Hängebrücken, im zweiten Falle von Hängebrücken mit aufgehobenem Horizontalschub. Die größte Hängebrücke ist die Verrazano-Narrow-Brücke in New York mit einer Gesamtlänge von 2038 m, einer Stützweite von 1298 m im Mittelfeld und einer Pylonenhöhe von 211 m (Baujahr 1964).

3) **Massivbrücken** sind B.n aus Stein, unbewehrtem Beton, Stahlbeton oder Spannbeton.
a) **Steinbrücken** werden wegen der geringen Zugfestigkeit des Mauerwerkes (Natursteine oder Ziegelsteine) gewölbt ausgeführt. Das Gewölbe reicht über die Breite der Fahrbahn. An den seitlichen Stirnseiten des Gewölbes werden Stirnmauern hochgeführt und der Zwischenraum mit Magerbeton (früher auch mit Sand) ausgefüllt, oder es werden zur Masseverringerung quer bzw. parallel zur Brückenachse Sparöffnungen angeordnet. Bei hohen B.n wurden früher zwei oder drei Gewölbestockwerke übereinander gebaut (z. B. Göltzschtalbrücke im Vogtland, Baujahr 1851). Zu den ältesten Steinbrücken Europas gehören die Mainbrücke in Würzburg (Baujahr 1133) und der Pont du Gard bei Nimes (Südfrankreich, 19 v. d. Z.). Die größte Spannweite besitzt die Syratalbrücke in Plauen (90 m, Baujahr 1905).

b) Bei den **B.n aus unbewehrtem Beton** hat der Überbau wegen der geringen Zugfestigkeit des Betons ebenfalls Gewölbeform. Wegen der Rißgefahr sind die Öffnungsweiten nur gering. Ein Beispiel für ein größeres Bauwerk dieser Art ist der Eisenbahnviadukt bei Lichte in Thüringen (Gewölbereihe auf hohen Pfeilern, größte Öffnungsweite 22 m, Gesamtlänge etwa 250 m, Höhe über Talsohle 30 m, Baujahr 1913). Fundamente, auch Pfeiler und Widerlager von B.n aller Bauweisen werden meist aus unbewehrtem Beton hergestellt, wenn keine wesentlichen Zugspannungen auftreten. Gegen Abrieb durch Eisgang oder aus architektonischen Gründen werden sie oft mit Natur- oder Kunststein verkleidet.

c) **Stahlbetonbrücken** haben die Stein- und Betonbrücken weitgehend verdrängt, weil durch die Stahleinlagen Zugkräfte aufgenommen werden können, woraus sich wirtschaftliche Vorteile ergeben (hohe Biegefestigkeit, geringere Rißempfindlichkeit; kleinere Querschnitte, schlankere Bauglieder, größere Stützweiten). Sie können monolithisch mittels Schalung hergestellt werden (Ortbetonbauweise) oder durch Montage von Stahlbetonfertigteilen (Montage- oder Fertigteilbauweise). **Bogenbrücken** aus Stahlbeton werden als eingespanntes Gewölbe oder als Zwei- oder Dreigelenkbogen ausgeführt. Der Bogen ist über oder unter der Fahrbahn angeordnet, die Fahrbahn aufgehängt oder aufgeständert. Die Fahrbahntafel kann in das statische System einbezogen werden. Im Bogentragwerk treten durch Verkehrslasten geringe Biegemomente auf. Die Bögen können als Voll- oder Hohlgewölbe bzw. in Form von Bogenrippen (Zwillingsrippen) ausgebildet werden. Eine der größten Stahlbetonbogenbrücken ist die über den Paraná in Südamerika (Stützweite 290 m, Baujahr 1965). Bei **Bogenscheibenbrücken** besteht das Haupttragwerk aus zwei oder mehr wandartigen Scheiben, deren Unterseiten bogenförmig gekrümmt sind, so daß äußerlich das Bild einer Bogenbrücke entsteht, z. B. die Saubachtalbrücke Wilsdruff bei Dresden (Zweigelenkbogenscheiben über 5 Öffnungen, Gesamtlänge 300 m, Baujahr 1954). Bei **Balkenbrücken** und **Rahmenbrücken** aus Stahlbeton wirken die Hauptträger mit der Fahrbahnplatte zusammen als Platten-

balken. Es treten große Biegemomente auf, daher sind bei ausschließlich schlaffer Bewehrung nur kleinere Stützweiten wirtschaftlich. Die Überbauten der Balkenbrücken bestehen meist aus Längs- und Querträgern, die einen Trägerrost bilden, und der Fahrbahnplatte, die monolithisch mit diesem verbunden ist. Ein Beispiel ist die Saalebrücke bei Bernburg (größte Öffnungsweite 61,8 m, Baujahr 1934). Rahmenbrücken unterscheiden sich von Balkenbrücken dadurch, daß die Balken (Rahmenriegel) mit den Stützen (Rahmenstiele) biegesteif verbunden sind. Zur Verringerung des Schalungs- und Bewehrungsaufwandes werden heute bei kleineren Stützweiten vorwiegend **Plattenbrücken** (auch mit Rahmentragwirkung) gebaut, deren Überbau als Vollplatte oder zur Masseeinsparung als Hohlplatte ausgebildet ist. Balken- und Plattenüberbauten können bei Mehrfeldbrücken als → Gerberträger oder als Durchlaufträger ausgebildet werden. Fertigteilüberbauten bestehen z. B. aus mehreren nebeneinander verlegten Balken mit Π-, I- oder □-förmigem Querschnitt, die so miteinander verbunden werden, daß sie zusammen als Platte oder Trägerrost wirken. Auch Unterbauten werden häufig aus Fertigteilen errichtet.



Brückenkonstruktionen: *1* Einfeldrige stählerne Balkenbrücke (Eisenbahnbrücke). *2* Vierfeldrige massive Plattenbrücke (Straßenbrücke). *3* Rahmenbrücke (Zweigelenkrahmen mit Zugband; Rahmenriegel als Hohlplatte). *4* Mehrfeldrige Balkenbrücke (Hauptträger als Gelenkträger mit geschwungenem Untergurt). *5* Fachwerkbalkenbrücke (parallelgurtiges Strebenfachwerk, durchlaufend über zwei Felder). *6* Überbau einer Stahlverbundbrücke (Querschnitt). *7* Erdverankerte (echte) Hängebrücke

Stahlbetonbrücken werden heute weitgehend als vorgespannte Konstruktionen (**Spannbetonbrücken,** → Spannbeton) ausgeführt, hauptsächlich als Platten- und Balkenbrücken mit Stützweiten ab 10 m und als Rahmenbrücken. Mit massesparenden Hohlplatten- und Kastenquerschnitten sind vor allem größere Stützweiten und Schlankheiten erzielbar, die früher nur dem Stahlbrückenbau vorbehalten waren. Die Vorteile der Vorspannung können auch im → Freivorbau und für B.n aus Stahlbetonfertigteilen genutzt werden. Die derzeit weitestgespannte Spannbetonbalkenbrücke ist die Rheinbrücke Bendorf (größte Stützweite 208 m, Freivorbau, Baujahr 1965). Neuerdings werden auch Hänge- und Schrägseilbrücken mit Versteifungsträgern aus Stahlbeton gebaut, die durch Verankerung der Hänge- und Schrägseile eine hohe Druckvorspannung erhalten.

Die beschriebenen B.n sind **feste B.n.** Ihnen stehen die **beweglichen B.n** gegenüber. Diese werden dort gebaut, wo feste B.n wegen hoher erforderlicher Durchfahrtsöffnungen für den darunterliegenden Verkehrsweg und den damit verbundenen großen Anrampungen an den Brückenauffahrten ausscheiden, z. B. bei Hafeneinfahrten oder Kanälen im Flachland. Bewegliche B.n haben den Vorteil geringer Baukosten, nachteilig sind der größere Betriebs- und Unterhaltungsaufwand und die zeitweise Unterbrechung des Verkehrs auf den beiden sich kreuzenden Verkehrswegen, so daß bewegliche B.n nur bei relativ geringem Verkehrsaufkommen angebracht sind. Der Überbau beweglicher B.n wird wegen der erforderlichen Antriebsaggregate meist aus Stahl, in neuerer Zeit auch aus Aluminium hergestellt. Die wichtigsten Systeme beweglicher B.n sind Klapp-, Dreh- und Hubbrücken. Bei **Klappbrücken** (ein- und zweiteilig) erfolgt die Bewegung des Überbaues um eine feste waagerechte Achse; die Gegenlast wird dabei zur Verminderung der Antriebsleistung entweder parallelogrammartig geführt oder starr an der Klappe befestigt. Die Bewegung der **Drehbrücken** (gleich- und ungleicharmig) wird um eine senkrechte Achse (Königsstuhl oder Rollenkranz) in der Nähe des Schwerpunktes ausgeführt. Bei **Hubbrücken** wird der Überbau zwischen zwei Hubportalen über Seile, Zahnstangen oder Spindeln (mit Lastausgleich durch Gegenlasten) beidseitig angehoben (bis 60 m Hubhöhe ausgeführt).

Allgemeines. Die Breite der *Fahrbahn* sowie der Geh- und Radbahnen und deren Ausbildung richten sich nach der Zweckbestimmung der B. Die Wahl des Belages wird von der Art des Verkehrs (Straßen- oder Eisenbahnbrücke), vom Gefälle und von der Ausführungsart der Fahrbahntafel (Stahl- oder Betonkonstruktion) beeinflußt. Als Fahrbahnbelag dienen Holzbohlen,

Pflaster aus Natur- oder Kunststeinen auf Beton, Holzklotzpflaster, Stahlbeton mit Verschleißschicht, Asphalt.

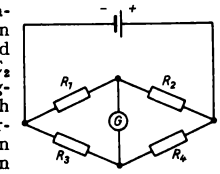
Eine der wichtigsten Aufgaben beim Brückenbau ist die schnelle *Ableitung des Oberflächenwassers* von der Brückennutzfläche. Offene Fahrbahnen (z. B. bei stählernen Eisenbahnbrücken) müssen so durchgebildet werden, daß keine Wassersäcke entstehen und die einzelnen Teile durch natürliche Belüftung schnell wieder trocknen können. Geschlossene Fahr- und Gehbahnen werden im allgemeinen längs und quer geneigt und bei längeren B.n durch Regeneinläufe durchbrochen, von denen aus das Wasser durch ein System von Rohren und/oder Rinnen in durchlässige Erdschichten, in Wasserläufe oder Gräben oder in das Kanalisationsnetz geführt wird. Um das durch die Fahrbahndecke oder das Schotterbett sickernde Wasser von den tragenden Teilen der B. fernzuhalten, muß die Fahrbahntafel im allgemeinen zusätzlich abgedichtet werden. Die *Dichtung* wird unter der Fahrbahndecke oder dem Schotterbett angeordnet. Verwendet werden bituminöse Bahnen mit Einlagen aus Pappe, Jute oder Aluminiumfolie, Metallbänder (Kupfer, Aluminium) oder getränkte Pappen oder Jutegewebe, die mehrlagig bituminös aufgeklebt werden, ferner Asphaltmastix- und Plastdichtungen. Die Dichtungen müssen gegen mechanische Zerstörungen durch eine besondere Schutzschicht geschützt werden. Bewegungsfugen an den Brückenenden, zwischen Einzelüberbauten und im Bereich von Gelenken erfordern eine Dichtungsverstärkung oder dehnbare Einbauten (Fugenbänder, Dichtungswellen, Gummi-Metall-Elemente), die den Wasserdurchtritt verhindern. Bei größeren Bewegungen werden auch offene, stählerne Fahrbahn-Übergangskonstruktionen vorgesehen (Schleppbleche, Fingerauszüge, Lamellen usw.).

Die B.n müssen seitlich durch ein *Geländer* oder durch massive *Brüstungen* begrenzt werden. Die Brüstungshöhe beträgt etwa 90 cm über der Gehbahn. Die Ausbildung und Befestigung erfolgt so, daß eine waagerechte Kraft von 80 kp/m aufgenommen werden kann.

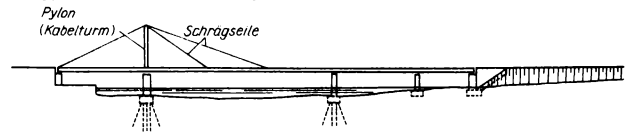
Lit. Bürgermeister: Ingenieurtaschenb. Bauwesen, Bd II Konstruktiver Ingenieurbau (Leipzig 1967); Koch: Brückenbau (Düsseldorf 1961); Melan: Der Brükkenbau, 3 Bde (Wien 1948); Mörsch: Brücken aus Stahlbeton und Spannbeton (Stuttgart 1958); Straub: Die Geschichte der Bauingenieurkunst (Basel 1949); Unger: Massivbrücken Tl 1 (Leipzig 1956).

Brückenschaltung, Meßbrücke, eine Schaltung zur Messung unbekannter Widerstände, Kapazitäten und Induktivitäten durch Vergleich mit bekannten. Grundlage der B. sind die Nullmethode und die Kirchhoffschen Verzweigungsregeln. Die bekannteste B. ist die **Wheatstonesche Brücke** (Abb.). Um einen unbekannten Widerstand R_1 zu messen, schaltet man ihn mit 3 bekannten Widerständen R_2, R_3, R_4 zu einem Viereck zusammen, schließt an zwei gegenüberliegenden Ecken eine Batterie an und verbindet die anderen beiden Ecken (Brückendiagonale) über ein Galvanometer G. In den Zweigen R_1 bis R_4 fließen die Ströme I_1 bis I_4. Verändert man die Widerstände so, daß kein Strom über das Galvanometer fließt, dann gilt nach den Kirchhoffschen Verzweigungsregeln $R_1:R_2 = R_3:R_4$. Der Brückenabgleich ist damit vollzogen, und der gesuchte Widerstand R_1 läßt sich leicht berechnen. An Stelle der Widerstände R_3 und R_4 wird häufig ein homogener *Meßdraht* (Schleifdraht) benutzt, der durch einen verschiebbaren Kontakt in die Strecken l_3 und l_4 unterteilt werden kann. Es gilt dann $R_1:R_2 = l_3:l_4$, d. h. man braucht nur R_2 und das Verhältnis $l_3:l_4$ zu kennen. Für die Bestimmung sehr kleiner Widerstände benutzt man besser die **Thomson-Brücke,** bei der die Widerstände der Eckverbindungen nicht mit gemessen werden.

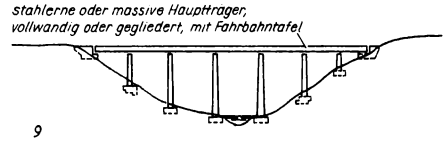
Zur Messung von flüssigen Widerständen, von Kapazitäten C und Induktivitäten L werden die Gleichspannungsquelle durch eine Wechselspannungsquelle (Summer), das Galvanometer G durch ein Telephon T oder ein Vibrationsgalvanometer als Stromanzeiger ersetzt. Es gelten dann folgende Beziehungen: $L_1:L_2 = R_3:R_4$ und $C_1:C_2 = R_4:R_3$ bzw. $L_1:L_2 = l_3:l_4$ und $C_1:C_2 = l_3:l_4$. Die B. ermöglicht eine hohe Meßgenauigkeit, da wegen der Stromlosigkeit beim Abgleich ein hochempfindliches Anzeigeinstrument verwendet werden kann und die Einstellung von Schwankungen der äußeren Spannungsquellen nicht beeinflußt wird. Die B. wird auch als Schaltelement in Meßgeräten verwendet, wie in elektrischen Gasprüfern, Temperaturmeßgeräten, Feuchtemeßgeräten und elektrischen Reglern. Von den zahlreichen Spezial-Brückenschaltungen seien genannt die Maxwell-, Wagnersche, Anderson- und die in der Hochfrequenztechnik benutzte Doppel-T-Brückenschaltung. Nachteilig ist bei



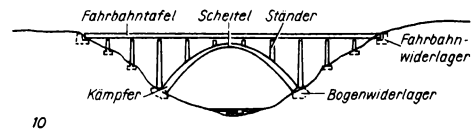
Wheatstonesche Brücke zur Messung von Widerständen



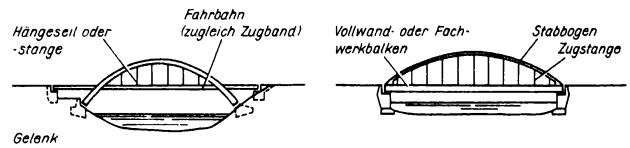
8



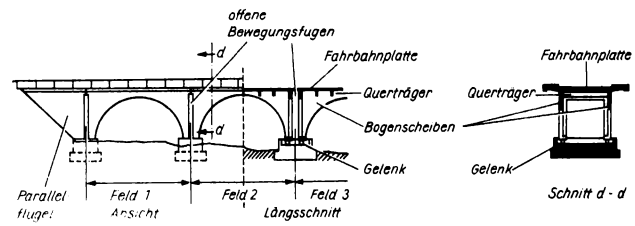
9



10



11



12

Brückenkonstruktionen: *8* und *9* **Balkenbrücken:** *8* **Seilverspannte Balkenbrücke (Schrägseilbrücke),** *9* **Balkenbrücke mit parallelgurtigen,** durchlaufenden Hauptträgern auf hohen Pfeilern. *10* und *11* (linke Abb.) **Bogenbrücken:** *10* Bogenbrücke mit aufgeständerter Fahrbahn (an den Kämpfern eingespannter Bogen), *11* links Zweigelenk-Bogenbrücke mit angehängter Fahrbahn. *11* rechts Stabbogenbrücke (Langerscher Balken). *12* Zweigelenk-Bogenscheibenbrücke (jedes Feld wird durch ein gelenkig gelagertes Bogenscheibentragwerk aus Stahlbeton überspannt)

den mit B. arbeitenden Meßgeräten, daß der Abgleich (der Meßvorgang) oft beträchtlichen Arbeits- und Zeitaufwand erfordert. Das wird bei den *selbstabgleichenden B.en* vermieden, die durch zusätzliche elektrische und mechanische Teile selbsttätig abgeglichen werden.

Brüden *m*, der in Verdampferapparaturen durch Verdampfen von Feuchtigkeit entstehende heiße Abdampf (Brüdendampf). B. fallen unter anderem in Brikettfabriken beim Trocknen von Rohbraunkohle und in Zuckerfabriken beim Eindicken von Zuckerlösungen an. **Brüdenverwertung:** Die aus einem Verdampfer absiedenden B. können zur Beheizung eines zweiten Verdampfers ausgenutzt werden, dessen Arbeitstemperatur und -druck entsprechend niedriger liegen, so daß die B. in einem Heizrohr ihre Kondensationswärme abgeben können. Dabei sinkt in einer *n*-stufigen Verdampferanlage der Gesamtwärmeverbrauch des Verdampfungsprozesses etwa auf den *n*-ten Teil. B. können auch zu Heizungszwecken (Vakuumheizung) verwendet werden.

Lit. → Abwärme.

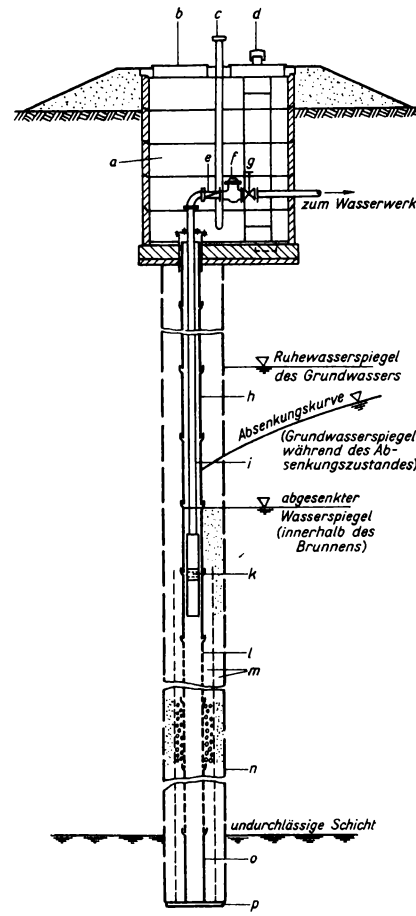
Brünieren, Schwarzoxydieren, ein Oberflächenbehandlungsverfahren zum Überziehen von Stahlgegenständen mit einer dünnen schwarzen, bläulichen oder bräunlichen Oxidschicht. Das B. erfolgt aus dekorativen Gründen oder zur Erzielung eines gewissen Korrosionsschutzes. Es wird meist durch Eintauchen der Gegenstände in siedende, wäßrige, hochkonzentrierte Lösungen von Natriumhydroxid, Natriumnitrat und verschiedenen Zusatzstoffen vorgenommen, seltener durch Abbrennen aufgebrachter Fette und Öle.

Brunnen, eine Anlage zur Fassung von Grundwasser für die Wasserversorgung oder zur Grundwasserabsenkung bei Gründungsarbeiten.

Der **Rohrbrunnen (Bohrbrunnen)**, die häufigste Form einer Grundwasserfassung, wird unter Anwendung der Methoden der Tiefbohrtechnik abgeteuft (Abb.). Zum Schutze des Bohrloches werden bei nicht standfestem Boden *Bohrrohre* eingesetzt, die nach Ausbau der Bohrung, bestehend aus Bodenplatte, Sumpfrohr, Filterrohr mit Gewebe oder Kiesschüttung und Aufsatzrohr, wieder gezogen werden. Als *Brunnenfilter* dienen Rohre aus Stahl, Steinzeug, Holz oder Kunststoff mit länglichen Schlitzen, die zum Zurückhalten von Sand mit Gewebe aus Kupfer, Bronze, Messing oder PVC umspannt **(Gewebefilterbrunnen)** oder mit Kiesschüttungen umgeben werden **(Kiesfilterbrunnen)**. Wegen der Nachteile des Gewebefilters (geringe Lebensdauer, höhere Verkrustungs- und Verstopfungsgefahr) werden heute Kiesfilter in der Regel als Kiesschüttungsfilter mit ein bis drei Filterschichten in abgestufter Körnung verwendet. Neuerdings kommen auch Einkornfilter, Filterrohre mit Kiesbelag (Hagusta-Filter) sowie für die Grundwasserabsenkung Kies- und Splittbetonfilter zum Einsatz, bei denen dann Kiesschüttungen entfallen. Der **filterlose Rohrbrunnen** ist nur dort anwendbar, wo die Grundwasserschicht aus standfestem Gestein besteht. Der Rohrbrunnen schließt mit einem Vorschacht (Brunnenkopf) aus Betonringen ab, in dem Meß- und Kontrollinstrumente, Rohrleitungen, Armaturen und gegebenenfalls auch die Pumpe untergebracht sind. In Abhängigkeit von den geohydrologischen Verhältnissen und den geforderten Wassermengen können Rohrbrunnen als Einzelbrunnen oder in größerer Zahl als Brunnenreihe angelegt werden.

Ein **Horizontalfilterbrunnen** ist ein abgesenkter Sammelbrunnen aus Stahlbeton, von dem aus beim Ranney-Verfahren mit hydraulischen Pressen strahlenförmig Filterrohre horizontal vorgetrieben werden. Dem einzupressenden Rohr wird ein mit Schlitzen versehener Spülkopf (Pilot) aufgesetzt, der über ein verschließbares Entsandungsrohr eine Entsandung des Bodenmaterials ermöglicht. Solche Brunnen eignen sich zur Gewinnung großer Grundwassermengen (20 000 bis 50 000 m³ je Tag).

Der **Schachtbrunnen** ist ein abgesenkter oder aber von der Sohle hochgezogener Schacht aus Mauerwerk, Stahlbeton oder Betonringen mit wasserdurchlässiger Sohle oder Wandung; seine Anwendung ist heute auf die Einzelwasserversorgung und auf einige Sonderfälle beschränkt. Der



Rohrbrunnen mit Unterwassermotorpumpenbetrieb. *a* Brunnenschacht, *b* Montageöffnung, *c* Belüftungsrohr, *d* Einsteigöffnung mit Entlüftung, *e* Rückschlagklappe, *f* Wasserzähler, *g* Schieber, *h* Aufsatzrohr, *i* Druckleitung, *k* Unterwassermotorpumpe, *l* Filterrohr, *m* zweistufiges Filter, *n* Bohrrohr, gezogen, *o* Sumpfrohr, *p* Filterboden

Rammbrunnen besteht aus einem mit Gewebe umspannten und mit einer stabilen Rammspitze versehenen Stahlfilterrohr von etwa 50 mm Durchmesser, das in den Grundwasserleiter eingerammt wird; Rammbrunnen dienen der Einzelwasserversorgung. Ein **Springbrunnen** ist eine Anlage, bei der das Wasser von unten her durch natürlichen Druck oder eine Pumpe emporgetrieben wird und in Form eines hohen Strahles aus einer Düse austritt.

Die Förderung (Hebung) des durch B. gefaßten Wassers erfolgt bei modernen B. durch Maschinenkraft mit Kreisel- oder Kolbenpumpen (bei Schacht-, Rohr- und Sammelbrunnen). An Kreiselpumpen werden außer der Normalaus-

führung mit horizontaler Welle Unterwassermotorpumpen verwendet, die direkt in den Brunnen gehängt werden, oder Tiefbrunnenkreiselpumpen, bei denen die Pumpe im B. und der Motor im Brunnenschacht angeordnet sind. Bei Brunnenreihen kann das Wasser durch eine Heberleitung in einen Sammelbrunnen gefördert werden, wenn der abgesenkte Wasserspiegel nicht tiefer als 9 m unter Gelände liegt. Pumpen und Saugleitungen dürfen bei Rohrbrunnen nicht im Bereich des Filterrohres eingebaut werden.

Bruttoregistertonne, → Registertonne.

Bruzin, → Strychnin.

BSB, Abk. für biochemischer Sauerstoffbedarf, → Abwasser.

BTÄ, Abk. für Bleitetraäthyl, → Antiklopfmittel.

Buchbinden (Tafel 34), das Verbinden der einzelnen Druckbogen zum Buch und die Herstellung seines Einbandes. Zuerst werden beim B. die Bogen gefaltet (gefalzt) sowie etwaige Einzelblätter, Karten, der Vorsatz u. a. angeklebt und dann diese vorgerichteten Bogen lose zusammengelegt (*Zusammentragen*) sowie auf richtige Reihenfolge geprüft (*Kollationieren*). Es folgen das Einpressen und das heute fast immer maschinell vorgenommene → Heften des Buchblocks mit Faden oder Draht ohne oder auf Gaze. Dann wird der Rücken geleimt, der Block an den drei Seiten beschnitten (→ Schnitt) sowie der Rücken gerundet und dann abgepreßt, um seine Kanten entsprechend der Dicke des Einbanddeckels hochzudrücken. Der Buchrücken wird oftmals mit einem Zierband (Kapitalband) versehen, das am oberen und unteren Rand eine farbige Schnur aufweist. Der fertige Buchblock wird dann mit dem getrennt angefertigten Einband verbunden (*Einhängen*). Zu fast allen Teilarbeiten werden Maschinen verwendet, und vielfach ist man bereits zur Fließarbeit und Bandfertigung übergegangen. Eine einfache Art des B.s ist das → Broschieren. Wesentlich verbessert wurde in den letzten Jahren das **Klebebindeverfahren** (Lumbeck-Verfahren). Hierbei wird das Heften dadurch ersetzt, daß man einen filmbildenden Plastklebstoff auf den beschnittenen und aufgerauhten Rücken des zusammengetragenen Buchblocks aufträgt, wodurch ein durchaus befriedigender Zusammenhang der Einzelbogen erreicht wird. Bei einer anderen Methode werden die Bogen während des Falzens im Falz perforiert, so daß der Klebstoff bis an den Innenrand der Bogen durchzudringen vermag.

Eine besondere Bindetechnik ist das → Fadensiegeln.

Lit. Bogeng: Der Bucheinband (3. Aufl. Halle 1951); Bohse, Eckardt u. Weyl: Die industrielle Buchbinderei (Leipzig 1955); Fröde: Die Handbuchbinderei (Leipzig 1953); Rhein: Das Buchbinderbuch (Halle 1954); Ztschr. Buchbinderei und Papierverarbeitung (Leipzig).

Buchdruck, die älteste, verbreitetste und gebräuchlichste Form des Hochdrucks (→ Druckverfahren). Hierbei wird eine aus beweglichen Lettern oder Schriftzeilen hergestellte und in einen Rahmen geschlossene Druckform mechanisch in einer Druckmaschine eingefärbt und auf Papier, Karton u. a. abgedruckt. Für den Druck von Abbildungen im B. ist die Anfertigung von → Druckstöcken notwendig. Der Druck der Auflage wird bei kleineren Formaten auf der Tiegeldruckmaschine durchgeführt, größere Formate (Werkdruck) werden auf → Zylinderdruckmaschinen oder auf Rollenrotations-Druckmaschinen gedruckt.

Lit. → Druckverfahren.

Buchherstellung, umfaßt im gebräuchlichen → Buchdruck folgende Arbeitsgänge: Vom redigierten Manuskript wird durch → Setzen der Schriftsatz und von diesem ein Abzug, die Fahne, hergestellt. Sind die Fahnen korrigiert, so wird der Umbruch vorgenommen, d. h., der Schriftsatz wird seitenweise unterteilt, und bei illustrierten Büchern werden die → Druckstöcke der Abbildungen eingebaut. Die Druckstöcke werden mit Hilfe der → Reproduktionsphotographie und durch → Ätzen oder auf einer → Druckplattengraviermaschine hergestellt, und zwar von Strichzeichnungen → Strichätzungen, von Halbtonoriginalen → Autotypien. Von der nun seitenweise gegliederten und gegebenenfalls die Druckstöcke enthaltenden Druckform werden nochmals Abzüge, und zwar bereits in Bogenform geliefert. Teilweise arbeitet man heute bereits ohne Fahnenkorrektur, d. h., die Korrekturabzüge werden sofort als Bogen, gegebenenfalls mit den eingebauten Abbildungen, geliefert. Sind die Bogen korrigiert und für druckreif erklärt (Imprimatur), so wird der Druck, ebenfalls bogenweise, ausgeführt. Dies kann, nach Herstellung der entsprechenden Druckformen, außer im → Buchdruck auch im → Tiefdruck und im → Offsetdruck geschehen. Soll eine große Auflage gedruckt werden, so stellt man durch → Stereotypie oder Galvanoplastik (→ Galvanotechnik) vom Schriftsatz und von den Druckstöcken Abgüsse (Stereos) oder Galvanos her. Das → Buchbinden schließlich ergibt das fertige Buch.

Lit. P. Fritzsche: Vom Manuskript zum Buch (2. Aufl. Leipzig 1956).

Buchse, Büchse, ein meist aus Lagermetall oder Stahl bestehender Hohlzylinder. Die B. wird in die Bohrung eines komplizierten und daher teuren Guß-, Schmiede- oder Schweißteiles eingebracht, z. B. die Zylinderbuchse in den gegossenen Motorblock eines Verbrennungsmotors. Man verlegt dadurch den unvermeidlichen Verschleiß an gegeneinander bewegten Teilen, z. B. hin- und herbewegter Kolben im Zylinder, in die billigere und leicht auswechselbare B.

Büchse, 1) ein → Jagdgewehr. 2) svw. → Buchse.

Büchsflinte, ein → Jagdgewehr.

Buchstabenrechnen, das Rechnen mit **allgemeinen** oder **unbestimmten Zahlen,** d. h. die Verwendung von Buchstaben an Stelle von Zahlen. Das B. ermöglicht es, Aussagen über Zahlen, Figuren, Funktionen und dgl. sowie Rechenvorschriften allgemeingültig zu formulieren. Dabei können die verwendeten Buchstaben jeden beliebigen bestimmten Zahlenwert annehmen, allerdings innerhalb derselben Rechnung stets nur ein und denselben Wert. So gilt z. B. $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ für beliebige Zahlen a und b oder $A_{\text{Rechteck}} = a \cdot b$ für beliebige Seitenlängen a und b. Man verwendet Buchstaben auch zur Bezeichnung bestimmter bekannter Zahlen, z. B. $\pi = 3{,}1415\ldots$, $e = 2{,}71828\ldots$, sowie zur Bezeichnung der Unbekannten in Bestimmungsgleichungen: $3x + 4 = 10$.

Im allgemeinen werden die ersten Buchstaben des lateinischen Alphabets $a, b, c, \ldots$ zur Bezeichnung gegebener (bekannter) Größen verwendet, die letzten Buchstaben $x, y, z, \ldots$ für gesuchte (unbekannte) Größen. Das B. wurde im 16. Jh. von Vieta eingeführt. Erst dadurch konnte sich eine mathematische Formelsprache herausbilden, was wesentlich zur weiteren Entwicklung der Mathematik beitrug.

Buchungsmaschinen (Tafel 47), mechanische, elektromechanische oder elektronische Büromaschinen für Buchungs-, Abrechnungs-, statistische und ähnliche Arbeiten sowie zur Datenerfassung für die elektronische Datenverarbeitung. Die Dateneingabe erfolgt manuell durch Tastatur oder selbsttätig durch Lochstreifen, Lochkarte oder Magnetkontokarte. Der Verarbeitung der Daten dienen mechanische oder elektronische addierende, subtrahierende, z. T. auch saldierende Zählwerke (oft bis 25, aber auch bis 55 oder 200 je B. möglich) meist 12stelliger Kapazität, Multipliziereinrichtungen können angeschlossen

werden. Die eingegebenen und errechneten Daten werden durch ein Schreib- oder Druckwerk (Typenstangen oder -rollen) auf Konten, Kontoauszüge, Journale, Listen, Formulare u. a. gedruckt. Buchungstext in Buchstaben wird durch eine Schreibmaschine, ein eingebautes Schreibwerk (Typenräder) oder eine Kurztexteinrichtung (mehrbuchstabige Symbole) gedruckt. Zur Aufnahme der Druckträger dienen 62 cm breite Buchungswagen mit Vorsteckeinrichtungen oder Einzugsvorrichtungen für Konten. Außerdem können die Daten über angeschlossene Geräte in Lochstreifen, Lochkarten, Magnetbänder oder Magnetkontokarten für eine sich anschließende weitere Verarbeitung in Lochkartenmaschinen oder elektronischen Datenverarbeitungsanlagen gespeichert werden. Der gesamte Arbeitsablauf wird durch auswechselbare Programme (Steuerbrücken) oder durch Funktionstasten gesteuert.

1) **Schreibbuchungsmaschinen** sind durch Zählwerke, Breitwagen und Vorsteckeinrichtung erweiterte Standard-Schreibmaschinen.

2) **Addierbuchungsmaschinen** sind durch weitere Zählwerke, Buchungswagen mit Vorsteckeinrichtung, verbessertes Druckwerk und eine Programmeinrichtung ergänzte Addiermaschinen. Es überwiegt die Ausstattung mit Zehnertastatur, z. T. aber auch mit Volltastatur. Diese Art von B. wird am häufigsten eingesetzt.

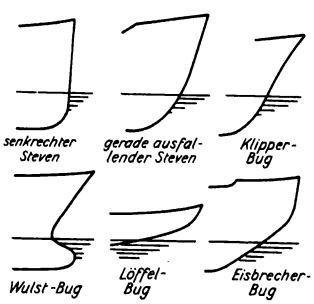
3) **Registrierbuchungsmaschinen** wurden aus der Registrierkasse entwickelt und zeichnen sich durch möglichen Mehrfachdruck aus (bis zu 6 Urschriften gleichzeitig, wichtig z. B. für den Sparverkehr).

4) **Elektronische Buchungsanlagen (Kontencomputer)** liegen an der Grenze zur elektronischen Datenverarbeitung und verbinden nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten Bauelemente beider Maschinenarten zu einer Anlage ausreichender Leistungsfähigkeit für mittlere Betriebsgrößen. Sie zeichnen sich aus durch die mögliche Dateneinn- und -ausgabe mit Lochstreifen, Lochkarten, Magnetkontokarten, Magnetbändern oder durch maschinell lesbare Belege; ferner besitzen sie ein elektronisches Rechenwerk für die 4 Grundrechenarten und logische Operationen, ferner erweiterungsfähige elektronische Speicher, schnelles Druckwerk und weisen einen gegenüber B. wesentlich höheren Umfang programmierbarer Funktionen auf.

5) **Sonderformen** von B. sind → Fakturiermaschinen, eine Weiterentwicklung bilden die Lochkartenmaschinen. Kleinbuchungsmaschinen sind B. vereinfachter Ausführung mit wenigen Zählwerken.

Lit. Büroorganisation und Bürotechnik (Berlin 1967); Ztschr. Neue Technik im Büro (Berlin, ab 1957).

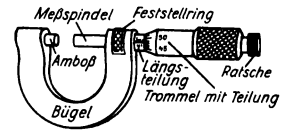
Bug, der Vorderteil des Schiffes, dessen Vorderkante der Vorsteven bildet. Die Form des Vorstevens und damit auch die des B.s richtet sich



nach den verlangten Eigenschaften und der geforderten Geschwindigkeit des Schiffes. Der senkrechte Steven wird nur noch bei manchen Binnenschiffen gewählt. Heute erhalten die Schiffe meist einen mehr oder weniger ausfallenden (geneigten) Steven, der auch hohl sein kann **(Klipperbug).** Eisbrecher haben einen besonderen **Eisbrecherbug,** Segeljachten oft einen runden oder **Löffelbug.** Bei allen dreien ist der Steven stark fliehend, so daß sich das Schiff oder Boot mit dem B. auf die Wasser- bzw. Eisoberfläche hinaufschiebt. Beim **Wulstbug** ist der Unterwasserteil tropfenförmig verdickt; hierdurch wird die Bugwelle verlagert, dadurch der Schiffswiderstand verringert und somit die Geschwindigkeit des Schiffes erhöht.

Bügelfrei-Ausrüstung, → Permanent-Appretur.

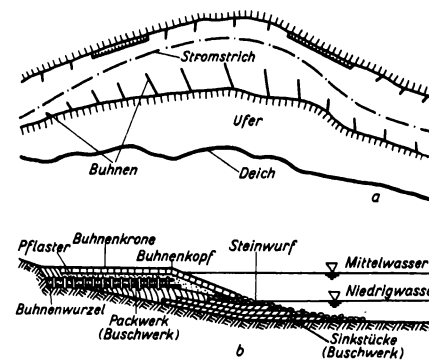
Bügelmeßschraube, Dickenmesser, ein Meßgerät zur unmittelbaren Messung von Dicken bzw. Durchmessern an Werkstücken. Der zu messende Gegenstand wird zwischen die Meßflächen von Amboß und Meßspindel (Gewindespindel) gebracht. Die Gewindespindel befindet sich im Innern einer Trommel. Durch Drehen der Trommel wird die Gewindespindel und die Trommel selbst so weit vorgeschoben, bis die Meßflächen am Prüfling anliegen. Um gleichmäßige Meßkraft zu gewährleisten, wird vor Berührung des Prüflings nur noch an der Ratsche oder Reibkupplung



Bügelmeßschraube

gedreht. Das Maß wird an der auf der Hülse angebrachten Längsteilung (meist 0,5-mm-Teilung) und an der Trommelteilung (Skalenwert gleich 10 µm) abgelesen.

Buhne, ein vom Ufer aus in den Fluß oder das Meer vorgebauter Dammkörper. B.n werden meist gruppenweise bei der Regulierung von Flüssen zum Zusammenhalten und zur zweckmäßigen Führung der Fahrwasserrinne sowie zum Erhöhen der Wassertiefe verwendet **(Flußbuhnen),** ferner am Meeresufer zum Sichern und Anlanden des Strandes **(Strandbuhnen).** Flußbuhnen sind meist stromauf gerichtet (*inklinante B.n*), in geraden Strecken etwa 70° zum Stromstrich, in Krümmungen bis zu 90°; manchmal werden B.n aber auch senkrecht zum Stromstrich oder stromabwärts angeordnet (*deklinante B.n*). Die **Buhnenkrone** liegt meist in Mittelwasserhöhe oder etwas darüber. Die tieferliegenden Teile der Flußbuhne werden aus Sinkstücken, die höherliegenden aus Packwerk hergestellt. Für den Bau



Buhne: *a* Flußstrecke mit Buhnen, *b* Buhne im Längsschnitt

von Strandbuhnen werden Steine, Betonblöcke, Spundwände aus Holz oder Stahl oder auch Pfähle und Buschwerk verwendet.

B.n verlanden leicht am vorspringenden Ufer einer Flußkrümmung, weniger oder gar nicht im hohlen Ufer.

Eine Sonderform der B. ist die **Hakenbuhne**, d. i. eine B. mit einem kurzen Leitwerk. Die **Schöpfbuhne** leitet nur Teile der Wasserführung in eine bestimmte Richtung ab.

Bühne, 1) → Bühnentechnik.

2) **Arbeitsbühne**, eine Plattform, von der aus gearbeitet werden kann; sie wird entweder auf Gerüsten (z. B. beim Ausbau von Strecken im Bergbau), schwebend (z. B. beim Ausmauern von Schächten) oder auf Fahrzeugen angebracht (z. B. zur Oberleitungskontrolle bei elektrischen Bahnen). Im letzten Fall befindet sie sich entweder auf dem Dach oder an einem aus- und einfahrbaren Arm.

3) **Ofenbühne**, eine Plattform, von der aus metallurgische Öfen beschickt, d. h. mit Einsatzstoffen gefüllt (**Gichtbühne**) oder anderweitig bedient bzw. überwacht werden (**Abstichbühne** usw.).

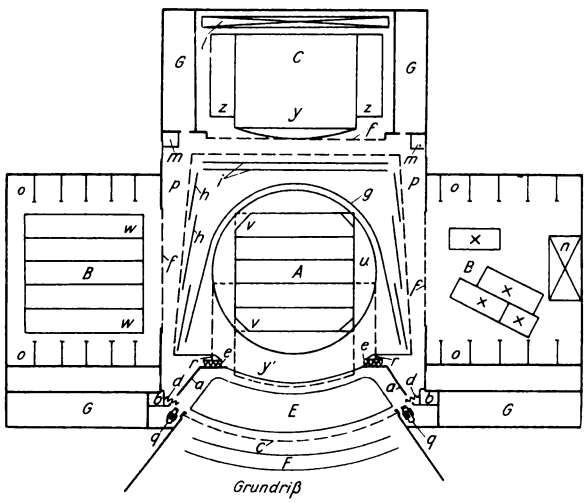
Bühnentechnik, ein Zweig der Technik, der die Entwicklung, den Bau, Einbau und Betrieb der Einrichtung und technischen Ausrüstung von Theaterbühnen umfaßt. Jedes Theatergebäude besteht aus einem Bühnenhaus und einem Zuschauerhaus, die beide durch eine Brandmauer und den eisernen Vorhang getrennt sind. Im Bühnenhaus sind meist außer der Bühne und allen unmittelbar dazugehörigen technischen Einrichtungen auch die Magazine für Dekorationen und Requisiten, die Künstlergarderoben, Probe- und Studioräume u. a. untergebracht. Eine Reihe von Einrichtungen befinden sich in neueren Theatern jedoch im Zuschauerhaus, z. B. die Zentrale für die elektroakustischen Anlagen, das Stellwerk (Reglerraum) für die Bühnenbeleuchtung, Projektionskabinen, einzelne Beleuchtungsanlagen sowie Sprecher- und Aufnahmeräume für Rundfunk und Fernsehen.

Die Bühneneinrichtung umfaßt die Bühne selbst mit der Bühnenmaschinerie, ferner die Bühnendekoration und die Bühnenbeleuchtung. 1) Die **Bühne** besteht meist aus mehreren Räumen. Der Raum, in dem das Spielgeschehen abläuft, wird als *Hauptbühne* bezeichnet. An sie schließt sich nach vorn, vor dem Bühnenportal gelegen, die *Vorbühne* an. Hinten ist die Hauptbühne meist durch den Horizont begrenzt, hinter dem sich noch die *Hinterbühne* befindet, die der Vorbereitung und dem Aufbau von Teilen des Bühnenbildes dient, aber mitunter auch für das Spielgeschehen verwendet wird. Links und rechts schließen sich an die Hauptbühne *Seitenbühnen* an, auf denen nur Dekorationsteile bereitgestellt werden. An den Umfassungsmauern des Bühnenhauses sind innen in verschiedenen Höhen Laufgänge zur Arbeit an Dekorationsteilen, technischen Hilfsmitteln oder Beleuchtungsanlagen angebracht. Die *Bühnenöffnung* ist, vom Zuschauerraum aus gesehen, von einem *Bühnenrahmen* umgeben. Hinter ihm befindet sich als innerer Rahmen das *Bühnenportal*, eine zum Zuschauerraum hin verkleidete Stahlkonstruktion, deren Oberteil als Brücke oder Mantel und deren Seitenteile als Türme bezeichnet werden. Zum Abschließen der Bühnenöffnung dient außer dem *eisernen Vorhang*, einer herablaßbaren Feuerschutzwand aus Stahlblech, ein nach den Seiten oder nach oben wegziehbarer Hauptvorhang aus Stoff. Oft schließen sich noch weitere Stoffvorhänge an; mitunter ist auch ein Wattevorhang vorhanden, der zur Schalldämmung vor jedem Bühnenbildumbau herabgelassen wird (Schallvorhang, Deckvorhang). Bei manchen Stücken wird in der Bühnenöffnung ein Schleiervorhang angebracht, der für die Zuschauer unsichtbar bleibt; er täuscht eine räumliche Tiefe vor und läßt sich als Projektionsfläche benutzen. Zum Teil befinden sich auch noch Dekorationszüge über dem Orchesterraum bzw. in der Decke des Zuschauerraumes, um durch das Ausweiten des Bühnenbildes bis zur Rückwand des Zuschauerraumes ein Einbeziehen des Zuschauers in das Bühnengeschehen zu erreichen.

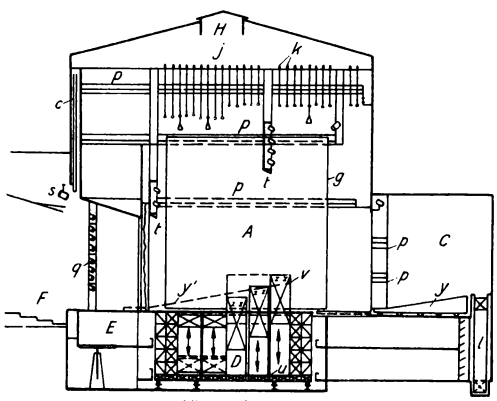
2) Die **Bühnenmaschinerie** unterteilt man in den Bühnenboden und die in seiner Höhe liegenden mechanischen Einrichtungen, die darunter liegende Untermaschinerie und die darüber befindliche Obermaschinerie. a) Sowohl alle festen als auch sämtliche beweglichen Teile des *Bühnenbodens* sind mit einem Holzbelag versehen, damit stehende Dekorationsteile mit Bühnenbohrern darauf befestigt werden können. Mitunter wird auf den Bühnenboden eine Drehscheibe aufgelegt, um einen raschen Bildwechsel zu ermöglichen. *Bühnenwagen* sind fahrbare Bühnenflächen, die auf den Seitenbühnen oder auf der Hinterbühne mit Dekorationsstücken versehen und beim Szenenwechsel von Hand oder maschinell auf die Hauptbühne gebracht werden. Sind sie frei beweglich, so spricht man von einer *Wagenbühne*; laufen sie auf Schienen, so handelt es sich um eine *Schiebebühne*. Bei letztgenannter Konstruktion sind die Führungen der Wagen mitunter vertieft angeordnet, so daß die Wagen in gleicher Höhe mit dem Bühnenboden laufen. Auch die Bühnenwagen sind manchmal mit Drehscheiben versehen oder ergeben gekoppelt eine Drehscheibe. b) Zur *Untermaschinerie* (*Unterbühne*) gehören vor allem Drehbühnen und Bühnenpodien sowie deren Antriebe. Eine *Drehbühne* besteht aus einer in den Bühnenboden eingelassenen Drehscheibe mit einem darunter, mindestens in Stehhöhe angeordneten Unterboden, von dem aus gegebenenfalls Auftritte erfolgen können. Auf den Kreissektoren werden, ebenso wie bei einer Drehscheibe, vor Spielbeginn mehrere Szenenbilder aufgebaut und nacheinander hinter die Bühnenöffnung gedreht. In vielen Theatern ist der Boden der Hauptbühne völlig oder teilweise in verschieden große Flächen unterteilt, die hydraulisch oder elektrisch versenkt, über das Bühnenniveau gehoben oder auch schräggestellt werden können (*Bühnenpodien*). Zum Absenken und Hochfahren von Einzelpersonen verwendet man kleine Personenversenkungen. Bei der *Doppelstockbühne* sind zwei vollständige Spielflächen übereinander angeordnet und können wechselweise durch Heben oder Absenken hinter die Bühnenöffnung gebracht werden, so daß ein schneller Bildwechsel möglich ist. Eine Weiterentwicklung stellt die *Doppelstockdrehbühne* dar. *Kassetten* sind über die gesamte Bühnenbreite führende, parallel zur Rampe verlaufende Schlitze, durch die schmale Dekorationsteile beim Bildwechsel hochgefahren oder abgesenkt werden. Hierzu dienen von Hand oder maschinell bewegte schmale Hebezeuge mit einem Gitter zur Befestigung der Dekoration. Nicht benötigte Kassetten werden durch Klappen oder Schieber verschlossen. Als *Schieber* bezeichnet man unter dem Bühnenboden gelagerte Bodenteile, die zum Schließen von Öffnungen im Bühnenboden, z. B. auch von Versenkungen, hochgefahren werden können. c) Zur *Obermaschinerie* zählen die Einrichtungen zum Bewegen der Hängedekorationen, ferner das Bühnenportal, die Arbeitsgalerien u. a. Hauptteil ist der unter dem Dach des Bühnenhauses angebrachte *Schnür-* oder *Rollenboden*, eine Stahlkonstruktion mit Rollen, über die die Seile der einzelnen *Dekorationszüge* (kurz *Züge* genannt) laufen. So bezeichnet man die vertikal beweglichen Aufhängevorrichtungen für hängende Dekorationsteile (Hängestücke). Sie bestehen jeweils aus einer Querstange, an der die Dekora-

tion hängt, den von ihr ausgehenden Tragseilen, die auf eine Sammelrolle laufen, und dem Zug- oder Kommandoseil mit Gegengewichten zum Erleichtern der Bewegung. Die Zugseile sind an einer Seitenwand des Bühnenhauses senkrecht angeordnet und werden von den Arbeitsgalerien aus bewegt. Zusätzlich zum Schnürboden kann ein *Maschinenzugboden* eingebaut sein, eine Aufhängevorrichtung für besonders schwere Hängestücke; sie besteht aus einer Reihe von Stahlschienen, auf denen Elektrohebezeuge (Laufkatzen) fahren. Das *Flugwerk* ist eine Zugvorrichtung, mit deren Hilfe an Flugdrähten aufgehängte Personen durch den Bühnenraum bewegt werden können.

3) Die **Bühnendekoration**, oft auch als *Kulisse* bezeichnet, setzt sich aus zahlreichen Teilen zusammen. Die Teile, die auf die Bühne gestellt oder auf ihrem Boden befestigt werden, bezeichnet man als *Versatzstücke*, diejenigen, die an Züge gehängt werden, als *Hängestücke*. Die festen Dekorationsstücke werden voll- oder halbplastisch aus Holz, Leichtbaustoffen, Papier, Pappe und Plasten hergestellt, nur noch selten aus Lattengerüsten, die mit bemalter Leinwand bespannt sind. Die neuen Werkstoffe aus Plasten und Schaumstoffen jeder Art und Form haben im Theater-Dekorationsbau ihren festen Platz und sind auch in der Anfertigung von Kostümen, Masken und Requisiten unentbehrlich geworden. Außerdem gibt es noch Stoffteile und Draperie. Die einzelnen Arten von Dekorationsteilen tragen bestimmte Bezeichnungen: Der *Horizont* oder *Bühnenhimmel* dient zur hinteren und auch seitlichen Begrenzung des Bühnenbildes und zur Andeutung des Himmels. Er wird meist als beweglicher Rundhorizont aus Leinwand oder anderem Stoff oder auch massiv, mitunter sogar als Kuppel ausgeführt. Stoff-Rundhorizonte sind entweder an einer Rundstange befestigt oder werden hochgezogen (Doublierhorizont), oder sie hängen an einem dicken Hanfseil, das in einer Horizontführung läuft und an einer Seite auf einen Konus aufgewickelt werden kann, so daß der gesamte Horizont zusammengerollt wird. Ist kein Horizont vorhanden, so bringt man seitlich zwei Hängestücke und zur rückwärtigen Begrenzung ein Hängestück an, die man zusammen als *Panorama* bezeichnet. *Prospekte* sind parallel zur Bühnenöffnung hängende großflächige Dekorationsstücke, die meist für Hintergründe verwendet werden. Seitenkulissen werden als *Schenkel* bezeichnet. *Soffitten* sind Querschals, die den Einblick in den Schnürboden versperren. *Praktikabeln* sind hölzerne Unterkonstruktionen für begangene Dekorationsteile, wie Treppen, Brücken, Balkone u. a.



Grundriß



Längsschnitt

Bühne. *A* Hauptbühne, *B* Seitenbühne, *C* Hinterbühne, *D* Unterbühne, *E* Orchesterraum mit absenkbarem Boden, *F* Zuschauerraum, *G* Magazin, *H* Rauchhaube; *a* Bühnenrahmen, *b* Rückzugstreppe, *c* eiserner Vorhang, *d* Vorbühnenvorhang, *e* Hauptvorhang, *f* Schallvorhang, *g* Rundhorizont, *h* Seitenpanorama, *i* Rückpanorama, *j* Rollenboden, *k* Prospektzüge, *l* Prospektaufzug, *m* Bühnenschnellaufzug, *n* Dekorationsaufzug, *o* Dekorationsboxen, *p* Arbeitsgalerie, *q* Vorbühnenbeleuchtung, *r* Portal-Beleuchtertürme, *s* Beleuchterbrücke Zuschauerraum, *t* fahrbare Beleuchterbrücken, *u* Drehbühne mit *v* Bühnenpodien (Versenkungen), *w* Seitenbühnenwagen schienengebunden, *x* Seitenbühnenwagen nicht schienengebunden, *y* Hinterbühnenwagen schienengebunden (*y'* vorderste Stellung), *z* Kuppelwagen schienengebunden

4) **Bühnenbeleuchtung.** Zur *Szenenbeleuchtung* werden Scheinwerfer (mit Bogen- oder Glühlampen) und Leuchten, neuerdings auch Xenonlampen verwendet. Sie sind entweder fest eingebaut, richtbar (Verfolgungsscheinwerfer), in bewegliche Brücken eingesetzt oder auch transportabel. Viele Beleuchtungsgeräte sind zum Einsetzen von Farbscheiben eingerichtet. Sehr verbreitet sind Scheinwerfer, die mit niedrigen Voltzahlen (meist 12, 24 und 40 V) arbeiten und eine große Lichtausbeute haben. Die Geräte für die Spielflächenbeleuchtung sind in den Seitenwänden des Zuschauerraumes, in den Türmen und im Mantel des Bühnenportals, auf vertikal beweglichen Beleuchterbrücken, auf den Arbeitsgalerien an den Bühnenhauswänden sowie auch in hängenden Oberlichten (Soffittenlampen) angebracht. Um die Wirkung des Bühnenbildes zu erhöhen, nimmt man oft die *Bild-* und *Effektprojektion* zu Hilfe. Teile des Bühnenbildes, Erscheinungen, Schrift u. a. werden mit Hilfe von Diapositiven, Effekte (Schnee, Regen, Feuer u. dgl.) von Filmbändern mit Bildwerfern auf den Rundhorizont, einen Prospekt oder einen Schleiervorhang projiziert. Zur Darstellung ziehender Wolken dient ein Wolkenprojektor. Alle Beleuchtungsgeräte werden von einem Stellwerk (Bühnenreglerraum) aus ein- und ausgeschaltet und in ihrer Lichtstärke gesteuert. Das Bewegen geschieht meist von Hand.

Im weiteren Sinne zählen auch die elektroakustischen Anlagen des Bühnenbereichs zur B. Zum Herbeirufen der Darsteller dient die dem Inspizienten zur Verfügung stehende *Darstellerrufanlage*. Zeichen für technische und künstlerische Einsätze (Klingel- oder Lichtsignal) werden in alle Bühnenräume einschließlich der Unter- und Obermaschinerie mit Hilfe der *Bühnensignalanlage* gegeben. In manchen Theatern sind UKW-Sprechfunkverbindungen zwischen den einzelnen Abteilungen vorhanden, die auf getrennten Frequenzen arbeiten. Mit Hilfe von elektroakustischen Anlagen ist auch eine Tonverstärkung oder eine Verbesserung der natürlichen Akustik im Zuschauerraum möglich.

Die B. umfaßt schließlich auch die Sicherheitseinrichtungen. Hierzu gehören z. B. Regenanlagen im Oberteil des Bühnenhauses, am eisernen Vorhang und in besonders feuergefährdeten Räumen (→ Feuerlöschanlagen).

Lit. Unruh: ABC der Theatertechnik (2. Aufl. Berlin 1959); Werner u. Gußmann: Theatergebäude (2 Bde, Berlin 1954); Ztschr.: Bühnentechnische Rundschau (Berlin).

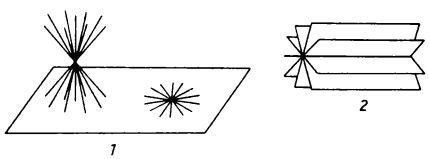
Bulkcarrier *m* [englisch bulk cargo ‚Schüttgut', to carry ‚befördern'], in der Schiffahrt übliche englische Bezeichnung für **Massen-** oder **Schüttgutfrachtschiff.** Er hat besonders breite Luken und oft im oberen und unteren Teil der Laderäume eingebaute Seiten-(Wing-)tanks, die als Treiböl- oder Ballasttanks dienen und eine gute Stabilität bewirken. Die Laderäume sind ohne Stützen und andere Einbauten und haben glatte Seitenflächen, die ihrerseits häufig durch schräge Flächen mit dem Boden verbunden sind, so daß die Ladung stets zur Schiffsmitte nachrutscht (man bezeichnet solche Schiffe als *Selbsttrimmer*) und mittels Greifern gelöscht werden kann. B. werden z. Z. in starkem Maße gebaut, z. T. in Sonderkonstruktion, so daß sie zum Transport von Massengütern unterschiedlicher Dichte geeignet sind.

Bulldozer, eine → Planiermaschine ohne Schwenkschild.

Buna (Kurzbez. aus **Bu**tadien und **Na**trium), Wz., synthetischer → Kautschuk. Die **Zahlenbuna,** z. B. Buna 32, Buna 85, sind reine Butadienpolymerisate; sie haben weniger Bedeutung. Bei **Buna S** liegt ein Polymerisat aus Butadien und Styrol vor, bei **Buna N** ein solches aus Butadien und Akrylnitril. Unter Buna SO wird ein mit Ölen gestrecktes Mischpolymerisat aus Butadien und Styrol gehandelt. Weiteres → Elaste, Übers. und → Kautschuk.

Bund, die ringförmige Verdickung an einer Welle oder einem Zapfen. Der B. nimmt die in Achsrichtung wirkenden Kräfte auf.

Bündel, in der Mathematik 1) **Geradenbündel,** die unendlich vielen Geraden, die sich in einem Punkt des Raumes, dem „Mittelpunkt" oder



1 *2*

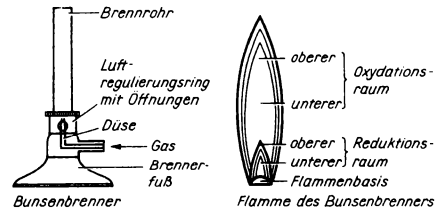
1 Geradenbündel (links) und Geradenbüschel (rechts), *2* Ebenenbündel

„Träger" des B.s, schneiden. Ein Sonderfall des Geradenbündels ist das **Geradenbüschel,** dessen Geraden in einer Ebene liegen.

2) **Ebenenbündel,** die Gesamtheit der Ebenen, die sich in einem Punkt des Raumes schneiden; **Ebenenbüschel,** die Gesamtheit der Ebenen, die alle eine Gerade („Achse" oder „Träger" des Ebenenbüschels) gemein haben.

Bundzeichen, beim Abbinden von Holzkonstruktionen gebrauchte Merkmale, → Abbinden 2).

Bunsenbrenner, ein von R. Bunsen entwickelter Gasbrenner zum Erzeugen hoher Temperaturen. Das Gas strömt durch eine am Fuße des B.s befindliche Düse in ein weiteres Gasrohr; dabei saugt es durch Öffnungen die notwendige Verbrennungsluft mit an und verbrennt am oberen Ende des Brennrohres. Die Größe der Öffnungen und damit auch der Luftzutritt kann durch einen Stellring geändert werden. Bei starkem Luftzutritt leuchtet die Flamme nicht und hat eine hohe Temperatur. Die Flamme des B.s hat Oxydations- und Reduktionsräume. Nach dem ähnlichen Prinzip wie der B. arbeiten der **Mékerbrenner,** bei dem das Brennrohr nach oben konisch erweitert und mit einer dicken Siebplatte versehen ist, und der **Teclubrenner,** bei dem die Gaszufuhr durch eine seitlich angebrachte Schraube und die Luftzufuhr durch eine unter der



Erweiterung des Brennrohres befindliche Luftregulierungsplatte geregelt wird.

Buntkupferkies, svw. → Bornit.

Buntmetalle, Sammelbezeichnung für die unedlen Schwermetalle (außer Eisen), die selbst farbig sind oder farbige Legierungen bilden, z. B. Blei, Zink, Zinn, Nickel (weiß), Kupfer (rot) und ihre Legierungen, z. B. Messing, Bronze, Rotguß (gelb bis rot).

Buntsandstein, → Trias.

Bürde, der Belastungswiderstand eines Wandlers, der durch das angeschlossene Meßinstrument und seine Zuleitungen gegeben ist.

Bürette, Arbeitsgerät der Maß- und Gasanalyse. Die B.n bestehen im allgemeinen aus 8 bis 18 mm weiten Glasröhren mit 10, 25, 50 und 100 ml Rauminhalt, die mit einer auf 0,1 ml bei 20 °C geeichten Skaleneinteilung versehen sind.

Burmo, → Mohole-Projekt.

Büromaschinen, mechanische, elektromechanische oder elektronische Maschinen und Geräte für die Mechanisierung und Automatisierung von Verwaltungsarbeiten zur Verbesserung der Leitungstätigkeit und zur Steigerung der Arbeitsproduktivität. Ihr Einsatz erfolgt im Schriftverkehr (Stenographiermaschinen, Diktiergeräte; Schreibmaschinen, Schreibautomaten, Vervielfältiger, Lichtpausmaschinen, Kopier-, Mikrofilmgeräte; Perforier-, Papierschneide-, Zusammentrag-, Stempel-, Zähl-, Numeriermaschinen; Brieföffnungs-, Brieffalz-, Briefschließ-, Frankier-, Adressiermaschinen; Registraturgeräte, Aktenvernichter; Dispositionsgeräte), für Rechen-, Buchungs- und statistische Arbeiten (Rechen-, Buchungs-, Fakturier-, Lochkartenmaschinen, elektronische Datenverarbeitungsanlagen), im Geldverkehr (Registrierkassen, Geldsortier-, -zähl-, -verpackungsmaschinen; Scheck-, Rechen-, Buchungs-, Lochkartenmaschinen, elektronische Datenverarbeitungsanlagen) u. a.

Bürotechnik, zusammenfassender Begriff für die Geräte, Einrichtungen und Maschinen, die der weitgehenden Mechanisierung und Automatisierung der Verwaltungsarbeit dienen. Die B. umfaßt → Büromaschinen sowie Einrichtungen und Maschinen für die Nachrichtenübermittlung (Fernsprech-, Fernseh-, Fernschreib-, Rohrpostanlagen u. a.).

Lit. Büroorganisation und Bürotechnik (Berlin 1967); Dokumentation Technik im Büro (Leipzig); Ztschr.: Neue Technik im Büro (Berlin), Rechentechnik – Datenverarbeitung (Berlin).

Bürste, ein auf dem Kommutator oder den Schleifringen einer elektrischen Maschine schleifendes Kontaktstück, über das die ruhenden Zuleitungen mit den bewegten Läuferspulen in Verbindung stehen. B.n werden aus amorpher Kohle, graphitischer Kohle und Metallstaub in verschiedenen Mischungsverhältnissen hergestellt. Sie werden von **Bürstenhaltern** geführt.

Bürsten, → Polieren 1).

Bürstenfeuer, kleine Lichtbögen an den ablaufenden Kanten der Bürsten auf dem Kommutator elektrischer Maschinen als Folge einer unvollständigen → Stromwendung. Das B. beginnt mit sogenanntem Perlfeuer und geht bei weiterer Verschlechterung der Stromwendung in Spritzfeuer über, das schließlich zum **Rundfeuer** führen kann, bei dem sich die Lichtbogenentladungen über den ganzen Kommutator verbreiten und schwere Schäden hervorrufen können.

Bus, Abk. für → Omnibus.

Büschel, → Bündel.

Büschelentladung, eine Spitzenentladung mit büschelförmiger Lichterscheinung. An positiven Elektroden sind die Büschel länger als an negativen. Eine B. ist z. B. das → Elmsfeuer. Bei geringerer Feldstärke bildet sich an der Elektrodenoberfläche nur eine Entladungshaut, die schwach leuchtet und deshalb als Korona **(Koronaentladung)** bezeichnet wird; sie führt bei Hochspannungsleitungen zu Leistungsverlusten (Koronaverluste). Korona- und Büschelentladungen treten in Gasen mit normalem Druck auf.

Bussole, 1) ein mit Kreisteilung (Gradeinteilung) und Visiereinrichtung (Diopter oder Fernrohr) versehener Magnetkompaß (→ Kompaß) zur Messung von magnetischen Azimuten. Fernrohrbussolen werden in der Forstvermessung verwendet.

2) ein elektrisches Meßinstrument, → Tangentenbussole.

Butadien, Divinyl, $H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2$, ein leicht zu verflüssigendes, eigenartig riechendes, gasförmiges Dien; Kp. −4,5 °C. Es kann allein oder im Gemisch mit anderen polymerisationsfähigen Verbindungen zu synthetischem Kautschuk polymerisiert werden und ist als Komponente für Diensynthesen geeignet. Man gewinnt es technisch nach folgenden Synthesen:

1) *Houdry-Verfahren.* Am rentabelsten ist die Gewinnung von B. aus dem Butan des Erdöls und Erdgases durch Dehydrierung in Gegenwart von Chromoxid-Aluminiumoxid-Katalysatoren bei 600 °C: $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3 \xrightarrow{-2H_2} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$.

2) *Reppe-Viertaktverfahren.* Aus Äthin wird durch katalytische Anlagerung von Wasser über Vinylalkohol Azetaldehyd gebildet: $HC{\equiv}CH \xrightarrow{+H_2O} [CH_2{=}CH{-}OH] \rightarrow CH_3{-}CHO$. Der Azetaldehyd wird anschließend in schwach alkalischem Medium zu Aldol dimerisiert, das bei der Hydrierung Butandiol-(1,3) liefert: $2\,CH_3CHO \rightarrow CH_3{-}CHOH{-}CH_2{-}CHO \xrightarrow{+H_2} CH_3{-}CHOH{-}CH_2{-}CH_2OH$. Butandiol-(1,3) geht durch Wasserabspaltung in B. über: $CH_3{-}CHOH{-}CH_2{-}CH_2OH \xrightarrow{-2H_2O} CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$.

3) *Lebedew-Verfahren.* Durch Überleiten von Äthanoldämpfen über einen 400 °C heißen Magnesiumsilikatkontakt erhält man in 35%iger Ausbeute B.: $2C_2H_5{-}OH \rightarrow H_2C{=}CH{-}CH{=}CH_2 + 2H_2O + H_2$. Eine Steigerung der Ausbeute auf 75% gelingt, wenn man von einem Gemisch Äthanol/Azetaldehyd ausgeht.

Technisch kaum noch durchgeführt wird das *Reppe-Verfahren,* bei dem man durch katalytische Umsetzung von Äthin mit 30%iger wäßriger Formaldehydlösung über Butin-(2)-diol-(1,4), Butandiol-(1,4) und Tetrahydrofuran zu B. gelangt, und die *Synthese nach Nieuwland,* bei der Äthin katalytisch zu Monovinyläthin dimerisiert und dieses katalytisch zu B. hydriert wird.

Butane, zu den Alkanen gehörende Kohlenwasserstoffe der Summenformel C_4H_{10}. Es existieren 2 Isomere: das geradkettige **Normalbutan (n-Butan),** $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_3$ (Kp. −0,5 °C), und das verzweigte **Isobutan (i-Butan, 2-Methylpropan),** $CH(CH_3)_3$ (Kp. −11,7 °C). Beide B. sind farblose, brennbare Gase, die in Erd- und Krackgasen sowie in Krackbenzinen vorkommen, aus denen sie auch gewonnen werden. Sie gehören zu den Flüssiggasen. Technisch wichtig sind besonders die katalytische Dehydrierung des n-Butans zum Butadien und zu den Butenen sowie die katalytische Alkylierung des Isobutans zu als Benzinkomponenten erwünschten Kohlenwasserstoffgemischen (Alkylatbenzine). Auch dienen die B. als Heizgase und Kältemittel.

Butanole, Butylalkohole, einwertige Alkohole der allgemeinen Formel C_4H_9OH, von denen es vier Isomere gibt. Drei davon sind farblose Flüssigkeiten, sie dienen vorwiegend als Lösungsmittel und als Zwischenprodukte in der pharmazeutischen Industrie.

Butansäuren, svw. → Buttersäuren.

Butene, Butylene, C_4H_8, zu den Alkenen gehörende Kohlenwasserstoffe. Es existieren 3 Isomere, die farblose, feuergefährliche Gase sind. Sie kommen in Erd- und Krackgasen sowie in Krackbenzinen vor und werden technisch auch aus diesen gewonnen. Das wichtigste Isomere ist das **Isobuten** (2-Methylpropen) $CH_3{-}C(CH_3){=}CH_2$, das zu Polyisobutylen und synthetischem Kautschuk polymerisiert werden kann. Zwei Moleküle Isobuten lagern sich mit konzentrierter Schwefelsäure als Katalysator zu Isookten zusammen, das katalytisch zu Isooktan hydriert wird.

Buttersäuren, Butansäuren, Monokarbonsäuren, von denen 2 Isomere existieren. **n-Buttersäure,** $CH_3{-}CH_2{-}CH_2{-}COOH$, ist eine ölige, ranzig riechende Flüssigkeit (Kp. 164 °C). Ihre Salze und Ester heißen **Butyrate.** Sie kommt an Glyzerin gebunden in der Butter und im Milchfett vor und wird beim Ranzigwerden frei, in Spuren ist sie im Schweiß enthalten und ruft seinen unangenehmen Geruch hervor. Man gewinnt sie durch Oxydation von n-Butanol, technisch meist durch Buttersäuregärung von Reis-, Mais- oder Kartoffelstärke. Verwendet wird sie zur Herstellung von Zelluloseestern, in Form ihrer Ester in der Riechstoffindustrie und als Lösungsmittel. **Isobuttersäure,** $(CH_3)_2CH{-}COOH$ (Kp. 154,5 °C), riecht noch unangenehmer als die n-Buttersäure. Sie kommt nur vereinzelt natürlich vor. Verwendet wird sie z. B. zur Koagulation von Kautschukmilch.

Butyl..., → Alkyl...

Butylalkohole, svw. → Butanole.

Butylene, svw. → Butene.

Butyrate, Salze und Ester der → Buttersäure.

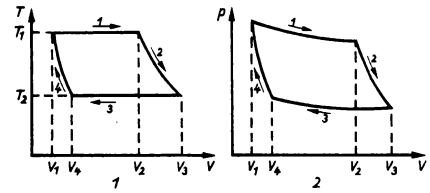
Buys-Ballotsche Regel, barisches Windgesetz, von dem niederländischen Wetterforscher Buys-Ballot (1817 bis 1890) gefundene Regel, wonach die von Orten hohen Drucks nach Orten geringeren Drucks strömende Luft nicht den geradlinigen, senkrecht zu den Isobaren gerichteten Weg nimmt, sondern — durch die infolge der Erdrotation auftretende Corioliskraft abgelenkt — in der freien Atmosphäre parallel zu den Isobaren das Tiefdruckgebiet umströmt, wobei auf der Nordhalbkugel das Tiefdruckgebiet links, auf der Südhalbkugel rechts von der Strömungsrichtung liegt. Am Erdboden wird der Wind durch die Reibung etwas zum Kern des Tiefdruckgebiets hin abgelenkt. Dadurch liegt für einen Beobachter, der den Wind im Rücken hat, auf der Nordhalbkugel der Kern des Tiefdruckgebiets links vor, das Hochdruckgebiet rechts hinter ihm.

bW, Kurzz. für → Blindwatt.

Byssolith, ein → Amphibol.

Bytownit, → Feldspäte.

c, 1) Kurzz. für → Zenti. 2) Kurzz. für → cycle per second. 3) altes Kurzz. für → Curie.
c, Kurzz. für → Neuminute.
C, 1) Kurzz. für → Coulomb. 2) altes Kurzz. für → Curie. 3) Symbol für → Kohlenstoff.
°C, Kurzz. für Grad Celsius, → Celsiusskale.
Ca, Symbol für → Kalzium.
Caisson, svw. Senkkasten, → Gründung.
cal, Kurzz. für → Kalorie.
Caldera, → Vulkan (Abb.).
Caldo-Verfahren, → Stahlerzeugung.
Calit, Handelsname für einen keramischen Werkstoff auf der Basis von Magnesiumsilikat, → Steatit. Auf Grund seiner geringen elektrischen Verluste (je nach Zusammensetzung $\tan\delta = 3$ bis $20 \cdot 10^{-4}$), hoher elektrischer Durchschlagsfestigkeit und hohen Isolationswiderstandes bei großer mechanischer Festigkeit wird C. als Hochfrequenzisolator eingesetzt.
Calocolor, Wz., → Temperaturmeßfarben.
Calutron, ein → Massenseparator.
Calvert-System, → Flughafenbefeuerungsanlagen.
Camptonit, ein → Lamprophyr.
Candela, Kurzz. cd, die Grundeinheit der Lichtstärke im heute gültigen System physikalisch-technischer Einheiten (→ Einheitensysteme). Die C. ist die Lichtstärke, mit der ein Schwarzer Strahler bei der Temperatur des beim Druck einer physikalischen Atmosphäre erstarrenden Platins senkrecht zu seiner Oberfläche leuchtet, wenn diese $^1/_{600000}$ m² beträgt. 1 cd = 1 lm sr^{-2} (Lumen/Steradiant) = 1 NK (Neue Kerze). **Millicandela,** Kurzz. mcd, = 10^{-3} cd.
Candela/Quadratmeter, Kurzz. cd m^{-2}, Einheit der Leuchtdichte. Sie ist der 600000ste Teil der Leuchtdichte eines Schwarzen Strahlers bei der Temperatur des beim Druck einer physikalischen Atmosphäre erstarrenden Platins. 1 cd m^{-2} = 1 m^{-2} cd. 10^4 cd m^{-2} (= 1 cd cm^{-2}) darf auch als Stilb bezeichnet werden.
Cannizzarosche Reaktion, die von S. Cannizzaro (1826–1910) entdeckte Disproportionierung (hier auch Dismutation genannt) von Aldehyden in Alkohol und Säure in Gegenwart starker Alkalien. Die C. R. tritt vor allem bei aromatischen Aldehyden auf, z. B. entstehen bei Einwirkung von 60%iger Kalilauge auf zwei Moleküle Benzaldehyd je ein Molekül Kaliumbenzoat und Benzylalkohol: $2C_6H_5CHO + KOH \rightarrow C_6H_5COOK + C_6H_5CH_2OH$.
Cañon, → Tal.
Caput mortuum, Eisen(III)-oxid, → Eisen.
Caradoc, → Ordovizium.
Carcinotron, eine → Lauffeldröhre.
Carnotscher Kreisprozeß, von S. Carnot 1824 entwickelter thermodynamischer Kreisprozeß, der die theoretische Grundlage zur Berechnung des Wirkungsgrades aller (periodisch arbeitender) Wärmekraftmaschinen bildet. Dem Carnotschen K. liegt folgendes, mit einem Mol eines idealen Gases durchzuführendes Gedankenexperiment zugrunde: Das Gas ist in einem Zylinder mit beweglichem Kolben eingeschlossen und kann mit einem Wärmebehälter mit der absoluten Temperatur T_1 und einem zweiten Wärmebehälter mit der niedrigeren absoluten Temperatur T_2 Wärme austauschen. Der Carnotsche K. besteht aus vier Schritten (**Carnot-Maschine**): 1) Das Gas wird bei der Temperatur T_1 isotherm und reversibel vom Volumen V_1 auf V_2 expandiert unter Verrichtung äußerer Arbeit (der Kolben wird bewegt). Dabei wird dem Wärmebehälter die Wärme Q_{T_1} entzogen und in Arbeit A_1 verwandelt. 2) Das Gas wird adiabatisch (ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung) vom Volumen V_2 auf V_3 unter Verrichtung äußerer Arbeit A_2 so expandiert, daß seine Temperatur von T_1 auf T_2 sinkt. 3) Bei der Temperatur T_2 wird das Gas isotherm und reversibel vom Volumen V_3 auf V_4 komprimiert. Die hierbei umgesetzte Arbeit A_3 entspricht der an den kälteren Wärmebehälter abgegebenen Wärmemenge Q_{T_2}. 4) Das Gas wird adiabatisch vom Volumen V_4 auf V_1 unter Aufnahme von Kompressionsarbeit A_4 so komprimiert, daß seine Temperatur von T_2 auf T_1 steigt.



Graphische Darstellung des Carnotschen Kreisprozesses: *1* T-V-Diagramm, *2* p-V-Diagramm. T absolute Temperatur, V Volumen, p Druck

Die durch den Carnotschen K. gewonnene gesamte Arbeit A ist gleich der Summe der einzelnen Arbeiten: $A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$. Da die beiden adiabatischen Arbeiten A_2 und A_4 gleich groß sind, jedoch entgegengesetzte Vorzeichen besitzen, verschwinden sie aus der Gesamtbilanz, so daß $A = A_1 + A_3$. Die Gesamtarbeit entspricht dem Unterschied zwischen der dem wärmeren Behälter entnommenen Wärme Q_{T_1} und der an den kälteren Behälter abgegebenen Wärme Q_{T_2} (Q_{T_2} ist negativ).

Der thermische Wirkungsgrad η (**Carnotscher Wirkungsgrad**) ist dabei

$$\eta = \frac{A}{Q_{T_1}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{Q_{T_1} - Q_{T_2}}{Q_{T_1}};$$

er gibt den Anteil der dem wärmeren Behälter entnommenen Wärme Q_{T_1} an, die sich in nutzbare Arbeit A verwandeln läßt, und ist immer kleiner als 1. Man kann also in einem zyklisch wiederholten Prozeß, der allen Wärmekraftmaschinen zugrunde liegt, nie Wärme vollständig in Arbeit verwandeln. Der Wirkungsgrad wird günstiger, je tiefer die Temperatur des einen Wärmebehälters und je höher die des anderen ist. Allgemein muß jeder Kreisprozeß, z. B. auch der → Clapeyronsche Kreisprozeß, der mit irgendwelchen Teilprozessen zwischen zwei gegebenen Wärmespeichern abläuft und die Gewinnung von Arbeit zum Ziel hat, denselben Wirkungsgrad η wie der Carnotsche K. haben.

Der Carnotsche K. ist ein Idealprozeß, bei dem von allen Verlusten durch mechanische Reibung, Wirbelbildung in Gasen und sonstigen Wärmeverlusten abgesehen wird. Der praktische Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschinen ist stets wesentlich geringer. So ist z. B. der theoretisch maximale Wirkungsgrad einer Dampfmaschine, die zwischen einem Druck von 12 at (T_1 etwa 192 °C = 465 °K) und Atmosphärendruck (T_2 = 100 °C = 373 °K) arbeitet, $\eta = \frac{465 - 373}{465}$ = 0,2 (= 20 %); der praktische Wirkungsgrad liegt aber im allgemeinen bei 15 %. Da durch die Temperatur der Erdoberfläche das kältere Wärmereservoir festgelegt ist, versucht man bei modernen Wärmekraftmaschinen, die Betriebstemperatur möglichst hoch zu legen.

Der Carnotsche K. kann auch in umgekehrter Richtung verlaufen, dies ist das Prinzip der Kältemaschinen und Wärmepumpen.
Carottage, svw. → Bohrlochmessung.
Cassinische Kurven, ebene Kurven 4. Grades, die sich ergeben als geometrischer Ort aller Punkte P, für die das Produkt der Abstände von zwei festen gegebenen Punkten F_1 und F_2 konstant ist: $\overline{F_1P} \cdot \overline{F_2P} = \text{const}$. C. K. treten z. B. in der Kristallphysik und in der Strömungs-

lehre auf. Eine spezielle C. Kurve ist die → Lemniskate.

Cassiopeium, frühere Bezeichnung für → Lutetium.

Castellanus, eine Wolkenform im mittelhohen Niveau, die häufig vor Gewittern auftritt. Sie hat die Form kleiner Zinnen und Türme und deutet auf labile Umlagerungen der Atmosphäre hin.

CAT [Abk. für englisch **c**lear **a**ir **t**urbulence], eine Turbulenz im wolkenfreien Raum, eine im ganzen verhältnismäßig seltene, im Bereich von Strahlströmen (→ JET) jedoch häufiger auftretende flugerschwerende oder sogar -gefährdende Böigkeit. Die Erscheinung tritt offenbar bei starken vertikalen Windscherungen (Windgeschwindigkeitsunterschiede, hier zwischen verschiedenen Höhen) besonders stark und zusammen mit orographisch bedingten Wellenbewegungen in der Atmosphäre auf. Im Gegensatz zu starker Turbulenz in Gewittern, die sich hier bereits durch Wolken ankündet, tritt bei C. kein sichtbarer Hinweis auf. Da die CAT-Zone Größenordnungen von 10^4 m Länge, 10^3 m Breite und 10^2 m Höhe besitzt, ermöglicht eine Änderung der Flughöhe um 200 bis 300 m bereits ein Entkommen aus der Gefahrenzone.

Catarol-Prozeß, → Kracken.

Cavalierisches Prinzip, ein von dem italienischen Mathematiker Cavalieri (1598–1647) entdecktes Prinzip, das besagt: Zwei Körper haben gleichen Rauminhalt, wenn sie gleich große Grundflächen und gleiche Höhen besitzen und in gleichen Abständen geführte Parallelschnitte gleich große Flächen ergeben.

CaZ, Abk. für → Zetanzahl.

Cb, altes Kurzz. für → Coulomb.

cbar, Kurzz. für Zentibar, → Bar.

C-Bombe, Abk. für Kobaltbombe, → Kernwaffen.

cc, Kurzz. für → Neusekunde.

cd, Kurzz. für → Candela.

Cd, Symbol für → Kadmium.

cd/m², Kurzz. für → Candela/Quadratmeter.

cdyn, Kurzz. für Zentidyn, → Dyn.

Ce, Symbol für → Zer.

Cellophan, → Plaste, Übers.

Celsiusskale, nach dem schwedischen Physiker A. Celsius benannte, auf den Schmelzpunkt des Eises als Nullpunkt bezogene gesetzliche Temperaturskale. A. Celsius verwendete ein Quecksilberthermometer und teilte das Intervall zwischen Eispunkt und Siedepunkt des Wassers gleichmäßig in 100 Grad (grd). Die internationale Skale korrigiert die Mißweisung dieser ursprünglich empirischen Skale und erklärt den Grad Celsius (°C) zur gesetzlichen Einheit. Für Wasser bei 760 Torr liegt der Eispunkt bei 0 °C = 273,15 °K (Grad Kelvin), der Tripelpunkt bei 0,01 °C = 273,16 °K und der Siedepunkt bei 100 °C = 373,15 °K. Temperaturdifferenzen sind in Celsius- und Kelvinskale gleich und werden mit dem Kurzz. grd angegeben; es ist also z. B. 20 °C ±1 grd zu schreiben.

Die C. ist allgemein üblich, außer in den angloamerikanischen Ländern (→ Fahrenheitskale).

Centurium, frühere Bezeichnung für → Fermium.

Čerenkov-Strahlung, → Tscherenkow-Strahlung.

Cermets [Abk. von englisch **ceram**ics ‚Keramik' und **met**als ‚Metalle'], mitunter auch als **metallkeramische Werkstoffe** bezeichnet, pulvermetallurgisch hergestellte Verbundwerkstoffe aus Metallen und Metallverbindungen, insbesondere Oxiden (→ Pulvermetallurgie). Metallische Komponenten sind z. B. Eisen, Nickel, Chrom, Wolfram und Molybdän, als Metallverbindung kommt besonders Aluminiumoxid Al_2O_3 in Betracht. Im Ausland, vor allem in den USA, rechnet man auch die Kombination von Metallen mit Karbiden, Boriden, Siliziden und Nitriden zu den C. In der Regel handelt es sich bei den C. um harte, selbst bei sehr hohen Temperaturen große Druckfestigkeit aufweisende und zunderbeständige Werkstoffe, die aber verhältnismäßig spröde und empfindlich gegen schroffen Temperaturwechsel sind. Sie werden als Hochtemperaturwerkstoffe verwendet. Ferner dienen sie zur Zerspanung von metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen sowie zur Herstellung verschleißfester Werkzeuge (→ Schneidkeramik).

CeZ, Abk. für Zetenzahl, → Zetanzahl.

Cf, Symbol für → Kalifornium.

cg, Kurzz. für Zentigramm, → Gramm.

cgs-System, Abk. für Zentimeter-Gramm-Sekunde-System, → Einheitensysteme.

Chalkogene [griechisch, ‚Erzbildner'], Bezeichnung für die Elemente Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur aus der VI. Hauptgruppe des Periodensystems. Die C. haben ähnliche physikalische und chemische Eigenschaften, die nach steigendem Atomgewicht abgestuft sind.

Chalkopyrit, Kupferkies, ein Mineral, das häufigste und wichtigste Kupfererz, $CuFeS_2$ (mit 34 % Kupfer und 30 % Eisen); tetragonal, gelb oder grünlich-gelb, oft bunt bis schwarz angelaufen, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 4,1 bis 4,3 g cm^{-3}. C. findet sich in basischen magmatischen Gesteinen zusammen mit → Pyrrhotin und → Pentlandit, auf pneumatolytischen Gängen und Kontaktlagerstätten, vor allem in hochtemperierten hydrothermalen Vorkommen.

Chalkosin, Kupferglanz, eine Mineralgruppe von der ungefähren Zusammensetzung Cu_2S; rhombisch, dunkelgrau, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 5,5 bis 5,8 g cm^{-3}. C. findet sich auf Kupfererzgängen neben Kupferkies, als Imprägnation in Sedimentgesteinen des Zechsteins, z. B. im Mansfelder Kupferschiefer.

Chalkosphäre, → Erde, Abschn. 4.

Chalkotrichit, → Kuprit.

Chalzedon, eine Varietät des → Quarzes.

Chamosit, ein → Oolith.

Charakteristik, svw. → Kennlinie.

charakteristische Strahlung, → Röntgenstrahlung.

Charge *f*, bei diskontinuierlichen metallurgischen Prozessen 1) die Füllung des Ofens bzw. Konverters mit Schmelzrohstoffen (**chargieren** = füllen, beladen).

2) die gesamte geschmolzene Metallmenge (Schmelze), die nach einem Schmelzgang entnommen wird.

3) die Zeit, die für den Durchgang der eingebrachten Schmelzrohstoffe erforderlich ist (**Chargendauer**).

Chelaplexe, Wz., → Komplexone.

Chelate, zyklische Verbindungen, bei denen Metalle oder Wasserstoff Bestandteile des Ringsystems sind. Weit verbreitet sind die **Metallchelate,** die aus einem Metallion und organischen Verbindungen mit bestimmten funktionellen Gruppen gebildet werden. → Koordinationslehre.

Chemie (Tafeln 22, 23, 24, 25), die Wissenschaft von den Stoffen, ihrem Aufbau, ihrer Zusammensetzung und Darstellung, ihren Veränderungen und den dabei herrschenden Gesetzmäßigkeiten. Die **anorganische C.** beschäftigt sich mit den chemischen Elementen und ihren Verbindungen, ausgenommen (bis auf einige sehr einfach gebaute Verbindungen ohne C–H-Bindungen, z. B. die Oxide, Kohlensäure und ihre Salze sowie die sich von ihr ableitenden Säuren, Karbide und Metallkarbonyle) die Verbindungen des Kohlenstoffs. Aus ihr sind z. B. die **Geo-, Topo-, Kristall-** und **Komplexchemie** hervorgegangen. Die **organische C.** bearbeitet – bis auf die Ausnahmen – die Verbindungen des Kohlenstoffs. Innerhalb dieses Zweiges steht die **theoretisch-organische C.** in enger Beziehung zur **physi-**

kalischen C. Den Teil der anorganischen bzw. organischen C., der sich insbesondere mit dem Aufbau (*Synthese*) von Verbindungen beschäftigt, bezeichnet man als **präparative** anorganische bzw. organische C. Die **physikalische C.** untersucht die physikalischen Erscheinungen, die bei chemischen Vorgängen auftreten, und die Beeinflussung chemischer Vorgänge durch physikalische Einwirkungen. Spezialrichtungen dieses Hauptzweigs der C. sind z. B. die **Elektro-, Photo-, Thermo-, Magneto-, Kolloid-** und **Mechanochemie** sowie die **Katalyseforschung.** Die **analytische C.** untersucht die chemische Zusammensetzung von Verbindungen, Gemischen und Lösungen nach Art (qualitative Analyse) und Menge (quantitative Analyse) der darin enthaltenen Bestandteile. Sie wendet in immer stärkerem Maße Methoden der physikalischen C. und der Physik an. **Biochemie** und **physiologische C.** untersuchen — mit etwas verschiedener Aufgabenstellung — die chemischen Vorgänge im lebenden Organismus bzw. den chemischen Mechanismus der Lebenstätigkeit. Als **theoretische** und **allgemeine C.** werden häufig die Theorie des Periodensystems, die Theorie der chemischen Bindung u. a. verstanden.

Die Überführung chemischer Erkenntnisse und Methoden in technisch nutzbare Verfahren und die Entwicklung der dazu notwendigen apparativen Ausrüstungen ist Aufgabe der **technischen C. (chemische Technologie)** und der **Verfahrenstechnik.** Wichtige Teilgebiete der organischen technischen C. sind z. B. die **C. der Hochpolymeren,** die **Petrol-, Kohle-** und **Farbenchemie;** wichtige Teilgebiete der anorganischen technischen C. sind die Düngemittelherstellung, die Herstellung der Metalle (Aluminium, Magnesium, Natrium u. a.) und der Mineralsäuren.

Anwendungen chemischer Methoden und Kenntnisse in anderen Wirtschaftszweigen sind Gegenstand der **Agrikultur-, Lebensmittel-, Wasser-, Gerberei-, Textilchemie,** der **Gerichtsmedizin** u. a.

Lit. Allgemeine Chemie: Beskow: Technisch-chemische Berechnungen (dtsch 3. Aufl. Leipzig 1962); Nowak: Fachliteratur des Chemikers (Berlin 1962); Pauling: Chemie. Eine Einführung (dtsch 4. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1962); Perelman: Taschenb. der C. (dtsch 2. Aufl. Berlin 1959); Philipp: Grundlagen der makromolekularen C. (Berlin 1964); Remsen, Reihlen u. Rienäcker: Einleitung in das Studium der C. (21. Aufl. Dresden und Leipzig 1963); W. Schäfer: C. in Theorie und Praxis, Bd I (4. Aufl. Leipzig 1964); Schwarzenbach: Allgemeine und anorganische C. (4. Aufl. Leipzig 1955); Stapf: Grundlagenchemie für technische Berufe (17. Aufl. Leipzig 1962); Biographien bedeutender Chemiker (Berlin 1964); Chemie, Lehrb. für Ingenieur- und Fachschulen (3. Aufl. Leipzig 1964); Das Chemie-Experimentierbuch (Leipzig 1962); Tabellenbuch Chemie (3. Aufl. Leipzig 1963); Brockhaus ABC Chemie, 2 Bde (Leipzig 1965); Taschenb. für Chemiker und Physiker, hrsg. von Jean d'Ans u. Ellen Lax (33. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964); Fachgruppenkatalog C. (Leipzig 1964).

Anorganische Chemie: Apicin: Aktuelle Probleme der anorganischen C. (dtsch Berlin 1958); Hollemann u. Wiberg: Lehrb. der anorganischen C. (56. Aufl. Berlin 1960); Hückel: Lehrb. der C., Teil I Anorganische C. (7. Aufl. Leipzig 1957); Náray-Szabó: Anorganische C., 3 Bde (dtsch Berlin 1959—1963); Nekrassow: Lehrgang der anorganischen und allgemeinen C. (dtsch Berlin 1956); Remy: Lehrb. der anorganischen C., 2 Bde (Leipzig, Bd I 12. Aufl. 1964, Bd II 11. Aufl. 1961), Grundriß der anorganischen C. (13. Aufl. Leipzig 1964); Schäfer: C. in Theorie und Praxis, Bd II (3. Aufl. Leipzig 1961); Spauszus: Streifzüge durch die anorganische C. (2. Aufl. Leipzig 1962); Thilo: Anorganische C. in Frage und Antwort (13. Aufl. Leipzig 1964); Trzebiatowski: Lehrb. der anorganischen C. (dtsch Berlin 1966); Westermann, Näser u. Gruhl: Anorganische C., 2 Bde (6. Aufl. Leipzig 1967); Anorganische C. für Chemiefacharbeiter (9. Aufl. Leipzig 1962); Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie (8. Aufl. Weinheim/Bergstr., seit 1922).

Organische Chemie: Becker: Einführung in die Elektronentheorie organisch-chemischer Reaktionen (Berlin 1961); H. Beyer: Lehrb. der organischen C. (11./12. Aufl. Leipzig 1966); E. Brandt: Organische C. in Frage und Antwort (10. Aufl. Leipzig 1963); Ernest: Organische C. (dtsch Leipzig 1963); L. und M. Fieser: Lehrb. der organischen C. (dtsch 4. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1960); Fodor: Organische C., 2 Bde (dtsch Berlin 1964); Gould: Mechanismus und Struktur in der organischen C. (dtsch Weinheim/Bergstraße 1962); Hauptmann: Über den Ablauf organisch-chemischer Reaktionen (Berlin 1963) Hollemann: Lehrb. der organischen C. (36. Aufl. Berlin 1960); Houben-Weyl: Methoden der organischen C. (4. Aufl. Stuttgart, seit 1953); Hückel: Lehrb. der C., Teil 2 Organische C. (6. Aufl. Leipzig 1956); Theoretische Grundlagen der organischen C., 2 Bde (Leipzig 1957—1961); Kaltofen: Organische C. für Chemiefacharbeiter (4. Aufl. Leipzig 1962); Klages: Lehrb. der organischen C., 3 Bde (Berlin 1953—1962); Kunisch, Hermann u. Döhring: Organische C. (Leipzig 1964); Langenbeck: Lehrb. der organischen C. (20. Aufl. Dresden und Leipzig 1965); R. Müller: Organische C. (7. Aufl. Berlin 1963); Oláh: Einführung in die theoretische organische C. (Bd. I dtsch Berlin 1960); Pritzkow: Theoretische Gesichtspunkte in der organischen Chemie (Dresden und Leipzig 1963); W. Schäfer: C. in Theorie und Praxis, Bd III (Leipzig 1961); Spauszus: Streifzüge durch die organische C. (Leipzig 1964); Wichterle: Allgemeine organische C. (dtsch 2. Aufl. Berlin 1959); Beilsteins Handb. der organischen C. (4. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg, seit 1918).

Physikalische Chemie: Bergmann u. Trieglaff: Physikalische C. für Chemielaboranten (Leipzig 1962); Brdička: Grundlagen der physikalischen C. (dtsch 6. Aufl. Berlin 1967); Eucken-Wicke: Grundriß der physikalischen Chemie (10. Aufl. Leipzig 1959); Eucken u. Suhrmann: Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben (6. Aufl. Leipzig 1964); Kiesselewa, Karetnikow u. Kudrjaschow: Beispiele und Aufgaben zur physikalischen C. (dtsch Leipzig 1964); Näser: Physikalische C. für Techniker und Ingenieure (9. Aufl. Leipzig 1967); Thilo: Aktuelle Probleme der physikalischen C. (Berlin 1963).

Analytische Chemie: Ackermann: Einführung in die qualitative anorganische Halbmikroanalyse (3. Aufl. Leipzig 1962); Autenrieth u. Keller: Quantitative chemische Analyse (10. Aufl. Dresden u. Leipzig 1962); Autenrieth u. Rosenmund: Qualitative chemische Analyse (5. Aufl. Dresden u. Leipzig 1958); Bauer u. Moll: Die organische Analyse (4. Aufl. Leipzig 1960); Biltz u. Fischer: Ausführung qualitativer Analysen anorganischer Stoffe im Halbmikromaßstab (14. Aufl. Leipzig 1961); Brunck, Lissner, Seltmann: Quantitative Analyse, Gravimetrie (3. Aufl. Dresden u. Leipzig 1962); Eckschlager: Fehler bei chemischen Analysen (dtsch Leipzig 1964); Holzapfel u. Tischer: Einführung in das Praktikum der anorganischen C. (13. Aufl. Leipzig 1963); Hoppe-Seyler u. Thierfelder: Handb. d. physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse (Bd 1 bis 5, 10. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg, seit 1953); Jander u. Blasius: Lehrb. der analytischen und präparativen anorganischen C. (5. Aufl. Leipzig 1964), Einführung in das anorganisch-chemische Praktikum einschließlich der quantitativen Analyse (6. Aufl. Leipzig 1964); Jander u. Wendt: Lehrb. für das anorganisch-chemische Praktikum (5. Aufl. Leipzig 1962); Müller: Praktikum der quantitativen chemischen Analyse (9. Aufl. Leipzig 1967); Okáč: Qualitative analytische C. (dtsch Leipzig 1960); Přibil: Komplexone in der chemischen Analyse (dtsch Berlin 1961); Rauscher, Voigt, I. und K.-T. Wilke: Chemische Tabellen und Rechentafeln für die analytische Praxis (2. Aufl. Leipzig 1962); Analytische C. (2 Bde Leipzig 1961/62); Analytische Chemie, Bd I Rödicker: Maßanalyse (3. Aufl. Leipzig 1964), Bd II Rödicker: Gewichtsanalyse (Leipzig 1967), Bd III Lehmann: Einführung in das qualitative Praktikum (Leipzig 1957); Einleitung in die chemische Analyse (Dresden u. Leipzig), Bd 1 Medicus u. Becke-Goehring: Kurze Anleitung zur qualitativen Analyse (28. Aufl. 1961), Bd. 4 Medicus u. Reuther: Kurze Anleitung zur technisch-chemischen Analyse (6. Aufl. 1955).

Präparative Chemie: Klikorka, Klazar, Zásteřa u. Horák: Einführung in die präparative anorganische C. (dtsch Leipzig 1963); Ruff: Einführung in das chemische Praktikum (5. Aufl. Leipzig 1961); Strecke: Einführung in die präparative C. (Leipzig 1959); Weygand u. Hilgetag: Organisch-chemische Experimentierkunst (3. Aufl. Leipzig 1964); Organikum, Organisch-chemisches Grundpraktikum (7. Aufl. Berlin 1967).

Chemische Technologie: Daniel u. Hesselbarth: Technologie der chemischen Industrie, Bd II (Leipzig 1960); Henglein: Grundriß der chemischen Technik (10. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1959); Jahn u. Wittling: Technologie der chemischen Industrie, Bd III Einführung in die Produktionstechnik (2. Aufl. Berlin 1962); Kunisch u. Steiner: Technologie der chemischen Industrie, Bd I Anorganische Chemie (Leipzig 1960);

Übersicht über die wichtigsten Chemiefaserstoffe[1]

Faserstoffart und Ausgangsstoffe	Haupteinsatzgebiete[1])	Wz. (und Herstellerland)[2])
Zellulosefaserstoffe		
Zellulose (Natriumzellulosexanthogenat, Viskose)	Anzugstoffe, Trikotagen, Strümpfe, Kleider-, Blusen-, Hemden- und Futterstoffe, Dekorations-, Möbelbezugs- und Schirmstoffe, Teppiche, Nähzwirn, technische Gewebe (bes. als Einlagen für Autoreifen)	F: Vistra WW, WKR, WWS, WSB; Merinova, Wilana, Plavia (DDR); Colvadur, Danufil, Floxan, Thrilan, Zehla (WD) S: Suprema-Premnitz, Prezenta, Travema, Elstrama, Coseta, Vistra, Visetta (DDR); Colcesa, Colcord (WD)
Zellulose, Baumwollinters (Kupferoxidammoniakzellulose)	Trikotagen, Wirkwaren, Strümpfe, Futterstoffe, gewebte Kleiderstoffe	F: Cuprama (WD) S: Kuseta (DDR); Cupresa, Cupioni, Dureta (WD) F + S: Bemberg (WD, Italien, USA)
azetonlösliches Zelluloseazetat (2,5-Azetat)	gewebte und gestrickte Oberbekleidungsstoffe, Kabelisolierungen, Trikotagen	F: Drawinella (WD) S: Aceta, Rhodiafil (WD) F + S: Acetat (WD)
Zellulosetriazetat		F: Trilan (Kanada) F + S: Tricel (Großbrit.); Arnel (USA)
Eiweißfaserstoffe		
Kasein, Erdnußprotein, Maisprotein	Hut-, Filz- und Polsterindustrie, sonst nur Mischgewebe mit anderen Faserstoffen, die dadurch einen weicheren Griff erhalten	F: Fibrolane (Großbrit.); Sarelon (USA)
Gummifaserstoffe	Gummibänder und Miederwaren (in Verbindung mit natürlichen und synthetischen Faserstoffen)	
Alginatfaserstoffe	Effektfäden für Strümpfe und Spitzengewebe	Courtaulds (Großbrit.); Alginate (Großbrit., Kanada)
Polyesterfaserstoffe		
Terephthalsäuredimethylester und Äthylenglykol	Anzugs-, Kleider-, Hemden- und Dekorationsstoffe, Wirkwaren, Nähgarne, Segel- und Filtertücher, Förderbänder, Treibriemen, elektrisches Isoliermaterial	F + S: Grisuten (DDR); Trevira, Diolen (WD); Lawsan (UdSSR); Dacron (USA); Terylene (Großbrit., Kanada)
Polyamidfaserstoffe		
Adipinsäure und Hexamethylendiamin	Strümpfe, Wäsche, Blusen- und Kleiderstoffe, Trikotagen, Dekorationsstoffe, technische Gewebe wie Planen, Filtertücher u. a., Fischfangnetze, Seile, elektrische Isolierungen, chirurgisches Nahtmaterial	S: Anid (UdSSR); Antron (USA) F + S: Nylon 66 (WD, USA, Großbrit., Frankreich); Nailon (Italien)
ε-Kaprolaktam		S: Dederon (DDR); Perlon (WD); Kapron (UdSSR); Relon (Rumänien); Silon (ČSSR); Steelon (Polen); Danulon (Ungarn); Nylon 6, Caprolan (USA); Grilon (Schweiz)
ω-Aminoönanthsäure ω-Aminopelargonsäure ω-Aminoundekansäure		S: Önanth [Enant] (UdSSR), Pelargon (UdSSR) F + S: Rilsan (Frankreich, Italien, Brasilien); Nylon 11 (USA)
Polyakrylnitrilfaserstoffe		
Akrylnitril (einschließlich der Mischpolymerisate, die weniger als etwa 10% anderer Komponenten, z. B. Vinylchlorid, Vinylazetat oder Methylakrylat, enthalten)	Oberbekleidungsstoffe, Ober- und Untertrikotagen, Dekorations- und Autobezugstoffe, Zeltplanen, Berufs-, Regen- und Tropenbekleidungsstoffe, Füllmaterial für Steppdecken, technische Gewebe wie Segeltuch, Filterstoffe, Seile, Fischfangnetze u. a.	F: Wolpryla (DDR); Dolan, Redon (WD); Nitron (UdSSR); Rolan (Rumänien); Courtelle (Großbrit.) F + S: Dralon (WD); Orlon (USA, Kanada)
Polyvinylchloridfaserstoffe		
(teilweise: nachchloriertes Polyvinylchlorid)	Säureschutzkleidung, Unterwäsche mit medizinischer Wirkung gegen Rheuma, Teppiche, Planen, Filtergewebe, Dichtungen, Seile, Borsten, Fischfangnetze	F: PeCeU (DDR) S: Chlorin (UdSSR) F + S: Piviacid (DDR)
Vinylchlorid und Vinylazetat		F: Vinyon (USA)
Vinylchlorid und Akrylnitril		F: Dynel (USA)
nachchloriertes Vinylchlorid und Zellulosenitrat		Vinitron (UdSSR)

Ferner z. B. **Polyurethanfaserstoffe** (für Borsten und Drähte), **Polyvinylidenchloridfaserstoffe** (für Berufskleidung, Filtertücher, Transportbänder, säurefeste Taue), **Polyäthylenfaserstoffe** (für Schiffstaue, Fischfangnetze, Kabelisolierungen), **Polypropylenfaserstoffe** (besonders für auf dem Wasser schwimmende Schiffstaue), **Glasfaserstoffe** (als Dämmstoff, zur Verstärkung von Plasten und Schichtpreßstoffen, für unbrennbare technische Gewebe) und Metallfaserstoffe (z. B. für Effektstoffe).

[1]) Die verschiedenen Chemiefaserstoffe werden je nach Verwendungszweck der jeweiligen Textilerzeugnisse rein oder in Mischung mit anderen Chemie- und/oder Naturfaserstoffen verarbeitet.

[2]) F = Chemiefasern (Stapelfasern); S = Chemieseide.

Laske u. Talger: Chemische Technologie, Bd II (Leipzig 1964); Ost u. Rassow: Lehrb. der chemischen Technologie (27. Aufl. Leipzig 1964); Rieche: Grundriß der technischen organischen C. (2. Aufl. Leipzig 1961); Anorganisch-technische Verfahren (Leipzig 1964); Anorganische Technologie (Leipzig 1962), Chemische Technologie 2 Bde, Bd I Klöppel u. a.; Taschenb. des Chemietechnologen (Leipzig 1963); Ullmanns Enzyklopädie der technischen C., hrsg. von Foerst (3. Aufl. München und Berlin, seit 1951, bisher erschienen 14 Bde).

Chemiefaserstoffe, Kunstfaserstoffe, Sammelbegriff für alle auf chemischem Wege erzeugten Faserstoffe (Tab. S. 140).

Einteilung. 1) Nach den *Ausgangsstoffen* unterscheidet man Fasern aus natürlichen und synthetischen Polymeren. Zu den Fasern aus natürlichen Polymeren gehören C. pflanzlichen und tierischen Ursprungs, d. h. solche, die aus natürlichen makromolekularen Substanzen durch einen chemischen Umwandlungsprozeß erzeugt werden, vor allem Zellulosefaserstoffe aus Holzzellstoff oder Baumwollinters, z. B. Viskoseseide und -faser, Kupferseide und Azetatfaserstoff, ferner Eiweißfaserstoffe, Faserstoffe aus Naturkautschuk (Gummifaserstoffe) und Alginatfaserstoffe. Die Ausgangsprodukte der synthetischen C., z. B. Polyamid-, Polyakrylnitril- und Polyesterfaserstoffe, werden wie die Plaste durch Polykondensation, Polymerisation oder Polyaddition monomerer Verbindungen hergestellt. Eine weitere Gruppe von C.n besteht aus Rohstoffen anorganischen Ursprungs. Sie werden aus silikathaltigen Schmelzen glasbildender Stoffe, aus Gesteinen, Mineralien oder Schlacken gewonnen und enthalten 30 bis 100 % Siliziumdioxid. Hierzu gehören unter anderem Glas- und Basaltfaserstoffe, Schlacken- und Gesteinsfasern. Obwohl sie „glasiger" Art sind, zählt man sie zu den Mineralfaserstoffen. Zu den anorganischen C.n gehören auch die Metallfäden.

2) Nach der *Herstellungsform* unterscheidet man **Chemiefasern** (Stapelfasern) mit endlicher, für die mechanische Verspinnung geeigneter Länge, die wie bei natürlichen Baumwoll- oder Wollfasern zwischen 4 bis 12 cm schwankt, **Chemieseiden** mit einer bestimmten Anzahl parallelliegender oder verzwirnter, praktisch endloser Einzelfäden, **Chemiebors**ten oder **-drähte**, d. s. die entsprechenden grobfädigen Erzeugnisse, sowie **Chemiefolien** mit gleichbleibendem, länglich-flachem Querschnitt. Die genannten Formen lassen sich meistens aus dem gleichen Rohmaterial in unterschiedlicher Verarbeitungsweise gewinnen.

Herstellung (Erspinnen). C. aus natürlichen Polymeren gewinnt man dadurch, daß man den von der Natur aus vorgebildeten makromolekularen Rohstoff durch chemische Behandlung in eine lösliche Form bringt (z. B. Zellulose aus Zellulosexanthogenat oder -azetat), die Lösung durch die Öffnungen einer Spinndüse preßt und ihr anschließend durch entgegenströmende heiße Luft das Lösungsmittel entzieht (Trockenspinnverfahren, z. B. Azetatseide) oder sie in einem flüssigen Medium, dem Spinnbad, unter Regenerieren der gelösten faserbildenden Substanz ausfällt. Hierbei entstehen die Fäden (Naßspinnverfahren, z. B. Viskoseseide, Kupferseide), die gleichzeitig oder anschließend verstreckt und zu den genannten Herstellungsformen weiterverarbeitet werden.

Die Grundchemikalien zur Herstellung der Fasern aus synthetischen Polymeren werden hauptsächlich aus Kohle, Erdöl, Luft und Wasser gewonnen. Die monomeren Stoffe fügt man unter verschiedenen Reaktionsbedingungen, z. B. unter Druck oder drucklos, in Lösung oder im reinen Zustand mit Hilfe von Katalysatoren zu Makromolekülen von fadenförmiger Struktur zusammen. Die makromolekularen Produkte werden entweder aus einer Lösung nach dem Trocken- oder Naßspinnverfahren versponnen (z. B. Polyakrylnitrilfaserstoffe), oder sie werden aufgeschmolzen und anschließend durch Düsen gepreßt; die sich bildenden Fäden kühlen dabei an der Luft ab und erstarren (Schmelzspinnverfahren, z. B. Polyamid- und Polyesterfaserstoffe). Der wesentlichste Vorgang bei der textilen Aufbereitung der synthetischen Fasern ist die Verstreckung der Fäden auf ein Vielfaches ihrer ursprünglichen Länge, die bei Raumtemperatur oder in der Wärme, in trockenem oder nassem Zustand erfolgt. Dabei werden die Makromoleküle parallel zur Faserachse orientiert, wo sich dann zwischen den nebeneinander gelagerten Molekülen weitere Nebenvalenzbindungen ausbilden können.

Der besondere Vorteil synthetischer Fasern gegenüber Naturfaserstoffen besteht darin, daß sie eine größere Zerreiß- und Scheuerfestigkeit sowie sehr gute Dehnungseigenschaften aufweisen, z. T. knitterarm, vielfach wasser-, licht-, wetter- und chemikalienbeständig, fäulnis- und insektenfest, nicht oder schwer entflammbar, manche auch wollartig und daher sehr wärmehaltend sind. Ebenso wie Erzeugnisse aus Naturfasern können sie veredelt, gefärbt und zu Textilien, technischen Geweben, Riemen, Seilen, Fischfangnetzen u. a. verarbeitet werden (Übers.). Da es möglich ist, die Eigenschaften der C. weitgehend zu variieren, kann man für ein bestimmtes Einsatzgebiet jeweils spezielle Fasern oder Fasermischungen herstellen.

Lit. Bobeth u. a.: Anorganische Textilfaserstoffe (Berlin 1955); Böhringer: Fortschritte in der Herstellung und im Gebrauchswert der Zellwolle (Leipzig 1952); Geßner: Naturfasern — Chemiefasern (Leipzig 1955); Götze: C. nach dem Viskoseverfahren (2. Aufl. Berlin 1951); Hill: Fasern aus synthetischen Polymeren (Stuttgart 1956); Jährling: Die Herstellung der Zellwolle und Kunstseide (Leipzig 1957), Die Welt der Chemiefaserstoffe (Leipzig 1966); Klare: Synthetische Fasern aus Polyamiden (Berlin 1963), Polyesterfasern (Berlin 1964); Lorenz: Abriß der Faserstoffchemie (2. Aufl. Leipzig 1956); Rogowin: Chemiefasern (dtsch Leipzig 1960); Schwerdtner: Chemische und physikalische Grundlagen textiler Faserstoffe (Berlin 1954); Ztschr.: Faserforschung und Textilchemie (Berlin), Deutsche Textiltechnik (Berlin).

Chemieseide, veraltete Bezeichnung **Kunstseide,** ein Chemiefaserstoff von naturseidenähnlicher Beschaffenheit, d. h. mit endlosem, außerordentlich feinem Faden, vor allem aus regenerierter Zellulose (Viskose- und Kupferseide) und Zelluloseazetat (Azetatseide), aber auch aus synthetischen Polymeren (z. B. Polyamid- und Polyesterseide). Textiltechnologisch wird C. wie Naturseide verarbeitet.

Lit. → Chemiefaserstoffe.

Chemigraphie, ein Verfahren zur Herstellung von Druckplatten (Strichätzungen, Autotypien) für den Buchdruck. Die Vorlagen (Strich- und Halbtonarbeiten) werden über Strich- oder Rasternegative und verschiedene Kopierverfahren auf eine Metallplatte übertragen. Durch anschließendes Ätzen werden die erhabenen, druckenden Teile der Druckplatte geschaffen.

Chemilumineszenz, → Lumineszenz.

chemische Bindung, → Bindung.

chemische Elemente, chemische Grundstoffe, solche Stoffe, deren Atome sämtlich die gleiche positive Kernladung aufweisen. Sie sind durch chemische Verfahren nicht weiter zerlegbar und auf chemischem Wege auch nicht ineinander überführbar. Heute kennt man insgesamt 104 verschiedene c. E., von denen aber nur 90 in der Natur nachgewiesen wurden. Die anderen 14 sind nur künstlich darstellbar, und zwar lassen sich durch unmittelbare Einwirkungen auf den Atomkern Atome eines Elements in solche eines anderen umwandeln. Diese künstlichen c.n E. sind Technetium (Ordnungszahl 43), Promethium (61) und die Transurane (93

bis 104). Von den 90 natürlichen c.n E.n sind unter normalen Bedingungen 11 gasförmig (H, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, O, N), 2 flüssig (Br, Hg) und alle übrigen fest.

Eine Unterscheidung in Metalle und Nichtmetalle ist nur grob möglich, da es Übergänge gibt und manche c.n E. in metallischer und nichtmetallischer Modifikation auftreten (→ Nichtmetalle, → Halbmetalle, → Metalle).

Der Anzahl der positiven Ladungen eines Atomkerns (Ordnungszahl, auch Kernladungszahl, Atomnummer) entspricht die gleiche Anzahl negativer Ladungen der Elektronen der Atomhülle. Der Atomkern enthält außer den Protonen noch Neutronen. Die Protonenzahl und die Neutronenzahl ergeben zusammen das abgerundete Atomgewicht (Massenzahl) des Elements. Bis zum Kalzium mit der Ordnungszahl 20 entspricht die Ordnungszahl der c.n E. etwa der Neutronenzahl; das Atomgewicht beträgt also etwa das Doppelte der Ordnungszahl. Vom Element 21 an steigt die Neutronenzahl rascher als die Protonenzahl. Haben die Atome eines Elements sämtlich die gleiche Masse, so liegt ein **Reinelement** (insgesamt 20: Al, As, Au, Be, Bi, Co, Cs, F, Ho, J, Mn, Na, Nb, P, Pr, Rh, Sc, Tb, Tm, Y) vor. Setzt sich ein Element jedoch aus Atomen gleicher Ordnungszahl, aber verschiedener Massenzahl zusammen, so spricht man von einem **Mischelement**.

Chemische Elemente

Name des Elements	Symbol	Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C)	OZ	Wertigkeit
Aktinium[1])	Ac	·	89	III
Aluminium[3])	Al	26,9815	13	I, **III**
Amerizium[1])[2])	Am	·	95	II, **III**, V, VI
Antimon	Sb	121,75	51	**III**, IV, **V**
Argon	Ar	39,948	18	0 oder VIII
Arsen[3])	As	74,9216	33	III, V
Astat[1])	At	·	85	I, **III**, V, **VII**
Barium	Ba	137,34	56	II
Berkelium[1])[2])	Bk	·	97	**III**, IV
Beryllium[3])	Be	9,0122	4	II
Blei	Pb	207,19	82	II, IV
Bor	B	10,811 ±0,003[4])	5	**III**, V
Brom	Br	79,909 ±0,002[5])	35	**I**, III, V
Chlor	Cl	35,453 ±0,001[5])	17	**I**, III, IV, V,**VII**
Chrom	Cr	51,996 ±0,001[5])	24	**I, II, III**, IV, V, **VI**
Curium[1])[2])	Cm	·	96	III
Dysprosium	Dy	162,50	66	III
Einsteinium[1])[2])	Es	·	99	III
Eisen	Fe	55,847 ±0,003[5])	26	**II, III**, VI
Erbium	Er	167,26	68	III
Europium	Eu	151,96	63	II, **III**
Fermium[1])[2])	Fm	·	100	III
Fluor[3])	F	18,9984	9	I
Frankium[1])	Fr	·	87	I
Gadolinium	Gd	157,25	64	III
Gallium	Ga	69,72	31	I, II, **III**
Germanium	Ge	72,59	32	II, IV
Gold[3])	Au	196,967	79	I, **III**
Hafnium	Hf	178,49	72	II, III, **IV**
Helium	He	4,0026	2	0 oder VIII
Holmium[3])	Ho	164,930	67	III
Indium[1])	In	114,82	49	I, II, **III**
Iridium	Ir	192,20	77	I, II, **III, IV**, VI
Jod[3])	J	126,9044	53	**I**, III, **V, VII**
Kadmium	Cd	112,40	48	II
Kalifornium[1])[2])	Cf	·	98	III
Kalium[1])	K	39,102	19	I
Kalzium	Ca	40,08	20	II
Kobalt[3])	Co	58,9332	27	I, **II, III**, IV
Kohlenstoff	C	12,01115 ±0,00005[4])	6	II, III, **IV**
Krypton	Kr	83,80	36	0 oder VIII
Kupfer	Cu	63,54	29	**I, II**, III
Kurtschatovium[1])[2])	Ku	·	104	·
Lanthan[1])	La	138,91	57	III
Lawrentium[1])[2])	Lw	·	103	·
Lithium	Li	6,939	3	I
Lutetium[1])	Lu	174,97	71	III
Magnesium	Mg	24,312	12	II
Mangan[3])	Mn	54,9380	25	I, **II**, III, **IV**, V, VI, **VII**
Mendelevium[1])[2])	Md	·	101	III
Molybdän	Mo	95,94	42	II, III, IV, V, **VI**
Natrium[3])	Na	22,9898	11	I

Name des Elements	Symbol	Atomgewicht (bezogen auf ^{12}C)	OZ	Wertigkeit
Neodym[1])	Nd	144,24	60	III
Neon	Ne	20,183	10	0 oder VIII
Neptunium[1])[2])	Np	·	93	III, **IV**, V, **VI**
Nickel	Ni	58,71	28	I, **II**, III, IV
Niob[3])	Nb	92,906	41	II, III, IV, **V**
Nobelium[1])[2])	No	·	102	II, **III**
Osmium	Os	190,2	76	II, III, IV, **VI, VIII**
Palladium	Pd	106,4	46	**II**, III, IV
Phosphor[3])	P	30,9738	15	I, **III**, IV, **V**
Platin[1])	Pt	195,09	78	I, **II**, III, **IV**, VI
Plutonium[1])[2])	Pu	·	94	III, **IV**, V, VI
Polonium[1])	Po	·	84	**II**, IV, VI
Praseodym[3])	Pr	140,907	59	**III**, IV
Promethium[1])[2])	Pm	·	61	III
Protaktinium[1])	Pa	·	91	IV, **V**
Quecksilber	Hg	200,59	80	I, II
Radium[1])	Ra	·	88	II
Radon[1])	Rn	·	86	0 oder VIII
Rhenium[1])	Re	186,2	75	I, II, III, IV, V, VI, **VII**
Rhodium[3])	Rh	102,905	45	I, II, **III, IV**, VI
Rubidium[1])	Rb	85,47	37	I
Ruthenium	Ru	101,07	44	II, III, **IV**, V, VI, VII, VIII
Samarium[1])	Sm	150,35	62	II, **III**
Sauerstoff	O	15,9994 ±0,0001[4])	8	II
Schwefel	S	32,064 ±0,003[4])	16	**II**, IV, **VI**
Selen	Se	78,96	34	II, **IV**, VI
Silber	Ag	107,870 ±0,003[5])	47	**I**, II, III
Silizium	Si	28,086 ±0,001[4])	14	II, **IV**
Skandium[3])	Sc	44,956	21	III
Stickstoff	N	14,0067	7	I, II, **III**, IV, **V**
Strontium	Sr	87,62	38	II
Tantal	Ta	180,948	73	II, III, IV, **V**
Technetium[1])[2])	Tc	·	43	IV, VI, **VII**
Tellur	Te	127,60	52	II, **IV**, VI
Terbium[3])	Tb	158,924	65	**III**, IV
Thallium	Tl	204,37	81	I, III
Thorium[1])	Th	232,038	90	II, III, **IV**
Thulium[3])	Tm	168,934	69	III
Titan	Ti	47,90	22	II, III, **IV**
Uran[1])	U	238,03	92	II, III, **IV**, V, **VI**
Vanadin	V	50,942	23	I, II, III, IV, **V**
Wasserstoff	H	1,00797 ±0,00001[4])	1	I
Wismut[3])	Bi	208,980	83	II, **III**, V
Wolfram	W	183,85	74	II, III, IV, V, **VI**
Xenon	Xe	131,30	54	0 oder VIII
Ytterbium	Yb	173,04	70	II, **III**
Yttrium[3])	Y	88,905	39	III
Zäsium[3])	Cs	132,905	55	I
Zer	Ce	140,12	58	**III**, IV
Zink	Zn	65,37	30	II
Zinn	Sn	118,69	50	II, IV
Zirkonium	Zr	91,22	40	II, III, **IV**

[1]) Ganz oder teilweise radioaktiv. [2]) Nur künstlich darstellbar. [3]) Reinelement. [4]) Schwankung auf Grund der natürlichen Änderung in der Isotopen-Zusammensetzung. [5]) Experimentelle Unsicherheit. Bei den anderen Elementen beträgt die Zuverlässigkeit der letzten Stelle ± 0,5. Die fettgedruckten Wertigkeiten bedeuten die beständigsten Wertigkeitsstufen des betreffenden Elements.

Die zu einem Element gehörenden Atome verschiedener Masse nennt man → Isotope. Atomarten verschiedener Kernladung, aber gleicher Masse werden als → Isobare bezeichnet.

Die c.n E. mit den höchsten Ordnungszahlen verwandeln sich fortwährend von selbst durch den natürlichen radioaktiven Zerfall (→ Radioaktivität) in leichtere c. E., da die Anhäufung von vielen Protonen den Atomkern instabil macht. Desgleichen sind sämtliche nur durch kernphysikalische Reaktionen zugänglichen c.n E. radioaktiv.

Jedes Element besitzt ein bestimmtes chemisches → Symbol. Auf Grund der sich periodisch wiederholenden chemischen und auch physikalischen Eigenschaften der c.n E. hat man letztere im → Periodensystem der c.n E. zusammengefaßt. Da dieses den kernphysikalischen Gesetzmäßigkeiten entspricht, kann man aus ihm den systematischen inneratomaren Zusammenhang der c.n E. erkennen.

Über den Durchschnittsgehalt der c.n E. in der Erdkruste (→ Erde, Abschn. 4) gibt die *Clarkezahl* Auskunft; z. B. sind enthalten (in g/t): Sauerstoff 466000, Silizium 277200, Aluminium 81300, Eisen 50000, Kalzium 36300, Natrium 28300, Kalium 25900, Magnesium 20900, Titan 4400, Wasserstoff 1400, Phosphor 1180, Mangan 1000. Die Häufigkeitsverteilung der c.n E. im gesamten Weltall ist, soweit bekannt, ungefähr der auf der Erde gleich. C. E. mit gerader Ordnungszahl kommen häufiger vor als solche mit ungerader Ordnungszahl (*Harkinssche Regel*).

chemische Formel, → Formel.

chemische Gleichung, → Gleichung.

chemische Grundstoffe, → chemische Elemente.

chemische Kinetik, svw. → Reaktionskinetik.

chemische Nomenklatur, → Nomenklatur.

chemische Reaktion, → Reaktion.

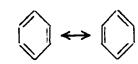
chemisches Reinigen, Trockenreinigung, die Reinigung von Textilien mit organischen Lösungsmitteln, z. B. Benzin/Benzol-Gemisch, Trichloräthen, Perchloräthan und Kohlenstofftetrachlorid. Die Lösungsmittel lösen aus den Textilien die fettigen und vom Fett eingehüllten Schmutzteile, ohne Ränder zu hinterlassen. Das verschmutzte Lösungsmittel wird durch Destillation von den Verunreinigungen befreit und wieder zur Reinigung verwendet. Zur Verbesserung der Reinigungswirkung werden den Lösungsmitteln häufig *Reinigungsverstärker* zugegeben, das sind in Wasser gelöste grenzflächenaktive Substanzen, die vor allem zur Entfernung von Pigmentschmutz und anderen nicht fettigen Verschmutzungen dienen. Der Grundbehandlung mit den genannten Lösungsmitteln schließt sich die Nachbehandlung an, die eine Naßreinigung mit den üblichen Waschmitteln darstellt. Dadurch sollen Schmutz- und Lösungsmittelreste von den Fasern entfernt werden. Häufig werden die Textilien noch in Sodabädern oder Lösungen aus hochmolekularen Polyphosphaten gespült, die Kalkseife aus den Geweben lösen. Zur Farbauffrischung erfolgt eine Spülung mit kalten, stark verdünnten Lösungen von Schwefel-, Essig- oder Ameisensäure.

Lit. Textilreinigung (Leipzig 1962); Die Wäscherei, Fachzeitschrift für die Textilreinigung (Leipzig).

chemische Verbindung, → Verbindung.

chemische Zeichen, 1) svw. → Symbole.

2) in der chemischen Literatur verwendete Kurzzeichen:

← oder →	Reaktionsablauf in einer bestimmten Richtung, z. B. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
⇌	reversible (umkehrbare) Reaktion, chemisches Gleichgewicht, z. B. $H_2 + J_2 \rightleftharpoons 2\,HJ$
↓	Fällung eines Reaktionsproduktes (wird nur in besonderen Fällen benutzt), z. B. $AgNO_3 + NaCl \rightarrow AgCl\downarrow + NaNO_3$
↑	Entweichen eines gasförmigen Reaktionsproduktes (wird nur in besonderen Fällen benutzt), z. B. $CaCO_3 + 2\,HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$
·	einsames Elektron in Elektronenformeln, z. B. H·
:	Elektronenpaar in Elektronenformeln, ungebunden, z. B. ·N̈:, oder Bindungselektronenpaar (Einfachbindung), z. B. H:C̈:H (H darunter)
::	Doppelbindung in Elektronenformeln, z. B. H H; C:: C; H H.
	Dreifachbindung in Elektronenformeln, z. B. H:C:::C:H
—	vereinfachte Schreibweise für ein freies Elektronenpaar, z. B. ·N̈|, oder für ein Bindungselektronenpaar (Einfachbindung), z. B. H–C(H)(H)–H
=	vereinfachte Schreibweise für Doppelbindung, z. B. H H; C=C; H H
≡	vereinfachte Schreibweise für Dreifachbindung, z. B. H–C≡C–H
→	semipolare Bindung (koordinative Atombindung), z. B. R–N(R)(R)→O
....	Wasserstoffbindung (Wasserstoffbrücke), z. B. R–O–H .... R–O–H .... R–O–H
↔	Mesomerie, z. B. 
[ ]	Bezeichnung für Komplexverbindungen, z. B. $[Cu(NH_3)_4]SO_4$, wird oft auch weggelassen (vor allem bei Anionen sauerstoffhaltiger Säuren), z. B. Na_2SO_4 statt $Na_2[SO_4]$
	vereinfachte Schreibweise für Benzol C_6H_6
oder	vereinfachte Schreibweise für Zyklohexan C_6H_{12}
	aromatisches Bindungssystem
+ oder − (hochgestellt)	Ionenwertigkeit (elektrochem. Wertigkeit), z. B. Na^+, Be^{++} (oder Be^{2+}), NO_3^-, SO_4^{--} (oder SO_4^{2-}); mitunter auch Na· (statt Na^+), NO_3' (statt NO_3^-) u. a.
(I), (II) usw.	Angabe von Ionenwertigkeiten von Elementen in Namen von Verbindungen, z. B. Kupfer(I)-chlorid, oder der Oxydationsstufe von Elementen in Namen von Verbindungen mit semipolaren Bindungen, z. B. Kaliummanganat (VI) für K_2MnO_4
oder	symbolische Darstellung des Elektronenspins

(+) oder (−) Drehungssinn (rechts oder links) optisch aktiver Verbindungen, z. B. L(−)-Glyzerinaldehyd

⊖ e oder e^- Elektron in chemischen Reaktionsgleichungen, z. B. $Fe^{3+} + \ominus \rightarrow Fe^{2+}$ (oder: $Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$)

Chemisorption, → Sorption.

Chemotherapeutika, *Sing.* Chemotherapeutikum, synthetische, organisch-chemische Substanzen, die in der Lage sind, im Organismus befindliche Mikroorganismen zu schädigen oder abzutöten. Zu den C. gehören organische Arsen- und Antimonverbindungen, Malariamittel, → Sulfonamide und → Tuberkulostatika.

Lit. Pharmakologie und Grundlagen der Toxikologie (3. Aufl. Leipzig 1961).

Chevreau, ein → Leder aus Ziegenfellen.

Chevrette, ein → Leder aus Schaffellen.

Chiastolith, eine Varietät des → Andalusits.

Chinin, das wichtigste Alkaloid des Chinarindenbaums. C. baut sich aus zwei Ringsystemen, dem Chinolin- und dem Chinuklidinring, auf. Es hat pharmazeutische Bedeutung als fiebersenkendes Mittel und insbesondere als Mittel gegen Malaria.

Chinolin, eine organische Base, die aus einem Benzol- und einem Pyridinring besteht. C. ist eine farblose Flüssigkeit (Kp. 238 °C). Es kommt im Stein- und Braunkohlenteer sowie in einigen Erdölarten und in geringer Menge im Knochenöl vor. C. und seine Derivate sind wichtige Ausgangsstoffe für Pharmazeutika, Farbstoffe (Chinolinfarbstoffe) und Pflanzenschutzmittel.

Chinolin

Chinolinblau, Chinolingelb, → Zyaninfarbstoffe.

Chinone, zyklische Dioxoverbindungen, die sich vom Benzol oder mehrkernigen aromatischen Kohlenwasserstoffen, z. B. Anthrazen, ableiten. Die C. sind kristalline, gelb bis rot gefärbte Verbindungen. Die einfachsten Vertreter sind die sich vom Benzol ableitenden Verbindungen p-Benzochinon (goldgelbe Kristalle, F. 117 °C) und o-Benzochinon (rote, zersetzliche Kristalle). Besonders wichtig ist das Chinon des Anthrazens, das → Anthrachinon.

Chitin, ein kompliziertes stickstoffhaltiges Polysacharid der Bruttoformel $(C_8H_{13}O_5N)_n$, das chemisch der Zellulose ähnlich ist. Durch saure Hydrolyse wird C. zu Essigsäure und Glukosamin, einem Aminozucker, gespalten. C. ist der Gerüststoff der Gliederfüßer, Weichtiere, vieler Pilze und Flechten. Besonders rein kommt es in Hummerschalen und Maikäferflügeln vor, aus denen es gewonnen werden kann.

Chloanthit, → Smaltin.

Chlor, Symbol **Cl**, chemisches Element aus der VII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Halogene; Ordnungszahl 17, Massenzahlen der Isotope **35** und **37**, Atomgewicht 35,453 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist I und VII, auch III, IV, V, D. des flüssigen C.s 1,57 g cm^{-3} bei −34,0 °C, F. −102,4 °C, Kp. −34,0 °C, kritische Temperatur 144 °C, kritischer Druck 76,1 atm, kritische D. 0,57 g cm^{-3}. 1774 wurde freies C. erstmals von Scheele dargestellt.

Eigenschaften. C. ist ein erstickend riechendes, gelbgrünes Gas, das auf die Schleimhäute der Atmungsorgane ätzend und entzündungserregend wirkt, später zu Atemnot und Lungenbluten führt. In Wasser ist es ziemlich gut löslich; die Lösung, das **Chlorwasser**, besteht zu einem beträchtlichen Teil aus unterchloriger Säure und Salzsäure. Erstere geht allmählich unter Sauerstoffentwicklung in Salzsäure über. Auf der oxydierenden Wirkung des Sauerstoffs in statu nascendi beruht die Verwendung des C.s bei Anwesenheit von Feuchtigkeit zur Chlorbleiche. C. ist sehr reaktionsfähig, es verbindet sich direkt mit allen Elementen außer mit Edelgasen, Kohlenstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Ein Gemisch von C. und Wasserstoff im Verhältnis 1:1 explodiert im direkten Sonnenlicht oder bei örtlicher Erhitzung **(Chlorknallgas)**.

Vorkommen und Gewinnung. Die größte Menge C. findet sich in Form gelöster Alkali- und Erdalkalichloride im Meerwasser und auf den durch Eindunsten von Meerwasser entstandenen Salzlagerstätten. Die wichtigsten Minerale sind Steinsalz NaCl, Sylvin KCl, Karnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ und Kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$. Im Labor wird C. meist durch Erhitzen von konzentrierter Salzsäure mit Mangan(IV)-oxid MnO_2 dargestellt. Technisch gewinnt man C. heute vor allem durch die → Chloralkalielektrolyse. In neuerer Zeit wird jedoch auch wieder nach dem bereits vor der Chloralkalielektrolyse entwickelten und jetzt verbesserten *Deacon-Verfahren* gearbeitet, bei dem ein Gemisch von Chlorwasserstoff und Luft über spezielle Katalysatoren, z. B. kupferhaltiges Chromoxid oder eine eutektische Schmelze von Eisen(III)-chlorid und Kalziumchlorid u. a., geleitet wird. C. läßt sich leicht unter Einfluß von Druck, Kälte oder durch Kombination beider Faktoren verflüssigen. Es kommt verflüssigt in Kesselwagen, Fässern oder Stahlflaschen in den Handel.

Verwendung. Hauptsächlich wird C. von der chemischen Großindustrie zur Herstellung anorganischer (z. B. Chloride und Chlorate) oder organischer Chlorverbindungen (z. B. chlorhaltige Lösungsmittel; Kunststoffe, Farbstoffe, Insektizide) verwendet. Ferner dient es zum Entkeimen von Trinkwasser und zur Desinfektion des Wassers in Badeanstalten (*Chlorung*).

Chlorverbindungen. 1) Mit Sauerstoff: **Chlormonoxid (Dichloroxid)**, Cl_2O, ein gelbbraunes Gas, das Anhydrid der **hypochlorigen Säure** HOCl, deren Salze *Hypochlorite* (z. B. Kaliumhypochlorit, → Kalium; Natriumhypochlorit → Natrium) genannt werden, ein gemischtes Salz der hypochlorigen Säure und Salzsäure ist → Chlorkalk; **Chlordioxid**, ClO_2, ein grünlichgelbes, sehr explosibles Gas, das gemischte Anhydrid der **chlorigen Säure** $HClO_2$, deren Salze *Chlorite* (z. B. Natriumchlorit, → Natrium) genannt werden, und der **Chlorsäure** $HClO_3$, deren Salze *Chlorate* (z. B. Kaliumchlorat, → Kalium; Natriumchlorat, → Natrium) heißen; **Chlorhexoxid (Dichlorhexoxid)**, Cl_2O_6, eine dunkelrote Flüssigkeit, das gemischte Anhydrid der Chlorsäure und Perchlorsäure; **Chlorheptoxid (Dichlorheptoxid)** Cl_2O_7, eine farblose Flüssigkeit, das Anhydrid der **Perchlorsäure** $HClO_4$, deren Salze man *Perchlorate* nennt.

2) Mit Wasserstoff: **Chlorwasserstoff (Wasserstoffchlorid)**, HCl, ein farbloses, stechend riechendes Gas, das entweder direkt aus den Elementen Cl_2 und H_2 oder aus Natriumchlorid und konzentrierter Schwefelsäure gewonnen wird, die wäßrige Lösung wird als **Chlorwasserstoffsäure** (→ Salzsäure) bezeichnet, die Salze sind die *Chloride* (z. B. Ammoniumchlorid, → Ammonium ...; Kaliumchlorid, → Kalium; Natriumchlorid, → Salz 2; Kalziumchlorid, → Kalzium; Silberchlorid, → Silber).

3) Weiter sind noch unter anderem Verbindungen des C.s mit → Phosphor und → Schwefel sowie viele organische Chlorverbindungen bekannt.

Chloralkalielektrolyse, das wichtigste großtechnische Verfahren zur Gewinnung von Alkalilaugen (vor allem Natronlauge), Chlor und Wasserstoff auf Grund der Zerlegung von Alkalichloridlösungen durch den elektrischen Strom (→ Elektrolyse). Die Grundgleichung des Vorgangs ist z. B. bei Natriumchlorid als Elektrolyt:

$$2NaCl + 2H_2O \xrightarrow{\text{elektr. Strom}} 2NaOH + H_2 + Cl_2.$$

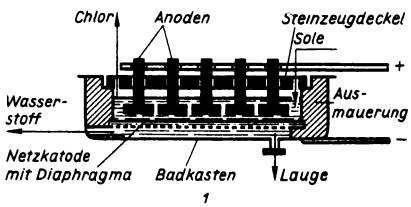
Man unterscheidet zwei Verfahren:

1) *Diaphragmaverfahren* (1884 von Breuer entwickelt, von Billiter wesentlich verbessert). Man

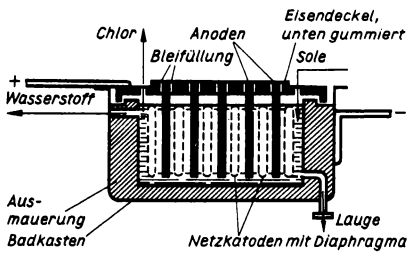
arbeitet mit Elektrolysierzellen, die zahlreiche Anoden aus Graphit oder Magnetit und ein Netz aus Eisen- oder Kupferdraht oder mehrere leitend verbundene Taschen aus Drahtnetz als Katoden enthalten. Die Katoden sind entweder horizontal gelagert, z. B. bei der Billiter-Zelle, oder vertikal befestigt, z. B. bei der Bitterfelder Zelle, der Griesheimer Zelle und der Gauß-Zelle. Die Zellen mit vertikaler Katodenanordnung lassen durch ihre größere Elektrodenoberfläche auf gleichem Raum eine stärkere Strombelastung zu und sind dadurch leistungsfähiger als die Zellen mit horizontaler Anordnung.

Die Natriumchloridlösung fließt von oben in die Zelle ein. Bei Stromdurchfluß entsteht an den Anoden Chlor, und an der Katode scheidet sich Wasserstoff ab, da er eine geringere Abscheidungsspannung benötigt als das Metall. Die Natriumionen verbleiben in der Lösung, so daß sich Natronlauge bildet. Diaphragmen zwischen Anoden- und Katodenraum verhindern die Vermischung. Bei den Zellen mit horizontal gelagerten Katoden wird das Diaphragma durch auf dem Drahtnetz liegendes Asbestpapier, das mit einer Paste aus Schwerspat und Asbestwolle bedeckt ist, gebildet. Bei vertikal befestigten Katoden ist außen Asbestwolle aufgesaugt.

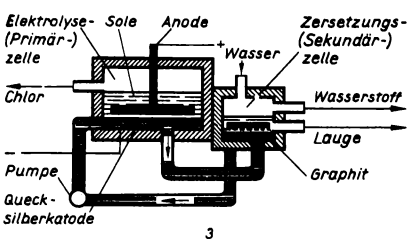
2) *Amalgamverfahren* oder *Quecksilberverfahren* (1892 von Castner und Kellner entwickelt). Es wird in zwei Zellen durchgeführt, der eigentlichen Elektrolysezelle (Primärzelle) und der daneben befindlichen Zersetzerzelle (Sekundärzelle, Pile). Durch die Primärzelle wird ein Quecksilberstrom gepumpt, der als Katode dient, darüber befinden sich Graphitplatten als Anoden. Die Natriumionen werden an der Quecksilberkatode entladen und bilden mit dem Quecksilber noch vor der Reaktion mit Wasser zu Natronlauge Natriumamalgam. An der Anode entwickelt sich Chlor und verläßt mit der Sole die Zelle. Im Unterschied zum Diaphragmaverfahren wird die Sole im Kreislauf gefahren, d. h., sie verliert in der Zelle nicht ihren gesamten Salzgehalt, sondern wird nur verarmt. Das Amalgam wird in die Pile transportiert und dort durch Wasser in Natronlauge, Wasserstoff und Quecksilber zersetzt. Das Quecksilber wird in die Elektrolysezelle zurückgepumpt. Das Amalgamverfahren liefert fast chloridfreie Natronlauge.



1



2



3

Chloralkalielektrolyse: *1* Diaphragmaverfahren (Billiter-Zelle); *2* Diaphragmaverfahren (Bitterfelder Zelle); *3* Quecksilberverfahren (Elektrolyse- und Zersetzerzelle)

Lit. → Elektrolyse.

Chloramphenikol, Chloronitrin, Wz. (DDR), ein Antibiotikum aus dem Strahlenpilz Streptomyces venezuelae. C. hat eine breite antibakterielle Wirkung. Man gibt es als Mittel bei Erkrankungen der ableitenden Harnwege, ferner gegen Typhus, Paratyphus, Fleckfieber und Keuchhusten. C. wird synthetisch hergestellt.

Chlorargyrit, Kerargyrit, Hornsilber, Silberhornerz, AgCl; das häufigste der natürlichen Silberhalogenide (mit 75 % Silbergehalt), kubisch. C. spielte früher als Silbererz eine größere Rolle, jedoch sind die an der Oberfläche liegenden Vorkommen bis auf Ausnahmen erschöpft.

Chlorate, die Salze der Chlorsäure, → Chlor.

Chloräthyl, svw. → Äthylchlorid.

Chloratsprengstoffe, Sprengstoffgemische, die aus 85 bis 90 % Kaliumchlorat $KClO_3$ mit Zusätzen von dünnflüssigen Mineralölen, Holzmehl und anderen Stoffen bestehen. Sie sind reibungsempfindlich und dürfen nur im Kali- und Salzbergbau verwendet werden. C. sind z. B. die Chloratite und Cheddite.

Chlorbuna, → Kautschuk.

Chlorbutadien, svw. → Chloropren.

Chlorhydrine, Chlorderivate der Alkohole, die durch Einwirkung von Chlorwasserstoff auf mehrwertige Alkohole entstehen oder durch Anlagerung von hypochloriger Säure an Alkene. Einfachster Vertreter ist das **Glykolchlorhydrin** (Äthylenchlorhydrin) $OH—CH_2—CH_2—Cl$. Das technisch wichtige **Epichlorhydrin** $Cl—CH_2—CH—CH_2$, das zur Herstellung der → Epoxidharze verwendet wird, gehört nicht zu den C.n, da es keine Hydroxylgruppe, sondern einen Äthylenoxidring enthält.

Chloride, die Salze der Salzsäure, → Chlor.

Chlorierung, → Halogenierung.

Chlorin, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Chlorite, 1) Chemie: die Salze der chlorigen Säure, → Chlor.

2) Mineralogie: eine Mineralgruppe von der Struktur der Tonminerale, wasserhaltige, alkali- und kalziumfreie Magnesium-Eisen-Aluminium-Silikate von blättrig-schuppiger bis dichter Ausbildung; meist hell- bis dunkelgrün, Härte nach Mohs 1 bis 2,5, D. 2,5 bis 3,1 g cm^{-3}. Die Hauptreihe der Chlorite kann als Mischung zwischen einem tonerdearmen und einem tonerdereichen Endglied aufgefaßt werden: **Pennin** $(Mg, Fe)_6 Al[AlSi_3O_{10}] (OH)_8$ über **Klinochlor, Prochlorit** zum **Amesit** $(Mg, Fe)_4Al_2[Al_2Si_2O_{10}] (OH)_8$. Zur Cloritgruppe gehören auch **Chamosit, Thuringit.** C. sind die hauptsächlichen Bestandteile der Chloritschiefer und ähnlicher metamorpher Gesteine, ferner finden sie sich als hydrothermale Drusenminerale.

Chlorkalk, Bleichkalk, im wesentlichen Kalziumchloridhypochlorit $CaCl(OCl)$, das außerdem noch Kalziumhydroxid $Ca(OH)_2$ und Kristall-

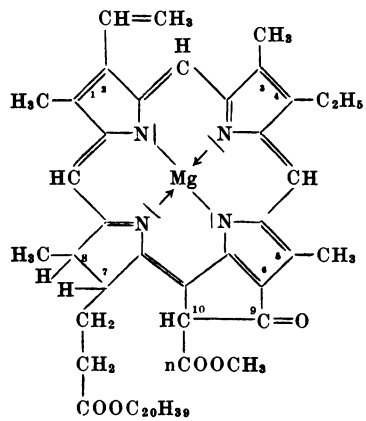
wasser enthält. C. ist ein weißes, scharf nach Chlor riechendes, in Wasser etwas lösliches Pulver, das stark oxydierend wirkt. Durch Einwirkung von Säuren wird sowohl aus dem festen Pulver als auch aus seiner Lösung in Wasser Chlor frei. C. wird technisch durch Einwirkung von Chlorgas auf feinpulvriges Kalziumhydroxid in Chlorkammern oder Drehrohröfen gewonnen. Er wird als Bleich-, Oxydations- und keimtötendes Mittel verwendet. Da er sich bei stärkerer Belichtung zersetzt, muß er dunkel und trocken aufbewahrt werden.

Chlormethyl, svw. → Methylchlorid.

Chloroform, **Trichlormethan,** $CHCl_3$, eine wasserhelle, schwere Flüssigkeit von süßlichem Geruch und Geschmack (Kp. 61°C). C. verdampft bereits bei Zimmertemperatur und zersetzt sich bei Licht; in Wasser ist es schwer löslich, dagegen leicht in den meisten organischen Lösungsmitteln. An der Luft zersetzt sich C. unter Einwirkung von Sonnenlicht in Phosgen und Chlorwasserstoff. Es muß deshalb in dunklen Flaschen und zur Beseitigung des Phosgens mit etwa 1 % Äthanol aufbewahrt werden. Man gewinnt C. durch Umsetzung von Chlorkalk mit Äthanol in wäßriger Lösung. Heute verwendet man C. vor allem als Lösungs- und Extraktionsmittel. Als Inhalationsanästhetikum wird es nur noch in besonderen Fällen verwendet.

Chloronitrin, Wz., → Chloramphenikol.

Chlorophyll, Blattgrün, Farbstoff, der das Grün der Pflanzen bedingt. Das C. in der Pflanze sitzt an geformten Farbstoffträgern, den **Chloroplasten**



Chlorophyll a

(Chromophore), die im Protoplasma liegen. Das C. ist notwendig zur Assimilation des Kohlendioxids der Luft mit Hilfe des Lichts (Photosynthese). Das natürliche C. ist ein Gemisch aus dem blaugrünen C. a und dem gelbgrünen C. b in einem Verhältnis von a:b wie 3·1. In C. b befindet sich in 3-Stellung an Stelle der CH_3-Gruppe eine CHO-Gruppe. C. enthält Magnesium als Komplexmetall, um das ein aus 4 Pyrrolkernen aufgebautes Porphyrinskelett liegt. Die beiden Karboxylgruppen sind mit Methanol und Phytol verestert. Das C. ist in seinem Aufbau der roten Farbkomponente des Blutes (Hämoglobin) sehr ähnlich.

Chloropren, **Chlorbutadien,** eine chlorierte Butadienverbindung, die durch Anlagerung von Chlorwasserstoff an Vinyläthin entsteht. C. ist der Ausgangsstoff für das kautschukelastische Produkt **Polychlorbutadien,** das für Kabelschutzmassen, Förderbänder, Auskleidungen von Gefäßen, Ölschläuche, als Klebstoffe u. a. verwendet wird.

Chlortetrazyklin, → Tetrazykline.

Choke, **Chokebohrung,** **Würgebohrung,** eine Laufverengung an der Laufmündung von Jagdflinten. Wird ein Schrotschuß aus einem Lauf mit durchgehend zylindrischer Bohrung abgegeben, so vergrößert sich der Durchmesser der Schrotsäule nach dem Verlassen des Laufes sehr schnell, und es entsteht eine beträchtliche Streuung. Durch die C. wird die Streuung verkleinert, die Trefferzahl wird größer. Die Choke kann in Länge und Durchmesser unterschiedlich gebohrt werden und somit engere oder breitere Streuung auf kurze oder längere Entfernungen erzielen.

Cholansäure, der Grundkörper der → Gallensäuren.

Cholesterin, ein Zoosterin (→ Sterine). Es kommt in allen tierischen Zellen und Organen vor, besonders im Gehirn, Rückenmark, in Gallensteinen und im Wollfett, aus denen es auch gewonnen werden kann. Im Organismus ist C. Ausgangsstoff für den Aufbau der Gallensäuren, eine Reihe von Nebennierenrindenhormonen und Vitamin D. Physiologisch wirkt C. entgiftend, z. B. auf Saponine, mit denen es unlösliche Molekülverbindungen bildet. C. kann als Emulgator für kosmetische und pharmazeutische Präparate sowie für Oberflächenmittel verwendet werden.

Cholin, Trimethyl-hydroxyäthyl-ammoniumhydroxid, $CH_3OH—CH_2N(CH_3)_3OH$, ein biogenes Amin, das sich als Spaltprodukt des Lezithins in vielen Pflanzen und tierischen Organen findet. Im biologischen Geschehen wirkt C. als Methylierungsmittel, es vermindert die Ablagerung von Fett im Körper und wirkt blutdrucksenkend. Das Azetylderivat, **Azetylcholin,** ist physiologisch stärker wirksam als C. Es ist für die Reizbildung und -leitung innerhalb des vegetativen Nervensystems unerläßlich (Anregung der Darmperistaltik). In der Medizin dienen C. und Azetylcholin zur Behandlung von peripheren Durchblutungsstörungen, Muskellähmungen, Erfrierungen und Krampfadergeschwüren.

Cholsäure, eine → Gallensäure.

Chopper [englisch to chop ‚zerschneiden'], eine mechanische Einrichtung zum Zerteilen kontinuierlicher Strahlung in einzelne Strahlungsimpulse. Zur Messung von Neutronengeschwindigkeiten werden bei der → Flugzeitmethode schnell rotierende geschlitzte Kadmiumblenden als C. verwendet.

Christansen-Filter, ein → optisches Filter.

Chrom, Symbol **Cr,** chemisches Element aus der VI. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 24, Massenzahlen der Isotope 50, 52, 53 und 54, Atomgewicht 51,996 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II, III, VI, auch I, IV, V, D. 7,2 g cm^{-3}, F. etwa 1900 °C, Kp. etwa 2220 °C; 1797 von Vauquelin entdeckt. C. ist silberweiß, sehr hart und vor allem in seinen VI-wertigen Verbindungen sehr giftig. Von Salpetersäure wird C. nicht angegriffen, von verdünnter Schwefelsäure und Salzsäure wird es unter Wasserstoffentwicklung gelöst. Es kommt in der Natur nur in Form von Verbindungen vor; das verbreitetste und wichtigste Chromerz ist der Chromit $FeO \cdot Cr_2O_3$. Er wird mit Natriumkarbonat und Kalziumoxid unter Luftzutritt bei 1000 bis 1300 °C zu Natriumchromat oxydiert, das zunächst zum Chrom-(III)-oxid und dann aluminothermisch zum Metall reduziert wird. In reiner Form wird C. wegen seiner Sprödigkeit nicht verwendet. Es spielt als Legierungselement (Ferrochrom, → Ferrolegierungen; → Schneidmetalle; → Contracid, → Inconel) sowie zum Oberflächenschutz von Metallteilen (→ Verchromen, → Inchromieren) eine wichtige Rolle.

Chromverbindungen. Chrom(III)-oxid, Cr_2O_3, ein grünes Pulver, unter den Bezeichnungen *Chromoxidgrün, grüner Zinnober* und *Laubgrün* verwendet für Anstrichfarben, zum Druck chemikalienfester Wertpapiere, zum Färben von Glas, Gummi u. a.; **Chrom(VI)-oxid (Chromtrioxid)**, CrO_3, dunkelrote Kristalle, das Säureanhydrid der gelben **Chromsäure** H_2CrO_4, der gelbroten **Dichromsäure** $H_2Cr_2O_7$, der roten **Trichromsäure** $H_2Cr_3O_{10}$ oder der dunkelroten **Polychromsäuren**; CrO_3 wird verwendet in der Galvanotechnik, als Oxydationsmittel u. a.; **Chromate**, Salze der Chromsäure, meist gelb gefärbt, starke Oxydationsmittel, **Dichromate** (veraltete Bezeichnung **Bichromate**), Salze der Dichromsäure, orange bis rot gefärbte Kristalle, starke Oxydationsmittel, am wichtigsten sind die Natrium- und Kaliumsalze (→ Natrium, → Kalium); **Chrom(III)-chlorid (Chromtrichlorid)**, $CrCl_3$, rotviolette Kristalle, verwendet als Beize in der Baumwollfärberei und beim Inchromieren; **Chrom(III)-sulfat**, $Cr_2(SO_4)_3$, rotviolettes Pulver, verwendet zum Beizen von Baumwolle, zur Herstellung grüner Glasuren, Farben, Lacke und Tinten und in der Galvanotechnik; basische Chrom(III)-sulfate dienen als Gerbmittel. — Besonders das III-wertige C. bildet eine sehr große Zahl von Komplexverbindungen.

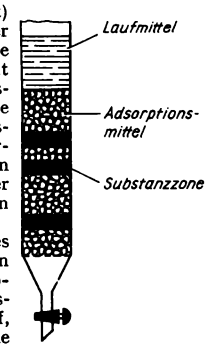
Chromate, Salze der Chromsäure, → Chrom.

Chromatographie, physikalisch-chemische Verfahren zur analytischen und präparativen Trennung gelöster oder gasförmiger Verbindungen. Die chromatographische Trennung beruht darauf, daß eine mobile (bewegliche) Phase über eine stationäre (unbewegliche) Phase wandert und dabei die zu trennenden Substanzen mit unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeiten transportiert. An der stationären Phase tritt eine unterschiedliche Verteilung der zu trennenden Substanzen mit der mobilen Phase auf. Diese sich ständig wiederholende unterschiedliche Verteilung bewirkt einen kontinuierlichen Trennprozeß. Die Trennung wird häufig in senkrecht stehenden, langen, schmalen Glasrohren **(Säulenchromatographie)** vorgenommen, die mit Trägermaterial als stationäre Phase gefüllt sind und durch die von oben nach unten ein Laufmittel als mobile Phase fließt. Als Trägermaterial dienen z. B. Aluminiumoxid, Kalziumkarbonat, Kieselgel, Aktivkohle, Stärke, Zellulose, Puderzucker, Silikonöl und Ionenaustauscher, als Laufmittel setzt man Wasser oder organische Lösungsmittel, z. B. Benzin, Petroläther, Kohlendisulfid, Zyklohexan, Benzol, Azeton, Methanol, Äthanol und Pyridin, ein.

Die **Adsorptionschromatographie (chromatographische Adsorptionsanalyse)**, die 1906 von dem russischen Biochemiker M. S. Zwet zur Trennung des Blattfarbstoffs in Chlorophyll a und b, Karotin und Xanthophyll entwickelt wurde, beruht auf wiederholten Adsorptions- und Desorptionsprozessen in aufeinanderfolgenden Schichten eines Adsorptionsmittels als Trägermaterial. Die einzelnen Substanzen werden nach und nach auf Grund ihrer unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeit durch stetiges Nachspülen mit dem Laufmittel in gut abgegrenzte Zonen aufgetrennt (Abb. 1). Mittels der Adsorptionschromatographie lassen sich besonders Naturstoffe wie Vitamine, Blattfarbstoffe, Sterine, Hormone, Alkaloide, Antibiotika, Aminosäuren, Kohlenhydrate und Fette, ferner Seltene Erden, Edelmetallsalzlösungen und radioaktive Stoffe einwandfrei trennen.

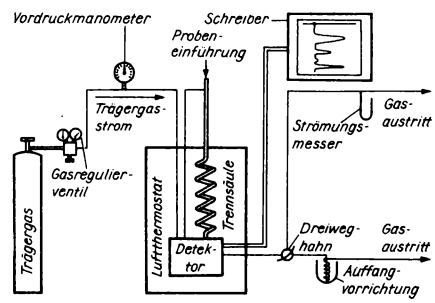
Bei der **Ionenaustauschchromatographie** befinden sich in der Säule als Trägermaterial Ionenaustauscher. Die Untersuchungssubstanz wird als wäßrige Lösung oben zugetropft. Das am Ionenaustauscher verbliebene Substanzion kann durch Lösen (Elution) mit geeigneten Basen oder Säuren je nach der Haftfestigkeit unterschiedlich abgelöst werden. Mit Hilfe dieser C. lassen sich chemisch sehr ähnliche Substanzen trennen, z. B. anorganische Ionen, Amine, Aminosäuren und Alkaloide.

Bei der **Verteilungschromatographie** (1941 von den Engländern Martin und Synge entwickelt) dient als stationäre Phase ein meist mit Wasser getränktes, feinporiges Trägermaterial. Die mobile Phase bildet ein mit Wasser nur beschränkt mischbares Lösungsmittel, das die Untersuchungssubstanz gelöst enthält. Die Verteilung der Stoffe erfolgt auf Grund ihrer unterschiedlichen Löslichkeit in den beiden Flüssigkeiten. Die Verteilungschromatographie dient z. B. zum Trennen von Aminosäuren und Fettsäuren. Sie kann außer in Säulen auch mit Hilfe von Filtrierpapieren vorgenommen werden (s. u.).



1 Adsorptionssäule

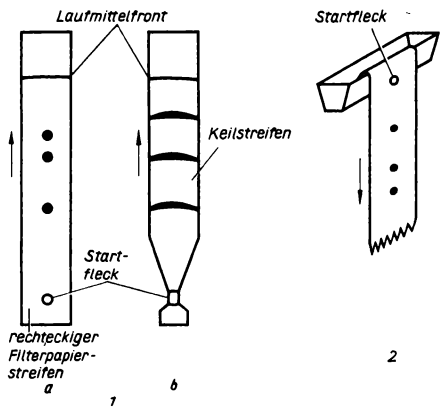
Ein äußerst wichtiges chromatographisches Analyseverfahren ist die erstmals 1952 von James und Martin angewandte **Gaschromatographie**, bei der die Untersuchungssubstanz gasförmig von einem Trägergas (z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Argon, Helium) durch die Trennsäule transportiert wird (Abb. 2). Man unterscheidet zwischen *Gas-Verteilungschromatographie (Flüssigkeit-Gaschromatographie*, englisch gas-liquid-chromatography, abg. **GLC**), bei der man die unterschiedliche Löslichkeit der zu analysierenden Dämpfe in den Trennflüssigkeiten oder Flüssigphasen ausnutzt, und der *Gas-Adsorptionschromatographie (Festkörper-Gaschromatographie*, englisch gas-solid-chromatography, abg. **GSC**), die auf der Wirkung unterschiedlicher Adsorptionskräfte zwischen der zu trennenden Substanz und dem Adsorptionsmittel beruht. Bei der *Kapillar-Gaschromatographie* wird die Trennflüssigkeit auf der Innenwand fein ausgezogener Kapillaren angebracht, wodurch bei extrem kurzen Analysenzeiten eine große Trennwirkung erreicht werden kann. Als Trennflüssigkeiten setzt man z. B. Silikonöl, Phthalate, Trikresylphosphat, Paraffinöl und Polyäthylenglykol ein, als Adsorptionsmittel z. B. Aluminiumoxid, Aktivkohle, Kieselgel und Molekularsiebe. Mit Hilfe der Gaschromatographie können im Prinzip alle destillierbaren Verbindungen (Siedebereich bis etwa +400 °C) ohne besondere Vorbehandlung analysiert werden. Große Bedeutung haben die gaschromatographischen Methoden zur automatischen Prozeßkontrolle in der chemischen Industrie erlangt, z. B. bei der Analyse von Kohlenwasserstoffgemischen der Erdöl- und Teerdestillation sowie von Erdgas, Grubengas und Stadtgas. Eine breite Anwendung hat auch die „präparative" Gaschromatographie gefunden, mit deren Hilfe es gelingt, kleine Mengen organischer Verbindungen, z. B. Ester, Amine, Aldehyde, ätherische Öle und Aromastoffe, in reinster Form herzustellen. In Zukunft wird die Entwicklung leistungsfähiger „präparativer" Gaschromatographen sowie die Entwicklung von

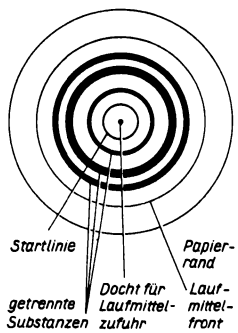


2 Schema einer Apparatur für die Gaschromatographie

Hochtemperaturgaschromatographen zur Analyse anorganischer Verbindungen in den Vordergrund treten.

Bei der modernen **Papierchromatographie** ersetzt ein besonders präpariertes Filterpapier die Adsorptionssäule. Einige Tropfen der zu untersuchenden Lösung werden auf den Filtrierpapierstreifen gebracht (Startfleck). Nach Eintrocknen





3 Papierchromatographie: *1* aufsteigende, *2* absteigende, *3* horizontale Methode

der Lösung hängt man ein Ende des Papierstreifens in ein geeignetes Lösungsmittel (Laufmittel), das vom Papier aufgesaugt wird und dabei die einzelnen zu untersuchenden Substanzen verschieden weit zum anderen Ende des Streifens hin transportiert. Bevor das Lösungsmittel bis zu diesem Ende vorgedrungen ist, wird der Streifen herausgenommen und getrocknet. Die getrennten Substanzen werden durch Besprühen mit geeigneten Lösungen als verschiedenfarbige Flecke sichtbar. In der beschriebenen Weise arbeiten die *aufsteigenden Methoden*: Entgegen der Schwerkraft steigt das Lösungsmittel im Filterpapierstreifen empor; und die *absteigenden Methoden*: Senkrecht aufgehängte Filterpapierstreifen werden von oben mit Lösungsmittel gespeist. Bei den horizontalen Methoden (Rundfilter-, Ring- oder Zirkularchromatographie) wird die Probe auf die Mitte des Filters gebracht und ringförmig entwickelt (Abb. 3).

Jede Verbindung hat in einem bestimmten Lösungsmittel eine ganz bestimmte Wanderungsgeschwindigkeit, die durch den R_f-Wert (Abk. für engl. retention factor) charakterisiert und zur analytischen Bestimmung herangezogen wird. R_f ist der Quotient aus der Strecke, die ein Stoff vom Startpunkt bis zur Ablagerung zurückgelegt hat, und der Strecke zwischen Startpunkt und Lösungsmittelfront.

Papierchromatographisch lassen sich viele organische Verbindungsklassen, z. B. Kohlenwasserstoffe, Phenole, Aminosäuren, Peptide, Proteine, Nukleinsäuren, Kohlenhydrate, Alkaloide, Steroide, Vitamine, Antibiotika, Insektizide und Farbstoffe, sowie auch anorganische Substanzen trennen.

Eine adsorptions- und verteilungschromatographische Mikromethode ist die **Dünnschichtchromatographie** zur Trennung und Identifizierung von Stoffgemischen, wie Fette, Glykoside, Phosphatide, Terpene, Vitamine, anorganische Ionen, auf dünnen feinkörnigen Schichten aus Kieselgel, Kieselgur oder Aluminiumoxid mit Hilfe geeigneter Lösungsmittel. Gegenüber der Papierchromatographie zeichnet sich dieses Verfahren durch Zeitersparnis und höhere Nachweisempfindlichkeit aus.

Lit. E. Bayer: Gaschromatographie (2. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Cramer: Papierchromatographie (5. Aufl. Weinheim/Bergstraße 1962); Dorfner: Ionenaustausch-Chromatographie (Berlin 1963); Hais u. Maček: Handb. d. Papierchromatographie, 3 Bde (dtsch Jena 1960–63); Hrapia: Elutionschromatographie (Berlin 1965); Kaiser: Gas-Chromatographie (2. Aufl. Leipzig 1962); Leibnitz u. Struppe: Handb. der Gas-Chromatographie (Leipzig 1966); Randerath: Dünnschicht-Chromatographie (Weinheim/Bergstraße 1962); Stahl: Dünnschichtchromatographie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962); Turba: Chromatographische Methoden in der Proteinchemie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954).

Chromatron, eine Farbbildröhre, die im Gegensatz zur → Maskenröhre nur ein Strahlsystem enthält, an das punktsequentiell die Bildsignale der drei Grundfarben Rot, Grün, Blau angelegt werden. Der Leuchtschirm besteht aus schmalen, senkrechten Leuchtstoffstreifen für die drei Grundfarben. Der Elektronenstrahl wird mit einem vor dem Leuchtschirm harfenartig ausgespannten feinen Drahtgitter auf den dem jeweils anliegenden Bildsignal entsprechenden Leuchtstoffstreifen durch Ablenkspannungen gelenkt. Das C. hat eine größere Leuchtdichte als die Maskenröhre und wird besonders für kleine Bildformate eingesetzt.

Chromeisenerz, svw. → Chromit.

Chromel, Sammelbezeichnung für Nickel-Chrom- oder Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen mit 60 bis 90 % Nickel, 10 bis 20 % Chrom und bis 25 % Eisen. Es sind Heizleiterwerkstoffe, einige werden zusammen mit Alumel als Drähte für Thermoelemente verwendet.

Chromit, Chromeisenerz, ein Mineral, das einzige wirtschaftlich wichtige Chromerz, FeO · Cr_2O_3; kubisch, schwarz, braunschwarz, Härte nach Mohs 5,5, D. 4,5 bis 4,8 g cm^{-3}. C. findet sich fast immer als frühmagmatische Ausscheidung an Peridotite und aus ihnen entstandene Serpentine gebunden.

chromophore Gruppe, → Farbstoffe.

Chromoproteide, → Proteide.

Chromosphäre, → Sonne.

Chronin, eine Nickel-Chrom-Legierung mit 83 bis 84 % Nickel, Rest Chrom. C. ist zunderbeständig und wird für elektrische Widerstände eingesetzt.

Chronograph, 1) ein Apparat zur genauen Bestimmung eines Zeitpunktes oder der Dauer eines Vorgangs. Auf einem durch ein Uhrwerk gleichmäßig abrollenden Papierstreifen führen zwei von Elektromagneten betätigte Schreibvorrichtungen Zeichen aus. Die eine Schreibvorrichtung ist an eine Uhr mit Sekundenkontakteinrichtung angeschlossen und zeichnet die Uhrzeit sekundenweise auf dem Streifen auf. Gleichzeitig werden von der zweiten Schreibvorrichtung die Zeitpunkte des zu messenden Vorgangs neben den Sekundenpunkten aufgetragen, und durch eine Glasskale wird ihre Lage zu den Sekundenpunkten ausgemessen. Der Zeitablauf läßt sich durch Interpolation bis zu $^1/_{100}$ s genau festlegen. Anwendung

z. B. zur Aufnahme der Sternzeit in der Sternwarte.

2) eine Uhr mit Stunden-, Minuten- und Sekundenzeiger. Zusätzlich hat der C. im Zentrum des Werkes einen Chronographenzeiger für Sekunden und einen exzentrisch angeordneten Zählerzeiger für Minuten, die gestartet, angehalten und auf Null gestellt werden können. Der Chronographenzeiger macht eine U/min, der Zählerzeiger meist eine U/30 min. Bei Betätigen der Stoppeinrichtung wird das Uhrwerk nicht angehalten. Der **Doppelchronograph** stellt eine Erweiterung des C.en dar. Er arbeitet mit zwei Drückern und zwei Zeigern so, daß verschiedene Vorgänge mit gleichem Start und unterschiedlicher Dauer gemessen werden können. Beide Zeiger werden gleichzeitig auf Null zurückgebracht, da nur ein Drücker den Doppelzeiger schaltet, während der andere beide Zeiger stoppt und zurückschaltet.

Chronometer, sehr genau gehende mechanische, elektromechanische oder elektronische Uhr. Beim mechanischen C. wird die Ganggenauigkeit durch präzise Fertigung und spezielle Konstruktion in bezug auf Antriebskraft der Zugfeder sowie Bauart der Hemmung erreicht. **Seechronometer** sind durch kardanische Aufhängung lagenunabhängig.

Chrysoberyll, ein Mineral, Al_2BeO_4; rhombisch, durchsichtig bis durchscheinend, gelb bis gelbgrün, Härte nach Mohs 8,5, D. 7,7 g cm^{-3}. Der **Alexandrit** ist bei Tageslicht grün, bei Lampenlicht rot. Alexandritfarbiger synthetischer Korund wird fälschlicherweise als synthetischer Alexandrit bezeichnet. Das **Chrysoberyll-Katzenauge** oder **Zymophan** zeigt einen wogenden Lichtschein, der von zahllosen parallel zueinander eingelagerten hohlen Kanälen verursacht wird. C. findet sich in Pegmatiten und metamorphen Gesteinen; er ist als kostbarer Edelstein geschätzt.

Chrysokoll, Kieselkupfer, Kupfergrün, ein Mineral, örtlich wichtiges Kupfererz, $CuSiO_3 \cdot nH_2O$; kryptokristallin, grün, grünlichblau, Härte nach Mohs 2 bis 4, D. 2 bis 2,2 g cm^{-3}; derb in traubigen und stalaktitischen Formen. C. findet sich am Ausgehenden von Kupfererzlagerstätten.

Chrysolith, → Olivine.

Chrysophenin, wertvoller Azofarbstoff, → Azoverbindungen.

Chrysopras, eine Varietät des → Quarzes.

Chrysotil(asbest), → Serpentin, → Asbest.

Chymosin, svw. → Labferment.

Chymotrypsin, ein zu den Proteasen gehörendes Ferment im Sekret der Bauchspeicheldrüse. C. baut Eiweißstoffe, die durch Einwirkung von Pepsin und Trypsin bereits zerlegt wurden, weiter zu Polypeptiden und Aminosäuren ab. Medizinisch wird es bei Staroperationen eingesetzt.

Ci, Kurzz. für → Curie.

Cicero, 1) nicht gesetzliche Einheit der Länge im typographischen Maßsystem. 1 Cicero = 12 typographische Punkte = 4,5 mm, 4 Cicero = 1 Konkordanz.

2) veraltete Bezeichnung für einen → Schriftgrad von 12 typographischen Punkten.

CinemaScope-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Cinemiracle-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Cinerama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Circarama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Circlorama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Cirrus, Cirrostratus, Cirrocumulus, Formen von → Wolken im hohen Niveau.

cis-trans-Isomerie, → Stereochemie.

cl, Kurzz. für Zentiliter, → Liter.

Cl, 1) Symbol für → Chlor. 2) Kurzz. für → Clausius.

Clapeyronscher Kreisprozeß, ein nach B.P.E. Clapeyron benannter thermodynamischer Kreisprozeß, der im Unterschied zum → Carnotschen Kreisprozeß Abkühlung und Erwärmung nicht adiabatisch, sondern bei konstantem Druck vornimmt, aber zum gleichen Ergebnis gelangt.

Clarkezahl, → chemische Elemente.

Clausius, Kurzz. **Cl,** nach dem deutschen Physiker R. E. J. Clausius benannte, nicht gesetzliche Einheit der Entropie. Das C. ist diejenige Entropie, die in einer Gasmenge bei der absoluten Temperatur die Wärmemenge 1 Kalorie erzeugt. 1 Cl = 1 cal/°K (Kalorie/Grad Kelvin).

Claus-Verfahren, → Schwefel.

Clusius-Dickel-Verfahren, → Isotopentrennung.

cm, Kurzz. für Zentimeter, → Meter.

Cm, 1) Kurzz. für → Coulombmeter. 2) Symbol für → Curium.

cm-Wellen, → Mikrowellentechnik.

Co, Symbol für → Kobalt.

COBOL, eine algorithmische Programmierungssprache, → Programmierung.

Cochenille, → Koschenille.

Code *m*, eine Vorschrift, nach der Information in einer anderen Art dargestellt wird, z. B. Verschlüsselung eines Textes in Morsezeichen, Darstellung einer Zahl in einem anderen Zahlensystem, Beschreibung einer Situation in Worten. Im naturwissenschaftlich-technischen Bereich ist ein C. eine nicht notwendigerweise umkehrbar eindeutige Zuordnung zwischen zwei Listen von Zeichen oder Zeichenfolgen (Wörter). Die zur Darstellung der Information verwendeten Ziffern, Buchstaben oder Symbole bezeichnet man als **Code-Elemente,** ihre Kombination als **Code-Zeichen.** Die Zuordnung in der einen Richtung nennt man **Codierung,** die Zuordnung in der umgekehrten Richtung **Decodierung.**

C.s haben in der Nachrichtentechnik besondere Bedeutung, vor allem im Zusammenhang mit der Verschlüsselung von Zahlen und Texten. Dezimalziffern z. B. werden in der Praxis in mannigfaltiger Weise codiert. Ist das Code-Zeichen allein durch die Anzahl der in ihm vorkommenden Code-Elemente bestimmt, so handelt es sich um **Zählcodes,** z. B. Darstellung als zehnstellige Ziffernfolge aus 0 und 1, in der die Eins genau so oft vorkommt, wie die Dezimalziffer angibt: 0000111111 ≙ 6. Ist die Stellung der Elemente im Zeichen entscheidend, spricht man von **Positionscodes.** C.s, die z. B. auf 2, 3 oder 10 Code-Elementen aufbauen, heißen binäre, ternäre bzw. denäre Codes (vgl. Tab.). Ein Teil der Positionscodes gestattet es, aus einem Code-Zeichen durch Multiplikation der einzelnen Stellenwerte mit zugehörigen Gewichten und anschließende Summation das dezimale Äquivalent zu gewinnen (z. B. Dualcode, Hamming-Code, außer für die Null auch der 2-aus-5-Code). Sind diese Gewichte die ganzzahligen Potenzen der Zahl N der Code-Elemente, angeordnet nach fallender Größe, so gelangt man bei $N = 2$ zum Dualcode (→ Dualsystem), bei $N = 10$ zum Dezimalcode (→ Dezimalsystem) mit den Gewichten ..., 32, 16, 8, 4, 2, 1, $\frac{1}{2}$, ... bzw. ..., 10^5, 10^4, 10^3, 10^2, 10^1, 10^0, 10^{-1}, ... Dezimalzahlen kann man z. B. direkt als Dualzahl verschlüsseln (z. B. 10100100 ≙ 164) oder mit Hilfe eines **gemischt-polyadischen C.s,** d. h. durch Code-Elemente, die ihrerseits wieder in einem anderen C. verschlüsselt sind, z. B. dezimal-dual: (0001)(0110)(0100) ≙ 164, dezimal-binär (Gray-Code): (0001)(1111)(0110) ≙ 164. Ein C., der Fehler zu erkennen erlaubt, heißt **prüfbarer C.,** und ein C., der außerdem die Korrektur der

Fehler ermöglicht, **korrigierbarer C.** Ein prüfbarer Code für einen Einzelfehler ist z. B. der 2-aus-5-Code, ein korrigierbarer C. ebenfalls für einen Einzelfehler der Hamming-Code.

Besonders bei Textcodierung interessieren **optimale C.s**, deren Code-Zeichen im allgemeinen verschiedene Länge haben.

Einige binäre Positionscodes für Dezimalziffern

Code-Art	Dual-Code	Drei-exzeß-Code	Gray-Code	2-aus-5-Code	Hamming-Code
Gewichte	8421			(74210)	8421000
0	0000	0011	0000	11000	0000000
1	0001	0100	0001	00011	0001011
2	0010	0101	0011	00101	0010101
3	0011	0110	0111	00110	0011110
4	0100	0111	0110	01001	0100110
5	0101	1000	1110	01010	0101101
6	0110	1001	1111	01100	0110011
7	0111	1010	1011	10001	0111000
8	1000	1011	1001	10010	1000111
9	1001	1100	1000	10100	1001100

Codierung, → Code, → Farbfernsehen, → Hochfrequenzstereophonie.

Coehnsches Aufladungsgesetz, → Reibungselektrizität.

Coelestinblau, → Kobalt.

cold rubber, → Kautschuk.

Coleopter, → Ringflügelflugzeug.

Compiler, → Programmierung.

Composite-Treibstoffe, → Raketentreibstoffe.

Compoundierung, → Kompoundierung.

Compoundmaschine, → Dampfmaschine, → elektrische Maschine.

Compton-Effekt, die von dem nordamerikanischen Physiker Compton entdeckte Wechselwirkung eines Photons mit einem freien oder locker gebundenen Elektron. Das Photon überträgt dabei einen Teil seiner Energie als kinetische Energie auf das Elektron und fliegt unter einem durch den Energieverlust bestimmten Winkel fort; die Frequenz des Photons erniedrigt sich.

Computer, svw. → Digitalrechenautomat.

Computerdiagnostik, maschinelle Diagnostik, in der Medizin die Diagnostik mit Hilfe von Rechenautomaten (Computern). Dabei werden Speicherwerke von Rechenautomaten, in denen zahlreiche Krankheitssymptome und für die Kombination von Symptomen zutreffende Krankheitsbilder nach standardisierten Grundsätzen informatorisch gespeichert sind, durch Eingabe der jeweils interessierenden Symptome nach den entsprechenden Diagnosen „abgefragt". Die **Lochkartendiagnostik** ist ein spezielleres Verfahren zur Gewinnung einer Diagnose durch Auswertung von Symptomen, die mit Hilfe eines Lochkartensystems nach standardisierten Grundsätzen informatorisch gespeichert sind. Im weiteren Sinne müssen zur C. außer den Verfahren, die Rechenautomaten zur unmittelbaren Symptomauswertung benutzen, auch die Verfahren gerechnet werden, die Rechenautomaten zur medizinischen Datenauswertung anwenden. Hierzu gehört die Gewinnung des interessierenden Informationsinhalts von Signalen bzw. Daten, die im Ergebnis biophysikalischer Untersuchungen vorhanden sind, mit Hilfe elektronischer Rechenverfahren bzw. -geräte. Beispiele hierfür sind die Frequenzanalyse, die Impulshöhenanalyse, die medizinische Histometrie zur Sortierung und Klassifizierung biophysikalischer Daten bzw. Parameter, die Korrelations-Analyse zur maschinellen Elektrokardiogramm- bzw. Elektroenzephalogrammauswertung u. a. m.

Condensa, Handelsname für einen keramischen Werkstoff, der vorwiegend aus gesintertem Titandioxid besteht und als Dielektrikum (Dielektrizitätskonstante 40 bis 80) in Hochfrequenzkondensatoren dient. Die Unterschiede in der Dielektrizitätskonstanten sind durch Einsatz anderer Kristallformen des Titandioxids oder durch Zusätze von Erdalkalien zu erreichen.

CONSOL, → Funkortung I 1).

Container [aus dem Engl.], 1) im weiteren Sinne allgemeine Bezeichnung für Behälter, z. B. für Meßgeräte bei → Höhenforschungsraketen, für radioaktive Substanzen (Tafel 45).

2) im engeren Sinne ein im Güterverkehr eingesetzter transportabler Großbehälter (→ Behälter). Ein solcher C. besteht meist aus Stahl- oder Aluminiumblech, das Fassungsvermögen beträgt 8 bis 60 m³. Man unterscheidet kranbare C., die nur mit Kranen umsetzbar sind, und rollbare C., die mit kleinen Rollen oder Rädern versehen sind und die Eigenbewegung (mit Fremdantrieb) über kurze Entfernungen ermöglichen, jedoch nicht das Fahren auf öffentlichen Verkehrswegen. Von anderen Verkehrsmitteln, d. h. Eisenbahnwaggons oder Schiffen, u. U. speziellen Containerschiffen (→ Behälterschiff), wird der C. mittels Lastkraftwagen, Sattelschleppern, Zugmaschinen mit speziellen Behältertragwagen u. a. zum Transport auf der Straße übernommen. C. dienen der Rationalisierung des Güterverkehrs, sie werden in zunehmendem Maße im Güterverkehr zwischen den Staaten und zwischen den Kontinenten eingesetzt **(Transcontainer).**

Schwimmcontainer sind schwimmbare flexible Behälter zum Transport von Chemikalien, Erdöl u. a. in Binnen- und Küstengewässern. Sie werden einzeln oder in mehreren Reihen neben- oder hintereinander von Wasserfahrzeugen gezogen oder geschoben.

Containerschiff, svw. → Behälterschiff.

Contracid, eine Nickel-Eisen-Chrom-Legierung mit 58 bis 61 % Nickel, 12 bis 19,5 % Eisen, 15 % Chrom, 2 % Mangan, Rest Molybdän, Wolfram, Kobalt, Beryllium. C. ist säurebeständig; es wird in der Zahnheilkunde und zur Herstellung chirurgischer Instrumente verwendet.

Convertiplan, → Konvertiplan.

Conveyer, svw. Stetigförderer, → Fördermittel.

Coriolskraft, eine nach dem französischen Mathematiker Coriolis benannte Trägheitskraft, die bei der Bewegung auf rotierenden Körpern auftritt. Die C. wirkt senkrecht zur Ebene durch Rotationsachse und Richtung der Bewegung eines Körpers, z. B. auf der Erde. Die Horizontalkomponente hat bei allen nicht längs Breitenkreisen bewegten Körpern, den Wassermassen von Flüssen, den Luftströmungen u. a. auf der nördlichen Halbkugel eine Rechtsablenkung, auf der südlichen Halbkugel dagegen eine Linksablenkung zur Folge. Auf der nördlichen Halbkugel wird z. B. bei nur in einer Richtung befahrenen Eisenbahnschienen der rechte Strang mehr abgenutzt; bei von Süden nach Norden strömendem Wasser in Flüssen, das durch die von der Erdrotation (von Westen nach Osten) herrührende Geschwindigkeit beim Vordringen nach Norden einen Überschuß an Impuls mitbringt — der sich als nach Osten gerichtete Kraft äußert —, wird das Ostufer stärker abgetragen.

cos, Zeichen für Kosinus, eine → Winkelfunktion.

cosh, → Hyperbelfunktionen. cos φ, → Leistungsfaktor.

cosec, Zeichen für Kosekans, eine heute nur noch selten gebrauchte → Winkelfunktion.

Cosmotron, ein → Protonensynchrotron.

cot, Zeichen für Kotangens, eine → Winkelfunktion.

Cotton, → Baumwolle.

Cottonmaschine, eine Wirkmaschine, hauptsächlich zur Herstellung von Strümpfen.

Cotton-Mouton-Effekt, svw. → magnetische Doppelbrechung.

Cottrell-Möller-Verfahren, → Elektrofilter.

Coulomb, Kurzz. **C,** früher **Cb,** nach dem französischen Physiker C. A. de Coulomb benannte, gesetzliche Einheit der Elektrizitätsmenge oder der elektrischen Ladung. Das C. ist die Elektrizitätsmenge, die während der Zeit 1 Sekunde bei einem zeitlich unveränderlichen Strom der Stärke 1 Ampere durch den Querschnitt des Leiters fließt. 1 C = 1 As (Amperesekunde). **Millicoulomb,** Kurzz. mC, = 10^{-3} C.

Coulombfeld, das Feld der elektrostatischen Kräfte, die an verschiedenen Orten auf einen geladenen Probekörper wirken, der sich im elektrischen Feld einer zweiten Ladung befindet. Das C. kann durch das Coulombsche Gesetz beschrieben werden.

Coulombmeter, 1) **Coulometer, Voltameter,** ein Gerät zur Bestimmung elektrischer Ladungsmengen auf der Grundlage der → Faradayschen Gesetze. Zur Messung einer Elektrizitätsmenge schaltet man das C. in den Stromkreis und schließt aus der Menge der elektrolytischen Zersetzungsprodukte auf die durch den Leiterkreis geflossene Elektrizitätsmenge.

2) Kurzz. **Cm,** nicht gesetzliche Einheit des elektrischen Moments des Dipols. 1 Cm = 1 m · As (Meter · Amperesekunde).

Coulombsches Gesetz, ein von Coulomb 1785 aufgestelltes Gesetz, nach dem die zwischen zwei punktförmigen Ladungen wirkende Kraft dem Produkt der Beträge der beiden Ladungen direkt und dem Quadrat ihres Abstandes umgekehrt proportional ist. Zum Beispiel ziehen sich entgegengesetzt geladene Ionen mit der Ladung e_1 und e_2 im Abstand r mit der Kraft $K = f\frac{e_1 \cdot e_2}{r^2}$ an. Der Proportionalitätsfaktor f hängt vom gewählten Maßsystem und von dem Medium ab, das sich zwischen den Raumladungen befindet. Im rationalen Maßsystem gilt $f = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}$, worin ε die Influenzkonstante und ε_0 die Dielektrizitätskonstante des Mediums zwischen den Raumladungen ist.

Das gleiche Gesetz gilt für punktähnliche Magnetpole, wenn man $\varepsilon\varepsilon_0$ durch die reziproke Permeabilität $1/\mu$m (oder auch durch μm selbst, je nach der Definition des Begriffs Polstärke) ersetzt.

Coupé, → Karosserie.

Couveuse, ein in der Medizintechnik verwendetes Spezialwärmebett. Es besteht aus einer meist trommelartigen, heizbaren Kammer mit aufklappbarem Vollsichtdeckel. Die Heizung erfolgt elektrisch. Die C.n können transportabel (zur Mitführung in Rettungswagen) oder stationär ausgeführt sein und dienen zur Aufzucht von Frühgeborenen, Neugeborenen und besonders pflegebedürftigen Säuglingen im halboffenen System, d. h., bei Pflegemaßnahmen und ärztlichen Eingriffen muß der Deckel der C. angehoben werden. Dabei kommt (im Gegensatz zum Inkubator) das Kind mit der Außenluft in Berührung; Temperatur, Sauerstoffgehalt und Luftfeuchtigkeit in der C. unterliegen damit gewissen Schwankungen.

Cowper, svw. → Winderhitzer.

cP, Kurzz. für Zentipoise, → Poise.

cpm, Kurzz. für → cycle per minute.

CPM, eine Netzwerkmethode, → Netzwerktechnik.

cps, Kurzz. für → cycle per second.

CPS-Emitron, svw. → Orthikon.

Cr, Symbol für → Chrom.

Cracken, → Kracken.

Cremonaplan, in der Statik ein graphisches Verfahren zur Ermittlung der Stabkräfte in Fachwerken. Dabei wird zunächst das Krafteck der Belastungskräfte gezeichnet und danach, bei einem Knoten mit nur zwei unbekannten Stabkräften beginnend, die Kraftecke der Stabkräfte jedes Knotens. Unter Beachtung eines bestimmten Umlaufs um den jeweiligen Knoten erhält man einen geschlossenen Kräfteplan für die Stabkräfte, dem diese nach Größe und Richtung entnommen werden können.

Cronar *n,* ein durchsichtiger biegsamer Schichtträger auf Polyesterbasis für photographische Materialien. Es zeichnet sich durch hohe Reiß- und Bruchfestigkeit sowie durch geringe Dehnung und Schrumpfung bei der Naßbearbeitung aus und ist besonders für Projektionszwecke geeignet.

Croning-Verfahren, svw. → Maskenguß.

Crookessche Röhre, eine → Gasentladungsröhre.

Cs, Symbol für → Zäsium.

cSt, Kurzz. für Zentistokes, → Stokes.

ctg, veraltetes Zeichen für Kotangens.

Cu, Symbol für → Kupfer.

Culmannsche Gerade, → Rittersches Schnittverfahren.

Cumasina-Verfahren, → Oligodynamie.

Cumulus, Cumulonimbus, Formen von → Wolken.

Curie, Kurzz. **Ci,** häufig noch **c** oder **C,** nach dem Forscherehepaar Marie und Pierre Curie benannte, international empfohlene Einheit der Aktivität radioaktiver Substanzen. Nach der 1964 von der XII. Generalkonferenz festgelegten Definition ist das Curie diejenige Aktivität einer radioaktiven Substanz, bei der je Sekunde $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Kernzerfallsakte stattfinden. **Kilocurie,** Kurzz. kCi (kc, kC), = 10^3 Ci (c, C). **Millicurie,** Kurzz. mCi, (mc, mC), = 10^{-3} Ci (c, C). **Mikrocurie,** Kurzz. μCi, (μc, μC), = 10^{-6} Ci (c, C). **Nanocurie,** Kurzz. nCi (nc, nC), = 10^{-9} Ci (c, C).

Curiepunkt, Curietemperatur, Zeichen Θ, die Temperatur, bei deren Überschreitung ferromagnetische Stoffe plötzlich ihren Ferromagnetismus verlieren und fast unmagnetisch, genauer paramagnetisch werden. Der C. hängt vom Material ab: Eisen 768 °C, Kobalt 1120 °C, Nickel 360 °C, Gadolinium 16 °C.

Curiesches Gesetz, ein von dem französischen Physiker P. Curie aufgestelltes physikalisches Gesetz. Das Curiesche G. bringt die Temperaturabhängigkeit der Magnetisierung bzw. der magnetischen Suszeptibilität $\varkappa$, d. i. der Quotient aus Magnetisierung und erregender magnetischer Feldstärke, eines paramagnetischen Stoffes zum Ausdruck: $\varkappa = \frac{\text{const.}}{T}$. Mit wachsender absoluter Temperatur T nimmt also $\varkappa$ ab. Für ferromagnetische Stoffe oberhalb des Curiepunktes Θ gilt das **Curie-Weißsche Gesetz:** $\varkappa = \frac{\text{const.}}{T - \Theta}$.

Curietemperatur, svw. → Curiepunkt.

Curie-Weißsches Gesetz, → Curiesches Gesetz.

Curium, Symbol **Cm,** sehr stark radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 96, Massenzahlen der Isotope 238 bis 250 (das stabilste Isotop $^{247}_{96}$Cm hat eine Halbwertszeit von $> 4 \cdot 10^7$ Jahren), Wertigkeit III, D. etwa 7 g cm^{-3}. C. ist ein silberweißes, duktiles Metall. Es wurde 1944 von Seaborg, James, Morgan und Ghiorso in Form des Isotops $^{242}_{96}$Cm bei der Beschießung von Plutonium-239 mit α-Teilchen entdeckt. Auch durch Bestrahlung von Amerizium-241 mit Neutronen läßt es sich darstellen. Aus C. lassen sich Berkelium, Kalifornium und Nobelium darstellen. Seinen Namen erhielt es nach dem Forscherehepaar

Curie in Analogie zu dem nach dem Forscher Gadolin benannten Element mit gleichem äußerem Schalenbau, dem Gadolinium.

Cutter, svw. Schnittmeister, → Schneiden 2).

Cuvelage, svw. Tübbingausbau, → Tübbing.

C-Verfahren, Abk. für Croning-Verfahren, → Maskenguß.

cycle per minute, Kurzz. **cpm** oder **c/min,** Einheit der Frequenz in England. 1 cpm = 1 U/min (Umdrehung/Minute) = $1{,}667 \cdot 10^{-2}$ Hz.

cycle per second, Kurzz. **c, cps** oder **c/s,** Einheit der Frequenz in England. Sie entspricht dem Hertz. 1 cps = 1 Hz.

Cys, Abk. für → Zystein.

d, 1) Kurzz. für → Dezi. 2) Symbol für → Dichte. 3) Zeichen für → Tag. 4) Kurzz. für → degree. 5) Symbol für Deuteron (→ Deuterium). 6) Bezeichnung des Differentials, z. B. dx, dy, dF (→ Operator). 7) *d*, Zeichen für → Durchmesser.

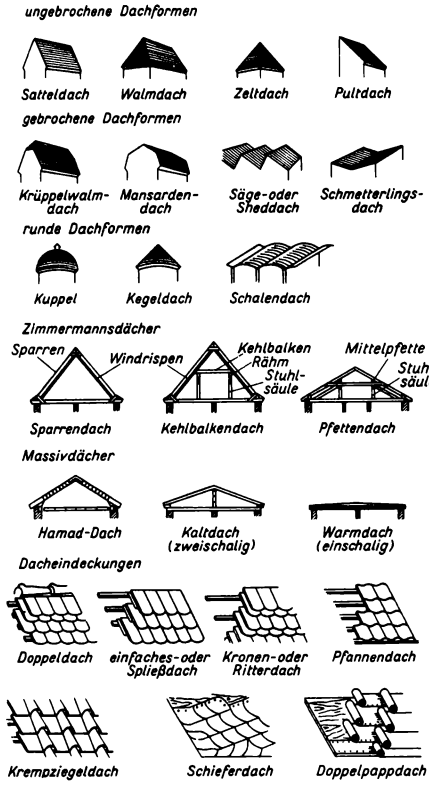
D, 1) Symbol für → Deuterium. 2) Abk. für → Dampfer. 3) *D*, Zeichen für → Durchmesser. 4) D, Vorsilbe zur Kennzeichnung der Konfiguration am asymmetrischen Kohlenstoffatom, → Stereochemie.

da, Kurzz. für → Deka.

Dach, 1) Hochbau: der obere Abschluß eines Gebäudes zum Schutz gegen Witterungseinflüsse. Die Dachneigung richtet sich nach dem Dacheindeckungsstoff, der Eindeckungsart und der gewünschten Dachraumausnützung. Man unterscheidet **Horizontaldach, Flachdach** (flach geneigtes D.) und **Steildach** (30° und steiler). Nach der Form des D.es unterscheidet man ungebrochene, gebrochene, gebogene und runde Dächer.

Das D. besteht aus Dachkonstruktion und Dacheindeckung. Je nach Größe, Spannweite und Gebäudeart wird es in Holz-, Stahl- oder Stahlbetonkonstruktion ausgeführt.

I) Dachkonstruktion. 1) Beim **Holzdach** unterscheidet man zimmermann- und ingenieurmäßige Konstruktionen. a) Die häufigsten zimmermannmäßigen Dachkonstruktionen sind Sparrendach und Pfettendach. Beim **Sparrendach** werden die Sparren mit den Deckenbalken mit Versatz und Bolzen oder bei Massivdecken mit Laschen befestigt und bilden ein unverschiebliches Dreieck. Den Überstand zwischen Sparrenfuß und Balkenkopf gleicht der Aufschiebling aus. Die Dachlasten aus Eigenmasse, Schnee und Wind werden über die Sparren zum Sparrenfuß und zum Auflager abgeführt. Sind die Sparren länger als 4,50 m, so werden sie durch einen waagerechten Kehlbalken (**Kehlbalkendach**) ausgesteift. Ist das Sparrenende über dem Kehlbalken länger als 3,50 m, so wird eine zweite Aussteifung, der Hahnenbalken, notwendig. Bei großer Gebäudetiefe und bei Ausnützung des Bodenraumes über der Kehlbalkenlage wird ein Stuhl eingezogen, bestehend aus senkrechten Stielen (Stuhlsäulen) und waagerechten Rähmen, auf denen die Kehlbalken liegen. Die Längsaussteifung erfolgt durch Windrispen unter den Sparren. Beim **Pfettendach** werden zum First parallel laufende Pfetten (Fuß-, Mittel- und Firstpfetten) von Stuhlsäulen getragen; die Pfetten tragen die Sparren mit den Dachlatten. Sparren- und Dachbalkenlage sind unabhängig voneinander. Der Längsverband wird durch Kopfbänder zwischen Stuhlsäulen und Pfetten hergestellt. Die Dachlasten werden über die Pfetten und Stuhlsäulen auf den Binderbalken abgetragen. Streben und Spannriegel dienen zur Querausteifung des D.es. Es gibt stehende Stuhlsäulen (senkrecht) und schräg liegende Stuhlsäulen (liegender Stuhl). Stuhlsäulen mit Streben und Spannriegel sowie Binderbalken bilden den Dachstuhlbinder. Der Abstand der Binder beträgt 4,0 bis 5,0 m. Zwischen den Bindern sind jeweils 4 bis 5 Sparrenpaare in 80 bis 90 cm Entfernung voneinander angeordnet (Leergebinde, Leergespärre). Bei fehlender Mittelunterstützung der Dachbalkenlage über großen Räumen werden die Dachkonstruktionen als kombinierte Hänge- und Sprengwerke ausgebildet.



b) Ingenieurmäßige Dachkonstruktionen (Dachbinder) bestehen aus genagelten, gedübelten oder geleimten Fachwerkbindern, Vollwandbindern oder Gitterträgern als Zwei- oder Dreigelenkbinder mit Zugband. Die Binder sind in gleichen Abständen senkrecht zur Längsrichtung des D.es angeordnet. Vorteilhaft sind die statisch günstigen Holzquerschnitte, der geringe Holzverbrauch und die Möglichkeit, z. T. Holz geringer Güteklasse und kurzer Länge zu verwenden.

2) Das **D. mit Stahltragwerk** wird nur über großen Stützweiten angewandt. Die Dachkonstruktionen sind verschieden ausgebildet, → Binder 1). Der Abstand der Binder voneinander ist abhängig von Stützweite und Dachlast. Die Pfetten sind durchlaufend oder als Gerberpfetten ausgebildet, bei großen Abständen der Binder auch als Fachwerkträger.

3) **Stahlbetondach.** Bei der Dachkonstruktion unterscheidet man a) aufgelöste Konstruktionen, die aus den Vorstellungen des Zimmermannsdaches konstruiert wurden; b) durchgehend massiv ausgeführte Konstruktionen, die sehr arbeits- und materialaufwendig und schwer sind; c) Dachkonstruktionen aus Fertigteilen, wobei die Elemente Tragkonstruktion sind und zugleich die Dachfläche bilden, z. B. Hamad-

Dach; d) **Schalendach** in monolithischer oder Montagekonstruktion (→ Schale).

In bauphysikalischer und konstruktiver Hinsicht unterscheidet man Warm- und Kaltdach. Das **Warmdach** (einschalig) bildet gleichzeitig das D. und die oberste Geschoßdecke. Die Bemessung der Wärmedämmung ist abhängig vom Wärmedämmgebiet. Oberhalb der Massivdecke ist eine → Dampfsperre zur Verhinderung der Durchfeuchtung der Dämmschicht und eines Wasserdampfstaues unter der Dachhaut erforderlich. Beim **Kaltdach** (zweischalig) befindet sich zwischen Dachkonstruktion und Abschlußdecke ein belüfteter Zwischenraum; Dampfsperre ist nicht erforderlich.

II) Die **Dacheindeckung** besteht aus der *Unterkonstruktion* (*Dachlatten* oder *Schalung* verschiedener Stärke), die auf die Dachkonstruktion aufgebracht ist, und der *Dachhaut*. Bei massiven Dächern aus Stahlbeton kann je nach Eindekkungsart auf die Unterkonstruktion verzichtet werden. Man unterscheidet ableitende Eindeckungen vorwiegend für Steildächer (einzelne Deckelemente, z. B. Ziegel-, Schieferdach) und abdichtende Eindeckungen vorwiegend für flachgeneigte Dächer und Flachdächer (fugenlose Dachhaut aus Pappe, Metallfolien).

Nach der mechanischen Festigkeit der Deckstoffe und ihrer Sicherheit gegen Feuerübertragung (Funkenflug) unterscheidet man zwischen harter Dacheindeckung (Hartdach) und weicher Dacheindeckung (Weichdach).

1) **Hartdach.** a) Beim **Ziegeldach** verwendet man → Dachziegel oder → Dachsteine. Plattenziegel (Biberschwänze) werden beim **Doppeldach** in doppelter Überdeckung (Lattenabstand 14 cm), beim einfachen D. (**Splißdach**) in einfacher Überdeckung auf den Dachlatten (Abstand der Latten 26 bis 28 cm) und untergelegten Holzsplissen (Spänen) angebracht, beim **Kronen-** oder **Ritterdach** in doppelter Überdeckung, zwei Dachziegel auf einer Latte, Lattenabstand 26 bis 28 cm. Hohlziegel (Pfannen, Mönche und Nonnen, Krempziegel) und Falzziegel werden einfach mit unterer und seitlicher Überdeckung gedeckt. b) Das **Schieferdach** wird zur schnelleren Wasserabführung am besten in schräg ansteigenden Reihen (Gebinden) gedeckt, in der Regel auf Bretterschalung. Die Steigung der Gebinde nimmt mit abnehmender Dachneigung zu. Bei Verwendung rechteckiger Schuppenschablonen werden die Reihen (Gebinde) auch waagerecht so angeordnet, daß eine dreifache Überdeckung erfolgt. c) Beim **Wellasbestbetondach** werden die wellenförmigen Dachplatten mit Überdeckung auf der Unterkonstruktion mit Schrauben oder Haken befestigt. Wellasbestbetondächer sind besonders für Vordächer, Schuppendächer und Industriehallen geeignet. d) Das **Pappdach** wird einlagig oder doppellagig mit Bitumen- oder Teerpappe gedeckt. Die Bahnen werden senkrecht oder parallel zur Traufe auf eine Holzschalung befestigt oder unmittelbar auf die Betonfläche geklebt. e) Das **Metalldach** wird aus Kupfer, Kupferfolien, Zink, Blei, Aluminium, Aluminiumfolien und verzinktem Eisenblech (auch in Form von Wellblech) hergestellt und größtenteils auf Holzschalung durch Löten, Falzen o. a. befestigt. Die Metalle überziehen sich mit einer natürlichen, schützenden Oxidschicht (Patina). f) Das **Glasdach** besteht aus Drahtglas, das kittlos auf Spezialsprossen gelagert und mittels Deckschiene und Feder gehalten wird. Es wird besonders über Arbeitsräumen der Industrie (Oberlichter) verwendet.

2) Beim **Weichdach** (in der DDR nur noch im Norden üblich) wird zu Büscheln (Schöfen) gebundenes Stroh, Rohr oder Schilf (Reed, Ried) über die Rundholzdachlatten gehängt und durch Bandstöcke gehalten.

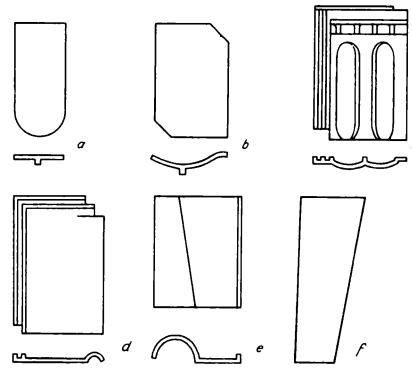
Lit. Eichler: Das konstruktive Flachdach (Berlin 1956); Kühnlein: Berufskunde für Dachdecker, 2 Tle (Leipzig 1960).

2) Bergbau: die unmittelbar über einem Abbauhohlraum befindlichen Massen.

Dachschiefer, ein → Tonschiefer.

Dachstein, ein plattenartiges Dachdeckungsmaterial aus Beton mit hydraulischen Bindemitteln. D.e werden aus Zement und Zuschlagstoffen (Sand, Kies, Splitt, Steinschlag) hergestellt. Sie müssen wasserundurchlässig und frostbeständig sein.

Dachziegel, plattenartiges Dachdeckungsmaterial aus Lehm, Ton oder tonigen Massen mit geeigneten Magerungsmitteln, mit und ohne Farbzusätze, mittels Strangpresse oder Stempelpresse geformt (Strang-, Preßziegel) und bei Temperaturen von 900 bis 1100 °C gebrannt. Als Strangziegel stellt man **Plattenziegel** (früher als **Biberschwänze** bezeichnet), **Pfannen, Mönche** und **Nonnen** sowie **Strangfalzziegel** her, als Preßziegel **Falzziegel, Falzpfannen, Sonderziegel.** D. müssen wasserundurchlässig und frostbeständig sein; Mindestbruchlasten bei 25 cm Stützweite: Plattenziegel 50 kp, Hohlpfannen und Falzpfannen 150 kp, Falzziegel 150 kp.



Dachziegel: *a* Platten- oder Flachziegel (Biberschwanz), *b* Pfanne, *c* Falzziegel (Mulden), *d* Falzkremper, *e* Krempziegel, *f* Mönch und Nonne

Glasdachziegel werden aus Preßglas als Plattenziegel, Pfannen, Falzziegel u. a. hergestellt und z. B. zum Ersatz von Fenstern in der Dachhaut verwendet.

Dacron, → Chemiefaserstoffe, Übers.

dag, Kurzz. für Dekagramm, → Gramm.

Dahlander-Wicklung, → polumschaltbare Asynchronmaschine.

Dahlbusch-Sonde, → Rettungsbohrung.

dal, Kurzz. für Dekaliter, → Liter.

Dalbe *f*, **Dückdalbe, Dalben** *m*, ein Bündel aus Holzstämmen, Stahlbetonpfählen oder Stahlrohren, mitunter auch im Viereck angeordneten Spundwandteilen, die in den Hafengrund eingerammt sind (→ Hafen). **Führungsdalben** begrenzen das Fahrwasser, **Schutzdalben** schützen Kaimauern, Brückenpfeiler, Anlegestellen, Schleusentore u. dgl. vor Schiffsstößen.

d'Alembertsches Prinzip, ein von dem französischen Philosophen d'Alembert (1717–1783) aufgestelltes Prinzip der Mechanik. Danach steht ein mechanisches System unter dem Einfluß von eingeprägten Kräften und ist außerdem durch innere Bindungen (z. B. Starrheit eines festen Körpers) und äußere Bindungen (z. B. Führung in einer Schiene oder Lagerung einer Achse) an einem freien Bewegungsablauf gehindert. Fügt man zu diesen Kräften die Trägheitswiderstände, die durch die beschleunigte Bewe-

gung der einzelnen Systemteile entstehen, als Scheinkräfte hinzu, so erhält man die Bewegungsgleichung des Systems durch formale Anwendung der Statik. Seine besondere Leistungsfähigkeit zeigt das d'Alembertsche Prinzip bei Anwendung des Prinzips der virtuellen Verrückung.

Dalton, nach dem englischen Chemiker J. Dalton benannte veraltete Masseeinheit der Kernphysik. 1 Dalton = $1{,}6601 \cdot 10^{-27}$ kg.

Daltonsches Gesetz, ein von J. Dalton etwa 1802 angegebenes Gesetz der Gastheorie. Es besagt, daß sich der Druck p eines Dampf- oder Gasgemisches additiv aus den Teildrücken p_1, p_2, p_3 usw. der Mischungsbestandteile zusammensetzt.

dam, Kurzz. für Dekameter, → Meter.

daM, Kurzz. für Dekamired, → Mired.

Damaszieren, das Bearbeiten von Stahl durch Schmieden derart, daß auf der Oberfläche blumige Zeichnungen entstehen, die an die Musterwirkung des Damastgewebes erinnern. Das Muster wird dadurch hervorgerufen, daß man dünne Stäbe aus weichem Eisen und hartem Stahl zusammenschweißt, schraubenförmig verdreht und dann ausschmiedet. Durch D. werden auch Festigkeit und Dehnbarkeit des Werkstückes erhöht. Das D. stammt aus dem Orient und wurde besonders in Damaskus geübt **(Damaszener Klingen).**

Damm, ein geschütteter oder im → Spülverfahren errichteter, langgestreckter Erd- oder Steinkörper, z. B. im Eisenbahn- oder Straßenbau, um einen Verkehrsweg in eine bestimmte Höhe zu legen, oder im Wasserbau, um ein Gewässer abzugrenzen oder um einen Fluß abzuriegeln (→ Talsperre, → Wehr, → Deich).

Dammbalken, ein Verschluß (meist Notverschluß) bei Wehren, Schiffsschleusen, Entwässerungskanälen, Deichsielen und Deichscharten. Der D. kann ausgeführt sein als Holzbalken, I- oder U-Eisen mit Holzeinlage oder als Fachwerkkonstruktion in gerader oder konvexer Form und wird waagerecht in lotrechten Führungsnischen übereinander eingesetzt.

Dämmerung, der Übergang zwischen Tag und Nacht, der gekennzeichnet ist durch eine mehr oder weniger schnelle Abnahme bzw. Zunahme der Helligkeit. Die D. entsteht dadurch, daß höhere Schichten der Atmosphäre noch beleuchtet werden, wenn die Sonne am Horizont bereits untergegangen ist, oder schon beleuchtet sind, ehe die Sonne über den Horizont kommt. Die Luftteilchen zerstreuen und reflektieren diffus das auf sie fallende Sonnenlicht. Die **bürgerliche D.** ist derjenige Zeitraum nach Sonnenuntergang oder vor Sonnenaufgang, in dem man bei klarem Himmel im Freien gerade noch lesen kann; sie endet bzw. beginnt, wenn die Sonne etwa 6° unter dem Horizont steht. Die **astronomische D.** dauert vom Ende der bürgerlichen D. bis zum Sichtbarwerden von Sternen **(Abenddämmerung)** oder vom Verblassen der Sterne bis zum Beginn der bürgerlichen D. **(Morgendämmerung);** sie endet bzw. beginnt, wenn die Sonne 18° unter dem Horizont steht. Zwischen bürgerlicher und astronomischer D. liegt die **nautische D.;** sie endet, wenn die Sonne 12° unter dem Horizont steht. In der Zeit der → Weißen Nächte zwischen etwa 1. 6. und etwa 11. 7. sinkt die Sonne in unseren Breiten nicht tiefer als 18° unter den Horizont, so daß während der ganzen Nacht D. herrscht.

Dämmerungsschalter, eine Vorrichtung zum automatischen und zentralen Ein- und Ausschalten der elektrischen Straßenbeleuchtung und der erleuchteten Verkehrszeichen. Der Schaltvorgang wird von einer Photozelle über im Stromkreis befindliche Schaltrelais gesteuert und soll bei einer mittleren horizontalen Mindestbeleuchtungsstärke einsetzen. Empfehlungen über die je nach Straßenart gestaffelten Richtwerte hierzu sind in TGL 0-5044 (Straßenbeleuchtung) enthalten.

Dämmstoffe, Baustoffe zur → Wärmedämmung und → Schalldämmung.

Dampf, Zustandsform eines Stoffes oberhalb seines Siedepunktes. Größtenteils sind Dämpfe unsichtbar, teilweise jedoch auch gefärbt, z. B. Chlordampf gelbgrün, Bromdampf rotbraun und Joddampf violett. Der gewöhnlich als D. bezeichnete Wasserdampf ist feinstverteiltes Wasser, d. h. kleinste Wassertröpfchen liegen in Nebelform vor. Reiner Wasserdampf ist unsichtbar. Jede Flüssigkeit verdampft laufend an ihrer Oberfläche, da stets einige Moleküle die notwendige Energie besitzen (→ Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung), um die Oberfläche verlassen zu können. Die für die Verdampfung notwendige Wärme je Masseeinheit (g, kg oder Mol) bezeichnet man als *Verdampfungswärme* oder (für Verdampfen bei konstantem Druck) als *Verdampfungsenthalpie.* Die bei der Kondensation frei werdende Wärme bezeichnet man als *Kondensationswärme oder Kondensationsenthalpie.*

Ist der Dampfraum nicht abgeschlossen, verdunstet die Flüssigkeit. Im geschlossenen Gefäß nimmt er eine von der Temperatur und Art der Flüssigkeit abhängige *Sättigungsmenge* auf, wonach sich ein statisches Gleichgewicht ausbildet. Es treten dann in der Zeiteinheit aus der Flüssigkeit in den Dampfraum genau so viele Moleküle wie umgekehrt. Der Druck der Dampfmoleküle auf die Gefäßwände des Dampfraumes, der **Dampfdruck,** wächst mit der Temperatur. Ist er gleich dem Atmosphärendruck, so kann sich auch im Innern der Flüssigkeit D. bilden: Die Flüssigkeit siedet. Dampfdrücke kleiner als 1 atm werden meist in Torr, solche größer als 1 atm in atm (1 atm = 760 Torr) angegeben. Sie betragen z. B. von Wasser bei 20 °C 17,54 Torr, bei 100 °C 760 Torr. Den D., der mit seiner Flüssigkeit im Gleichgewicht steht, nennt man **gesättigt (Satt- oder Naßdampf). Überhitzter** oder auch **ungesättigter D.** (→ Heißdampf) ist solcher, der nicht mehr mit seiner Mutterflüssigkeit in Berührung steht und bei konstantem Druck weiter erhitzt wurde. Kühlt man Sattdampf ab, so kann er bei Fehlen von Kondensationskernen vorübergehend in einen **übersättigten** Zustand übergehen. Sattdampf hat bei jeder Temperatur einen bestimmten Druck. Im überhitzten Gebiet kann der D. bei einem Druck jede über der Siedetemperatur liegende Temperatur annehmen, je nachdem, wie groß die Wärmezufuhr ist. Die ungesättigten Dämpfe bilden die Übergangsform zwischen den gesättigten Dämpfen, z. B. Wasserdampf in einer Lokomotive, und den Gasen, wie Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid u. a. Die ungesättigten Dämpfe lassen sich mit steigender Temperatur immer genauer mit den → Gasgesetzen beschreiben. Komprimiert man Sattdampf, so kondensiert eine solche Dampfmenge, daß der verbleibende Dampfrest den gleichen Druck behält. Umgekehrt verringert sich bei Vergrößerung des Volumens der Druck nicht, sondern es entsteht aus der Flüssigkeit so viel D., daß der Druck gleich bleibt.

Mit **Dampfdichte** bezeichnet man die Masse der Volumeneinheit eines D.es oder Gases. Sie wird in der Technik meist in kg m^{-3} i. N., sonst in g cm^{-3} i. N. (i. N. = im Normzustand, d. h. für 0 °C und 760 Torr) angegeben. Die Dichte des D.es ist von der Temperatur abhängig. Da die Molekulargewichte aller Gase ihren Dampfdichten proportional sind, beruhen auf deren Messung einige Verfahren der Molekulargewichtsbestimmung. Praktisch entnimmt man **Dampftabellen** oder noch besser **Dampfschaubildern (Dampfdiagrammen)** alle zur wärmetechnischen Berechnung von Dampfmaschinen und Kompressoren nötigen Werte.

Dampfer, Dampfschiff, abg. D, ein Schiff, dessen Fortbewegungsmittel (Propeller, selten Schaufelräder) durch eine Kolbendampfmaschine oder Dampfturbine angetrieben werden. Die als Antrieb stark im Rückgang befindlichen Kolbendampfmaschinen sind meist Mehrfach-Expansionsmaschinen mit stehenden Zylindern, oft mit Abdampfturbine versehen, die die Abdampfwärme zusätzlich zur Energiegewinnung ausnutzt. Moderne D. werden meist als **Turbinenschiffe** abg. **TS**, gebaut, vor allem große Seefahrgast-, Trockenfracht- und Tankschiffe (**Turbinentankschiff**, abg. **TT**). Da eine Dampfturbine sich nicht umsteuern läßt, ist in Turbinenantrieben eine besondere Rückwärtsturbine erforderlich. Als Dampfkessel werden Zylinderkessel, für große Anlagen besondere Wasserrohrkessel verwendet, die heute meist mit Treiböl (Heizöl), seltener mit Kohle gefeuert werden. 1966 waren etwa 25 % aller Schiffe der Welthandelsflotte (44 % dem Bruttoraumgehalt nach) D.

Dampfhammer, ein → Maschinenhammer.

Dampfkessel, eine Vorrichtung zur Erzeugung von gespanntem Dampf für industrielle Anlagen, zur Heizung und Energieumwandlung in Dampfturbinen, vereinzelt noch in Dampfmaschinen. Es werden meist **Wasserdampfkessel** verwendet; Quecksilberdampfkessel mit Quecksilber als Wärmeträger (für Kraftwerke) und D. für verdampfungsfähige, als Wärmeträger benutzte Chemikalien sind selten.

Wirkungsweise eines Wasserdampfkessels. Das erforderliche Speisewasser wird zunächst chemisch aufbereitet, vorgewärmt und dann von Speisepumpen in den Kesselkörper (Verdampfer) befördert, durch die Feuerung erhitzt und verdampft. Die für die Feuerung notwendige Verbrennungsluft wird vielfach ebenfalls vorgewärmt. Der gewonnene Sattdampf wird vor seiner Verwendung im Überhitzer auf die erforderliche Dampftemperatur erhitzt.

1) Feuerung. a) **Rostfeuerung**: Die Bekohlung von D.n geschieht bei Großanlagen aus Eisenbahnwagen oder Lastkähnen in Bunker, über Becherwerke (Elevatoren) und mittels Transportbändern in Hochbunker. Von dort rutscht die Kohle regelbar durch geschlossene Rinnen zur Feuerung. Die gewöhnliche Feuerung für Braunkohlenbriketts und Steinkohle ist die *Planrostfeuerung*. Für Großfeuerungen ist der Planrost zum *Wanderrost* weiterentwickelt worden (Abb. → Rost). Gleichmäßige Verbrennung erreicht man durch den Zonen-Unterwind-Wanderrost, bei dem die Feuerung in luftdichte Zonen unterteilt ist und der Verbrennungsvorgang durch Schaulöcher im Mauerwerk beobachtet und gelenkt wird. Für Rohbraunkohle verwendet man *Treppenroste* mit einer Neigung von etwa 35° oder *Muldenroste* mit mechanischer Schürung. Die bis zu 70 % Feuchtigkeit enthaltende Rohbraunkohle wird beim Nachrutschen auf den eigentlichen Verbrennungsrost, die Mulde, im schachtartigen Mauerwerk vorgetrocknet. Eine spezielle Rostart zur Verbrennung von Müll ist der *Walzenrost*, eine stufenförmige Anordnung mehrerer mit Roststäben belegter, motorgetriebener Walzen. Die Entaschung der Feuerung erfolgt heute meist unter gleichzeitiger Ablöschung der heißen Aschen- und Schlackenteilchen in offenen Gerinnen oder mit Druckwasser in geschlossenen Rohrleitungen. b) Bei der → **Ölfeuerung** wird Öl durch Düsen (Brenner) in den hohen, zum Schutz der Schamotteauskleidung mit zahlreichen Siederohren versehenen Feuerungsraum gespritzt. c) Die → **Gasfeuerung** wendet man dort an, wo große Gasmengen zur Verfügung stehen, z. B. Erdgas. d) Die **Kohlenstaubfeuerung** ermöglicht große Leistungen bei guter Regelbarkeit. Die Kohle wird in einem Fallschacht durch rückgesaugte Rauchgase getrocknet, in Ventilator- oder Schlägermühlen fein gemahlen und mit der Verbrennungsluft in den Feuerraum geblasen, wo sie feinst verteilt mit geringem Luftüberschuß und höchster Temperatur (bis zu etwa 1800 °C) verbrennt. Brennstoffe mit niedriger Schmelzpunkttemperatur der Asche werden in der **Schmelzkammerfeuerung** verbrannt. Die Asche wird dabei in geschmolzenem Zustand abgezogen. Eine spezielle Art der Schmelzkammerfeuerung ist die → Zyklonfeuerung.

2) Verdampfer. Man unterscheidet zwei Grundtypen: den Großwasserraumkessel, bei dem der gesamte Wasserinhalt in einer oder mehreren Trommeln untergebracht ist, und den Wasserrohrkessel. a) **Großwasserraumkessel**: Die älteste Form ist der **Walzenkessel**, bei dem eine lange schmiedeeiserne Trommel bis zu $^3/_4$ mit Wasser gefüllt ist. Die heißen Verbrennungsgase bestreichen sie von außen und bringen so das Wasser zum Sieden. Der Dampf wird durch den Dampfdom abgezogen; die Rauchgase gehen durch den Fuchs und durch den Schornstein ins Freie. Von Nachteil ist die lange Anheizzeit infolge der großen Wassermenge, von Vorteil die gute Wärmespeicherung. Im **Flammrohrkessel** liegt in Richtung der Längsachse ein großes, vorn und hinten offenes, gewelltes Rohr (Flammrohr), der Feuerungsrost befindet sich im Flammrohr. Die Verdampfung vollzieht sich hier erheblich schneller als im Walzenkessel. Der im Lokomotivbau angewendete **Rauchrohrkessel** enthält im Innern zahlreiche von Verbrennungsgasen durchströmte Röhren (Heiz- oder Rauchröhren), die ihre Wärme an das sie umgebende Wasser abgeben. b) **Wasserrohrkessel** können als Schräg- oder Steilrohrwasserkessel ausgebildet sein. Der **Schrägrohrkessel** besteht aus einer waagerechten Obertrommel, unter der sich ein Bündel schräg verlegter Wasserrohre befindet. Beide Teile sind durch Wasserkammern miteinander verbunden. In den von den heißen Verbrennungsgasen bestrichenen Wasserrohren kommt das Wasser zum Sieden, steigt in der vorderen Wasserkammer zur Obertrommel empor und gibt hier den Dampf ab. Der **Steilrohrkessel** besteht meist aus zwei Obertrommeln und einer oder zwei Untertrommeln, zwischen denen die Wasserrohre ziemlich steil angeordnet sind (Abb.). **Strahlungskessel (Großfeuerraumkessel)** sind Schrägrohr- oder Steilrohrkessel, bei denen neben der Berührungswärme auch die Strahlungswärme der Verbrennungsgase ausgenutzt wird.

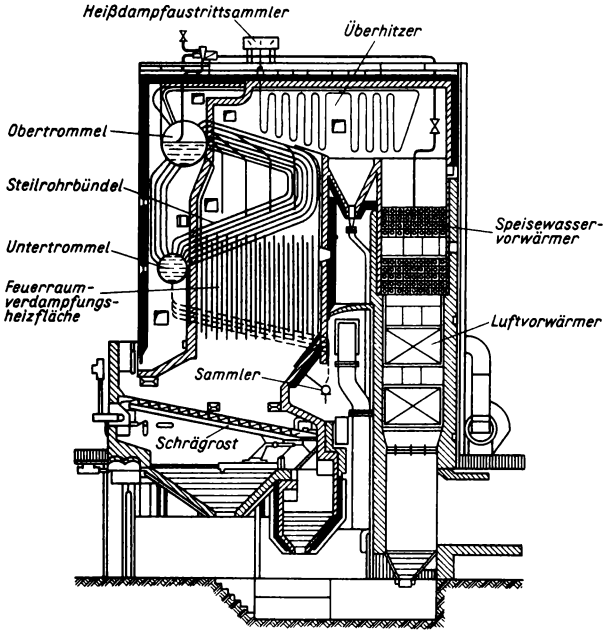
3) Im Überhitzer, einem System von Rohrschlangen, wird der Dampf durch die Rauchgase nachgetrocknet und bei konstantem Druck auf über dem Siedepunkt liegende Temperaturen erwärmt, damit er auch nach der Expansion in den Maschinen möglichst wasserfrei bleibt.

4) Vorwärmer. Wärmewirtschaftlich unbedingt erforderlich ist die **Speisewasservorwärmung** im Ekonomiser (Wasservorwärmer) zur möglichst ergiebigen Ausnutzung der Rauchgase und, falls die Feuerung es zuläßt, die **Verbrennungsluftvorwärmung** im Luftvorwärmer durch die Rauchgase.

5) Wasseraufbereitung. Das Speisewasser muß chemisch aufbereitet werden, da sich sonst mineralische Ablagerungen (Kesselstein) in den Rohren bilden, die den Wirkungsgrad des D.s verschlechtern.

Sonderbauarten: Der **Veloxkessel** ist ein Zwangumlaufkessel, bei dem der Feuerraum einen Druck von 2,5 bis 3 at aufweist (Druckgasfeuerung). Die Feuerraumbelastung ist sehr hoch, bei Ölfeuerung bis zu $7 \cdot 10^6$ kcal/m³h. Dadurch ergeben sich sehr kleine Anlagen (auch für größere Leistungen), die besonders auf Schiffen und als Reserveanlagen verwendet werden. Die geringe Anheizzeit von 3 bis 6 Minuten stellt einen weite-

ren Vorteil dar. Der **Bensonkessel** ist ein Höchstdruckdurchlaufkessel, der nur aus Rohrelementen ohne Kesseltrommel besteht. Verwendet wird er mit Ölfeuerung auf Seeschiffen und für Dampfkraftwerke. Der Vorteil liegt im Einsparen der Kesseltrommel und in der kurzen Anheizzeit. Bensonkessel werden für größte Leistungen gebaut; bei Dampfdrücken von 350 at (überkritisch) und Temperaturen bis zu 650 °C können in einem Kessel mehr als 1000 t Dampf je Stunde erzeugt werden. Nachteilig ist, daß der Bensonkessel eine komplizierte Regelung und einwandfreies Speisewasser erfordert.



Steilrohrkessel mit unbeheizten Fallrohren im Schnitt

Weitere Bauarten sind Atmos-, Löffler-, Schmidt-Hartmann- und La-Mont-Kessel, bei denen z. T. mittelbare Dampferzeugung, z. T. außerordentlich hohe Rauchgasgeschwindigkeit angewendet wird.

Da D. bei unsachgemäßer Herstellung und falscher Bedienung eine große Gefahr für die Umgebung darstellen, werden ihr Bau und Betrieb sowie die Überwachung vom Gesetzgeber kontrolliert (in der DDR durch die Technische Überwachung).

Lit. Gumz: Kurzes Handb. der Brennstoff- und Feuerungstechnik (3. Aufl. Berlin 1962); Handb. für Kesselwärter, Bd 3 (Leipzig 1958); Heinz: Aufbau und Betrieb von Hochdruckdampfkesseln (Berlin 1953); Kolbe: Der wirtschaftliche Dampfkesselbetrieb, Bd 1 (4. Aufl. Halle 1958); Netz: D. (5. Aufl. Stuttgart 1957); Schlicke u. Gabrysch: Dampferzeuger (Berlin 1958); Witte: Handb. der Energiewirtschaft, Bd 1 (2. Aufl. Leipzig 1965); → Dampfkraftmaschinen.

Dampfkraftmaschinen, Wärmekraftmaschinen, die die Energie des expandierenden Dampfes (→ Dampfmaschine) oder des infolge seiner Entspannung strömenden Dampfes (→ Dampfturbine) in mechanische Energie umsetzen.

Lit. Inosemzew: Wärmekraftmaschinen, Bd 2 D. (dtsch Berlin 1954); Puschmann: D. (7. Aufl. Leipzig 1953); Witte: Handb. der Energiewirtschaft, Bd 1 (Berlin 1957).

Dampfkraftwerk, ein → Wärmekraftwerk.

Dampflokomotive, → Lokomotive.

Dampfmaschine, eine Wärmekraftmaschine, bei der Druckenergie in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Bei der D. tritt Dampf durch die Dampfleitung in den Zylinder und drückt hier einen Kolben von einem Ende des Zylinders zum anderen (Totpunkte des Kolbenhubes). Am Ende des Kolbenweges wird der Dampf auf die andere Kolbenseite geleitet und drückt jetzt den Kolben wieder zurück. Die hin- und hergehende Bewegung wird durch die nach außen durch eine Stopfbüchse abgedichtete Kolbenstange zunächst auf den Kreuzkopf übertragen, der in einer Geradführung hin- und hergleitet. Am Kreuzkopf ist die Pleuelstange gelenkig befestigt, die diese Schubbewegung auf den Kurbelzapfen an der Schwungrad- oder Kurbelwelle überträgt. So wird die hin- und hergehende Bewegung in eine Drehbewegung umgewandelt. Das auf der Kurbelwelle sitzende Schwungrad gleicht die während des Hin- und Herganges stark wechselnden Kräfte aus, hilft die Totpunkte überwinden und gewährleistet gleichmäßigen Gang. Die Drehzahl wird durch einen Regler konstant gehalten. Langsamlaufende D.n haben Drehzahlen von 80 bis 150 U min^{-1} (Umdrehungen je Minute), Schnelläufer von 200 bis 1200 U min^{-1}. Die Steuerung des Dampfzutritts auf die eine oder andere Kolbenseite erfolgt durch Schieber oder Ventile **(Schieber-, Ventilmaschinen),** früher auch durch Hahn- oder Corlissteuerungen.

Nach der Konstruktion unterscheidet man Volldruck- und einfach bzw. mehrfach wirkende Expansionsmaschinen. Die wichtigste Art ist die **Zweifachexpansionsmaschine** oder **Verbundmaschine (Compoundmaschine).** Der Dampf tritt bei dieser D. in den Hochdruckzylinder, wird dort auf einen mittleren Druck entspannt, strömt dann in den Aufnehmer (Zwischenbehälter) und von da in den Niederdruckzylinder, wo er sich auf den gewünschten Enddruck ausdehnt. Die beiden Zylinder wirken auf dieselbe Kurbelwelle.

Der Abdampf der D.n wird auf verschiedene Weise verwertet. Danach unterscheidet man Auspuff-, Kondensations- und Gegendruckmaschinen.

Zwillings- oder **Drillingsmaschinen** sind einfach wirkende D.n mit zwei oder drei nebeneinanderliegenden Zylindern. **Stehende D.n** mit senkrechten Zylindern werden fast nur in Schiffen angewendet **(Lentz-D.).** Die **Sattdampfmaschinen,** die mit nassem Dampf (Dampf, dessen Temperatur gleich der Siedetemperatur ist) arbeiten, haben schlechtere Wirkungsgrade und sind veraltet.

Heißdampfmaschinen haben Dampftemperaturen von 350 bis 500 °C. Der Frischdampfdruck beträgt 12 bis 20 at, in neueren Hochdruckanlagen bis zu 145 at. Der Wirkungsgrad ist bei älteren Sattdampf-Auspuffmaschinen 8 bis 11 %, bei neuzeitlichen Heißdampf-Kondensationsmaschinen 20 bis 25 %. Unter optimalen Bedingungen, d. h. bei gesteigertem Temperatur- und Druckgefälle des arbeitenden Dampfes, kann ein praktischer Wirkungsgrad bis 35 % erreicht werden. Der innere Wirkungsgrad von D.n beträgt 60 bis 80 %. Der Dampfverbrauch einer Heißdampf-Kondensationsmaschine beträgt 5,7 bis 7,5 kg/kWh.

Lit. Tieroff: Die Kolbendampfmaschine, 2 Bde (Leipzig 1956/59); Wiegand: Schiffskolbendampfmaschinen (Berlin 1953); → Dampfkraftmaschinen.

Dampfmengenmesser, ein → Drosselgerät.

Dampfmotor, eine schnellaufende, einfach wirkende stehende Dampfmaschine mit Ventilsteuerung, den mehrzylindrigen Verbrennungsmotoren nachgebildet, mit einer Drehzahl bis zu 1200 U min^{-1} (Umdrehungen je Minute).

Dampfphaseninhibitor, → VPI-Verfahren.

Dampfsperre, 1) Bauwesen: eine Stoffschicht, die dem durch einen Bauteil (z. B. Massivdach)

diffundierenden Wasserdampf einen hohen Widerstand entgegensetzt. D.n bestehen aus Bitumenpappe, Aluminium, Kunststoff oder Schaumglas. Sie sind bei massiven Wärmdächern, besonders über Räumen mit hoher Luftfeuchtigkeit, unter der Wärmedämmschicht anzubringen, um deren Durchfeuchtung und die damit verbundene Minderung der Wärmedämmung zu verhindern.

2) Vakuumtechnik: **Öldampfsperre, Baffle** [aus dem Englischen], eine aus wassergekühlten Flächen bestehende Anordnung, die man auf den Hochvakuumstutzen von Öldiffusionspumpen aufsetzt, um zu verhindern, daß die rückströmenden Öldampfmoleküle in den Rezipienten gelangen. **Dampfstrahlpumpe,** → Injektor, → Vakuumpumpe.

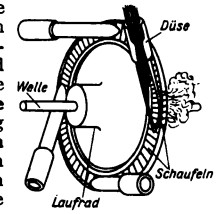
Dampfturbine (Tafeln 38 und 39), eine Wärmekraftmaschine, die die Spannung des Dampfes (potentielle Energie) durch querschnittverengende Düsen in kinetische Energie und diese unmittelbar in rotierende Energie zur Arbeitsleistung umwandelt. Bei der **Gleichdruckturbine (Aktionsturbine)** befindet sich in einem dampfdicht geschlossenen Gehäuse der Läufer aus einem oder mehreren Laufrädern. Das Laufrad besteht aus einer durch die Fliehkraft hochbeanspruchten Laufscheibe, die am Umfang Laufschaufeln trägt. Die Dampfzuführung aus dem Dampfkessel zu den Laufschaufeln geschieht durch fest mit dem Gehäuse verbundene Düsen unter einem spitzen Winkel, dessen Größe von der Turbinenart abhängt. Strömt der Dampf mit einer dem zur Verfügung stehenden Wärmegefälle entsprechenden Geschwindigkeit (etwa 150 bis 1500 m s^{-1}) aus den Düsen gegen die zweckmäßig stetig gekrümmten Laufschaufeln, so wird er von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, übt einen Druck auf die Schaufeln aus und treibt so das Laufrad mit der Welle gleichförmig an. Die Drehzahl beträgt in der Regel 3000 U min^{-1} (Umdrehungen je Minute). Dampfverluste zwischen Gehäuse und Welle werden durch eine Labyrinthdichtung verhindert. Nach dem Verlassen der letzten Laufradstufe wird der Dampf einem Kondensator zugeführt, in dem er durch Kühlwasser niedergeschlagen wird (**Kondensationsturbine,** → Kondensationsmaschine). Infolge der Volumenverminderung tritt ein Vakuum von etwa 95% ein, d. h. der Gegendruck beträgt nur noch 0,03 bis 0,05 at. Das Kondensat wird dem Dampfkessel über einen Vorwärmer wieder zugepumpt.

Nutzt man große Wärmegefälle in nur einem Laufrad aus, wie die **Laval-Turbine,** so kommt man zu hohen Drehzahlen (über 30000 U min^{-1}), die schlechten Wirkungsgrad zur Folge haben. Bei der **Curtis-Turbine** wird deshalb das Laufrad mit 2 bis 4 Schaufelreihen (Kränzen) besetzt, zwischen denen jeweils ein feststehender Umlenkkranz zur Umkehr der Dampfrichtung angebracht ist (Geschwindigkeitsstufung).

Noch bessere Ergebnisse erzielt man durch Aufteilen des Wärmegefälles in mehrere Druckstufen (**Zoelly-Turbine** und **Brünner Bauart**). Je mehr davon vorhanden sind, um so höher wird der Wirkungsgrad, weil die Reibungsverluste mit kleiner werdendem Stufengefälle abnehmen.

Bei der Gleichdruckturbine herrscht vor und hinter jeder Laufscheibe derselbe Druck, weil in den vor jedem Laufrad befindlichen Düsen der Dampf bis zum Gegendruck entspannt wird. Bei der **Überdruckturbine (Reaktions-, Parsons-Turbine)** setzt man nur einen Teil des Gefälles in einem Leitrad, den Rest aber im Laufrad (mit Querschnittsverengung nach dem Austritt zu) in Geschwindigkeitsenergie um; dadurch ist der Druck vor dem Laufrad größer als hinter ihm, was einen unangenehmen Axialschub auf den Läufer und damit auf die Lager bewirkt, der durch besondere Konstruktionsmaßnahmen aufgehoben werden muß.

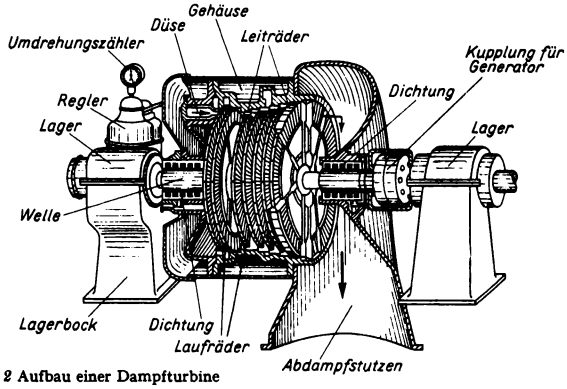
Die bisher genannten D.n sind **Axialturbinen,** bei denen der Dampf parallel zur Welle durch die Maschine strömt. Außer diesen Dampfturbinen gibt es noch **Radialturbinen,** z. B. die **Ljungström-Turbine** mit gegenläufigen Rädern und Dampfströmung von innen nach außen und die **SSW-** (Siemens-Schuckert-Werke-) **Radialturbine** mit feststehendem Leitrad und Dampfströmung von außen nach innen. **Mehrgehäuseturbinen** werden angewandt bei sehr großen Dampfmengen und erheblichen Temperaturunterschieden am Ein- und Austritt der Turbinen, weil sonst infolge zu großer Wärmespannungen das Gehäuse aufreißen kann.



1 Wirkungsweise der Dampfturbine

Dem Verwendungszweck nach unterscheidet man außer der nur zur Krafterzeugung dienenden Kondensationsturbine noch die **Gegendruck-** oder **Industrieturbine,** deren Abdampf mit einem Druck ≥ 1 at voll zum Heizen, Kochen oder Trocknen ausgenutzt wird. Diese Maschine stellt die einfachste und dabei wärmewirtschaftlich günstigste Lösung in der Heizkrafterzeugung dar. Sie ist aber nur verwendbar, wenn Kraft- und Wärmebedarf sich bei allen Belastungen ungefähr entsprechen. Ist dies aus betrieblichen Gründen nicht zu erreichen, so wird die **Anzapf-** oder **Entnahmeturbine** verwendet, die es gestattet, in weiten Grenzen Dampf des gewünschten Druckes und der verlangten Menge zu entnehmen ohne Störung des Kondensationsbetriebs mit der Restdampfmenge.

Sonderformen: **Abdampfturbinen** verwenden den Abdampf aus anderen Prozessen; sie sind wie Kondensationsturbinen aufgebaut, lediglich der Hochdruckteil fehlt. **Höchstdruckturbinen (Vorschaltturbinen)** arbeiten mit überkritischem Druck (>225 at); sie sind sehr teuer, geben jedoch die höchsten Gesamtwirkungsgrade im Kraftwerksbetrieb.



2 Aufbau einer Dampfturbine

Die Leistungsregelung der D. geschieht selbsttätig entweder durch Drosselung eines Ventils oder durch zeitlich aufeinanderfolgendes Abschalten von mehreren, meist 4 Ventilen. Konstante Drehzahl ist vor allem bei Antrieb von Generatoren erforderlich und wird durch einen entsprechenden Regler eingehalten. D.n mit Drehzahlen bis zu 6000 U min^{-1} besitzen meistens Untersetzungsgetriebe.

Lit. Gabrysch: Der Dampfturbinenmaschinist (2. Aufl. Leipzig 1956); Kraft: Die neuzeitliche D. (7. Aufl. Berlin 1954); Mareyen: Dampfkraftanlagen, Tl 1 (Berlin 1954), D.n und ihr Betrieb (2. Aufl. Leipzig 1958); Oehler: Grundzüge der Berechnung und des Baues von D.n (4. Aufl. Leipzig 1951); Traupel: Thermische Turbomaschinen (Bd 1 Berlin 1958, Bd 2 Berlin 1960); Witte: Handb. der Energiewirtschaft, Bd 1 (2. Aufl. Leipzig 1965); Zietemann: D.n (2. Aufl. Berlin 1955); Kreuz: Betriebserfahrungen mit D.en (2. Aufl. Berlin 1963).

Dämpfung, das zeitliche oder räumliche → Abklingen von Schwingungen aller Art. Die D. wird verursacht durch Übergang von Schwingungsenergie in andere Energieformen, insbesondere in Wärme; beim Pendel z. B. infolge von Reibung, im elektrischen Schwingungskreis durch Ohmsche Widerstände und durch Abstrahlung von Energie in Form von elektromagnetischen Wellen, z. B. bei der Antenne, → Strahlungsdämpfung. Ungedämpfte Schwingungen sind daher zu erreichen durch entsprechende Energiezufuhr im richtigen Augenblick (bei der Pendeluhr z. B. durch Wirkung des mittels der Gewichte bewegten Steigrades auf den Anker, bei elektrischen Schwingkreisen durch Rückkopplung) oder durch Beseitigung der Energieverluste (wie bei der Supraleitung). Die D. wird gemessen durch das Verhältnis der Amplituden zweier aufeinanderfolgenden Schwingungen, das **Dämpfungsverhältnis,** oder häufiger noch durch dessen natürlichen Logarithmus, das **logarithmische Dekrement.** Die D. heißt aperiodisch, wenn die Schwingung innerhalb einer Periode auf Null abklingt. Dann wird das logarithmische Dekrement unendlich. Bei Spulen oder Kondensatoren bezeichnet man das Verhältnis der Verlustwiderstände zum induktiven bzw. kapazitiven Widerstand als **Dämpfungsfaktor.** In der Funktechnik wird auch der reziproke Wert des Dämpfungsfaktors, der **Gütefaktor,** verwendet. Unerwünschte Schwingungen werden durch Friktions- oder hydraulische Stoßdämpfer (bei Kraftfahrzeugen), Dämpferflügel und Wirbelstromdämpfer (z. B. bei Meßinstrumenten) gedämpft.

Bei der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen unterscheidet man zwei Arten von D.: a) **Freiraumdämpfung,** auch Funkfeld- oder Streckendämpfung genannt. Diese D. wächst bei gegebener Wellenlänge logarithmisch mit größer werdender Streckenlänge an. Bei Übertragung über Leitungen wächst die D. dagegen proportional der Leitungslänge. b) **Absorptionsdämpfung.** Sie ist gegeben durch die Verluste der nicht vollkommen leitenden Erdoberfläche und außerdem durch die Niederschläge und den Gehalt der bodennahen Luftschichten an tropfenförmig kondensiertem Wasserdampf, was besonders bei sehr kurzen Wellen in Erscheinung tritt. Die Absorptionsdämpfung wird größer mit abnehmender Wellenlänge.

In der Übertragungstechnik bezeichnet man als D. die Vernichtung der Leistung bei der Übertragung über eine Leitung. Diese D. entsteht durch Ohmsche, dielektrische und kapazitive Verluste, sie ist frequenzabhängig und wird durch in bestimmten Abständen angebrachte Verstärker behoben. Eine Leitung hat das **Dämpfungsmaß** $a = 1$ Np (Neper), wenn der natürliche Logarithmus des Verhältnisses der Eingangs- zur Ausgangswellenspannung den Wert 1 annimmt. Die D. für 1 km Leitungslänge wird als **kilometrische D.** oder **Dämpfungskonstante** α bezeichnet. Diese liegt bei einer (mittleren) Frequenz von 800 Hz für Freileitungen von 3 mm Durchmesser bei etwa 0,005, bei Kabeln von 2 mm Durchmesser bei etwa 0,03. Einheit der Dämpfungskonstanten ist Np km^{-1}.

Dampfwalze, → Straßenwalze.

daN, Kurzz. für Dekanewton, → Newton.

Dängeln, svw. → Dengeln.

Daniell-Element, ein → galvanisches Element.

Danulon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

daP, Kurzz. für Dekapoise, → Poise.

Darre, → Trockner.

Dartyan-Element, ein → galvanisches Element.

Datenverarbeitung (Tafel 47), die Umformung und Bearbeitung großer Datenmengen nach gleichartigen Vorschriften. Unter Daten sind Informationen über bestimmte Tatbestände (z. B. Meßergebnisse, Platzbuchungen, Lagerbestände, Produktionskennwerte) zu verstehen, die als Zahlen oder Buchstabenfolgen vorliegen. Die Bezeichnung D. wird häufig als Alternativbegriff zu „Rechentechnik" gebraucht, worunter man eine Informationsverarbeitung versteht, bei der das Schwergewicht auf der Rechnung selbst liegt. Bei der D. spielen dagegen die Daten die wichtigste Rolle. Sie treten als Eingabe- oder Speichersätze im allgemeinen in großer Zahl auf und werden durch relativ wenige und einfache logische und arithmetische Operationen verarbeitet. Das Ergebnis sind entweder wiederum große Datenmengen (z. B. im Bankwesen Kontenveränderungen auf Grund von Ein- und Abgängen) oder wenige Kennzahlen (z. B. Angaben über Bevölkerungsdichte und -struktur auf Grund von Volkszählungen) oder Entscheidungen zur Einleitung oder Fortführung eines Prozesses (z. B. Einstellung einer speziellen Produktion auf Grund einer ungünstigen Marktsituation).

Die Hauptanwendung der D. liegt auf ökonomischem Gebiet und betrifft z. B. Lohn- und Betriebsabrechnungen, die Lagerhaltung in Betrieben, Kaufhäusern und Versandhäusern, Verrechnungs- und Buchungsvorgänge in Banken, Sparkassen und Versicherungen, statistische Erhebungen, die Platzreservierung im Bahn- und Flugverkehr, die Kontrolle und Steuerung von Produktionsprozessen (→ Prozeßrechner). Moderne Anwendungen erstrecken sich auch auf komplexe Probleme der Ökonomie, z. B. auf optimale Betriebsführung, Investitionsplanung, Marktanalysen, Überwachung der gesamten Volkswirtschaft und Aufdeckung volkswirtschaftlicher Zusammenhänge, auf Probleme des Verkehrs (Verkehrssteuerung, Flugsicherungsdienst), der Technik (Raketensteuerung, Flugbahnüberwachung), der Naturwissenschaften (Ermittlung mathematischer Modelle von physikalischen, chemischen, biologischen, physiologischen und psychologischen Prozessen aus umfangreichen Beobachtungsergebnissen, langfristige und verläßliche Wettervorhersagen), der Medizin (Auswertung von Symptomen zu Diagnosen und Therapieempfehlungen, Kontrolle und Auswertung der Auswirkungen von medikamentösen oder operativen Eingriffen) und der Dokumentation (Archivieren, Auswerten und Auffinden wissenschaftlicher Literatur). In diesen Bereichen ist eine Abgrenzung gegenüber der Rechentechnik nicht mehr gegeben.

Die großen Datenmengen und die gleichbleibenden Verarbeitungsvorschriften machen die **manuelle D.** unökonomisch und stumpfsinnig. Auf dem Weg zur Automatisierung der D. entstand zunächst die Lochkartentechnik (→ Lochkarte), bei der nur kurze Verarbeitungsvorgänge automatisch ablaufen, die Steuerung, Speicherung und z. T. der Informationstransport aber dem Menschen obliegen. Die **automatische (elektronische) D.** verwendet moderne → Digitalrechenautomaten, die vor allem über eine leistungsfähige Ein- und Ausgabe sowie über eine hohe Speicherkapazität verfügen müssen, und führt zur Entwicklung von Rechnersystemen. Ein solches **Datenverarbeitungssystem** umfaßt alle Geräte, die zur Datenerfassung, -aufbereitung, -übermittlung, -verarbeitung, -speicherung und -auswertung erforderlich sind. Der erste Schwerpunkt eines Datenverarbeitungssystems liegt auf den → Peripheriegeräten. Die herkömmlichen Ein- und Ausgabegeräte — z. B. Lochkarten- und Lochstreifengeräte, Drucker — arbeiten zu langsam, um die wesentlich höhere Arbeitsgeschwindigkeit der Zentraleinheit für die großen Datenmengen ausnutzen zu können. Es wurden daher schnellere Geräte dieser Art (z. B. schnelle Zeilendrucker) sowie neue Verfahren entwickelt. Sie umfassen a) die Ein- und Ausgabe über Mikrofilm; b) die direkte Eingabe

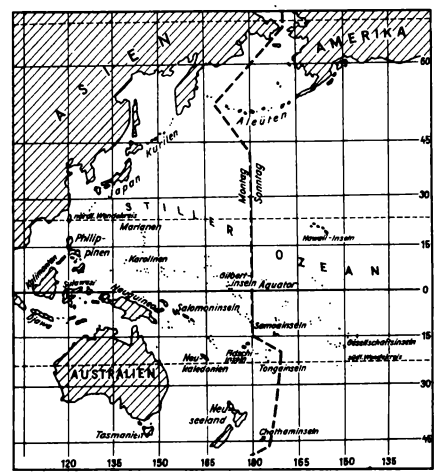
der Urbelege, wodurch die Datenaufbereitung entfällt (die dazu notwendige automatische Zeichenerkennung wird bereits für Magnetschrift, stilisierte Schrift und normale Maschinenschrift realisiert, die Eingabe über Handschrift und natürliche Sprache wird jedoch den Einsatz lernender → Automaten erfordern); c) die Ein- und Ausgabe mit Videobandaufzeichnungen; d) die phonetische Ausgabe; e) xerographische und magnetostatische Druckverfahren. Der zweite Schwerpunkt eines Datenverarbeitungssystems liegt auf den Speichereinheiten. Arbeitsspeicher und verschiedene Großraumspeicher mit hoher Kapazität und kurzer Zugriffszeit, für schritthaltende Datenverarbeitung (s. u.) auch mit wahlfreiem Zugriff, sind unabdingbar (→ Digitalrechenautomat). Der dritte Schwerpunkt liegt auf der hohen Anpassungsfähigkeit des Datenverarbeitungssystems an eine große Zahl gegenwärtiger und zukünftiger Anwendungen. Die Verschiedenheit von Art und Umfang des Datenanfalls bewirkt, daß für den wirtschaftlichen Einsatz eines Datenverarbeitungssystems je nach Aufgabe verschiedene Speicherkapazitäten, Rechengeschwindigkeiten, Ein- und Ausgabeverfahren und -geschwindigkeiten u. a. angezeigt sind. Deshalb wird ein Datenverarbeitungssystem zweckmäßigerweise nach dem Baukastenprinzip aufgebaut, und es muß ein reichhaltiges Sortiment an Zentraleinheiten (*Rechnerfamilie*) und Peripheriegeräten abgestufter Leistungsfähigkeit zur Verfügung stehen. Für ein Zusammenarbeiten müssen diese Einheiten technisch und logisch kompatibel (verträglich) sein. Dies bedeutet das Vorhandensein einer ausreichenden Anzahl von Kanälen für den Informationsaustausch und von Standardanschlußbedingungen für das weitgehend beliebige Zusammenschalten von Einheiten bzw. gleiche Informationsdarstellung, Verwendbarkeit der gleichen Programme, gleiche Programmierhilfen. Die programmierungs- und bedienungstechnischen Maßnahmen (im Englischen als software bezeichnet), z. B. die Anwendung von Programmierungssprachen (→ Programmierung) und die Verwendung von Test-, Überwachungs-, Warn-, Steuerungs- und Programmübersetzungsprogrammen, gewinnen gegenüber der gerätetechnischen Seite (im Englischen hardware) immer größere Bedeutung. Neuere Tendenzen versuchen, die Wirksamkeit eines Datenverarbeitungssystems durch gleichzeitige Verwendung mehrerer koordinierter und subordinierter Zentraleinheiten (*Multicomputersystem*), durch konsequente Zeitschachtelung und entsprechende *Eingriffstechnik* sowie durch Aufrufen von Speicherinhalten nicht mittels Adressen, sondern mittels Inhaltsbezeichnungen (*Assoziativspeicher*) wesentlich zu erhöhen.

Die Daten und Belege durchlaufen in einem Datenverarbeitungssystem im allgemeinen folgende Arbeitsgänge: Belegvorbereitung (Übertragen in eine für die Anlage lesbare „Schrift", Berichtigen, Ergänzen), Eingabe, Verarbeitung im Rechner, Ausgabe, Resultatzusammenstellung (z. B. Drucken, Schneiden, Verpacken). Jeweils ein Datensatz beschreibt einen zu bearbeitenden Vorfall (Kundenbestellung, Reklamation, Platzbuchung usw.). Man unterscheidet einmal zwischen direkter und indirekter D. und zum anderen zwischen schritthaltender und schubweiser D. Im Gegensatz zur **direkten D.** (On-line-Betrieb) besteht bei der **indirekten D.** (Off-line-Betrieb) zwischen den Belegvorbereitungsgeräten und den Eingabegeräten sowie zwischen den Ausgabegeräten und den Resultatschreibgeräten keine unmittelbare (elektrische) Verbindung, sondern es bedarf des Menschen, um die Zwischenträger Lochkarte, Lochstreifen, Magnetband o. dgl. zum Eingabegerät bzw. zum Drucker zu transportieren. Das Kennzeichen der **schritthaltenden D.** besteht darin, daß sich zu jedem Zeitpunkt in der Anlage nur einige wenige Vorfälle in Bearbeitung befinden und das Ergebnis spätestens einige Sekunden nach Eingabe des Vorfalls vorliegt. Dagegen kann sich bei **schubweiser D.** ein ganzer Schub, d. h. u. U. Tausende von Vorfällen, gleichzeitig in Bearbeitung befinden. Der Schub wird in seiner Gesamtheit den einzelnen Arbeitsgängen unterworfen, zu denen vor allem das Sortieren, d. i. die Erzeugung einer geordneten Datensatzfolge aus einer ungeordneten, neu hinzukommt. Die schubweise D. wird meist als indirekte D. betrieben. Ein für die schubweise D. gut geeignetes Speichergerät ist das Magnetband.

Äußerst wichtig für den Einsatz eines Datenverarbeitungssystems ist die **Datenfernübertragung.** Sie erfolgt meist über Fernsprech- oder Fernschreibleitungen und gestattet ein Zusammenarbeiten der Verarbeitungszentrale mit weit entfernten Bedienungs- und Datenanfallplätzen oder anderen Rechnern, wodurch eine bessere Ausnutzung des Systems gewährleistet und praktisch allen Institutionen der Zugang zur Datenverarbeitung ermöglicht wird.

Lit. Ahner u. Bode: Elektronische D. in der Ökonomie (Berlin 1964); Chapin: Einführung in die elektronische D. (dtsch München, Wien 1962); Diemer: Das Wesen der automatisierten elektronischen D. (Berlin 1962); Futh: Elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Bd I u. II (München, Wien 1965); Paulin: Kleines Lexikon der Rechentechnik und D. (Berlin 1967); Ztschr. Neue Technik im Büro (Berlin).

Datumgrenze, die international festgelegte Linie, an der Datumwechsel vorgenommen werden muß. Wird die D. in der Richtung von Osten nach Westen überschritten, so wird ein Tag überschlagen, auf der Fahrt von Westen nach



Datumgrenze

Osten dagegen ein Tag zweimal gezählt. Auf diese Weise wird die durch die Drehung der Erde um ihre Achse von Westen nach Osten entstehende **Datumdifferenz** beseitigt. Die D. ist dem 180. Längenkreis angelehnt. Sie weicht aber in Nordostasien davon ab und trennt im Beringmeer das Territorium der UdSSR von dem der USA, ferner weicht sie in der Südsee ab, da sonst zusammengehörige Inselgruppen geschnitten würden.

Dauerschwingfestigkeit, Dauerfestigkeit, auch als **Schwingungsfestigkeit** bezeichnet, Zeichen σ_D, die höchste Belastung, die ein schwingend beanspruchter Werkstoff unendlich lange ohne

Dauerstandfestigkeit

Bruch gerade noch ertragen kann. Man ermittelt die D. durch den **Dauerschwing-** oder **Wöhlerversuch** (nach dem deutschen Ingenieur A. Wöhler). Man benötigt dazu 6 bis 10 gleichartige Prüfstäbe, die durch Zugdruck, Biegung oder Torsion schwingend beansprucht werden. Die zeitliche Änderung der Spannung soll sinusförmig erfolgen. Die Änderung der Spannung während eines Lastspiels gegenüber einer gegebenen Mittelspannung σ_m bezeichnet man als Spannungsausschlag σ_a, den größten auftretenden Spannungswert als Oberspannung σ_o und den kleinsten als Unterspannung σ_u: $\sigma_m = \frac{\sigma_o + \sigma_u}{2}$; $\frac{\sigma_o - \sigma_u}{2} = \sigma_a$

(Spannungen werden mit kleinem Index, Festigkeiten mit großem Index gekennzeichnet). Die Beanspruchung der Stäbe wird so abgestuft, daß mindestens eine Probe erst nach sehr vielen Lastwechseln bricht und mindestens eine weitere überhaupt nicht zerstört wird. Es genügt, wenn bei Stahl $N = 10 \cdot 10^6$ und bei Leichtmetallen $N = 100 \cdot 10^6$ Lastwechsel erreicht werden. Trägt man die Bruchspannungen über den Bruchlastspielzahlen N auf, erhält man die *Wöhlerkurve*. Diese fällt bei großen Belastungen anfangs steil ab (Bereich der Zeitfestigkeit) und verläuft dann parallel zur Abszisse (Bereich der D.). Aus mehreren Werten der D. für verschieden große Mittelspannungen stellt man Dauerfestigkeitsschaubilder auf, denen die zulässigen Spannungen für zwischenliegende Belastungsfälle entnommen werden können.

Sonderfälle der D. sind die **Wechselfestigkeit** σ_W ($\sigma_m = 0$ und $\sigma_O = \sigma_U$) sowie die **Schwellfestigkeit** σ_{Sch} ($\sigma_U = 0$ und $\sigma_O = 2\sigma_m = 2\sigma_A$).

Bei der Berechnung von Bauteilen sind durch die Konstruktion bedingte Spannungsspitzen, z. B. an Bohrungen, durch die Formziffer α_K zu berücksichtigen. Die D. komplizierter Werkstücke, z. B. von Kurbelwellen, ist häufig im Versuch zu ermitteln (→ Gestaltfestigkeit).

Den durch schwingende Überbeanspruchung entstandenen Bruch bezeichnet man als Ermüdungs- oder Dauerbruch. Er geht ohne vorherige plastische Verformung meist von einem kleinen Anriß aus, der sich allmählich vergrößert. Die dabei entstehenden Trennflächen zeigen oft „Rastlinien", die durch Beanspruchungspausen oder zeitliche Änderungen der Spannungsspitzen erklärt werden. Ist der Querschnitt auf diese Weise so stark geschwächt worden, daß der verbleibende Restquerschnitt der Beanspruchung nicht mehr standhalten kann, dann kommt es zum Gewaltbruch. Die eigentliche Dauerbruchfläche ist feinkörnig und oft blankgescheuert, die Restbruchfläche grobkörnig und zerklüftet.

Dauerstandfestigkeit, → Standversuch.

D/A-Umsetzer, Abk. für → Digital/Analog-Umsetzer.

Davits (*Plur.*), eine Aussetzvorrichtung für Rettungs- und Arbeitsboote auf Schiffen. Verwendet werden heute meist **Schwerkraftdavits,** die durch die Eigen- und Bootsmasse selbsttätig nach außenbord klappen. Eine Weiterentwicklung für große Boote sind die **Gleit-** oder **Rollbahndavits,** bei denen die Galgen in zur Bordwand geneigten Rollbahnen laufen. Außerdem gibt es auf kleinen Schiffen **Drehdavits** und **Spindeldavits,** die durch Drehen bzw. mittels einer durch Kurbeltrieb bewegten Gewindespindel nach außenbord gebracht werden.

Davysche Sicherheitslampe, → Geleucht.

dB, Kurzz. für → Dezibel.

dd-Reaktion, → Kernfusion.

DDT-Mittel, Kontaktinsektizide, die als Wirkstoff Dichlordiphenyltrichloräthan enthalten. Sie werden als Spritz- und Stäubemittel zur Bekämpfung von beißenden Insekten, z. B. von Kartoffelkäfern und von Obstmaden, verwendet. Die DDT-M. wirken vor allem auf das Nervensystem der Insekten, allerdings nicht so schnell wie HCH- und E-Mittel. Nicht usreichend ist die Wirkung der DDT-M. gegen viele Rüsselkäfer, gegen Bodenschädlinge und saugende Insekten. Da bereits viele Insektenstämme, besonders Milben, gegen DDT resistent sind, muß dieses im Wechsel mit anderen Insektiziden angewendet werden.

de-Broglie-Wellen, → Materiewellen.

Debye-Scherrer-Verfahren, → Kristallstrukturanalyse.

DECCA-System, ein System zur → Funkortung.

Decelith, → Plaste, Übers.

Deck, die waagerechte Fläche, die den Rumpf von Wasserfahrzeugen nach oben hin abschließt und zugleich die Quer- und Längsfestigkeit des Fahrzeuges erhöht. Der Rumpf großer Schiffe ist noch durch mehrere **Zwischendecks** unterteilt, das oberste durchlaufende D. nennt man dann **Hauptdeck,** dasjenige, bis zu dem die Schotte geführt sind, **Schottendeck,** und dasjenige D. mit festen, wasserdichten Verschlüssen, auf welches der Freibord bezogen wird, **Freiborddeck.** Bes. auf Fahrgastschiffen bezeichnet man die Zwischendecks vom Hauptdeck aus nach unten mit Buchstaben (A-, B-, C-, D-D.) oder Zahlen (I., II., III. D.). Auch die auf dem Hauptdeck stehenden Aufbauten werden durch D.s abgeschlossen und unterteilt. Solche **Aufbaudecks** sind das Backdeck, Brückendeck, Peildeck, Bootsdeck, Promenadendeck, Poopdeck u. a.

Im allgemeinen Sprachgebrauch verwendet man den Begriff D. auch für den Raum zwischen zwei D.s.

D.s auf Booten bestehen aus Holzplanken, Stahl- oder Leichtmetallblech, Schiffsdecks im allgemeinen aus Stahlblech (mit Belag aus Holz, Steinholz, Plast, Gummizement u. a.) und nur bei Aufbauten aus Leichtmetall.

Auf Schiffen wird das D. durch ein Trägersystem aus *Decksbalken* (querschiffs) und *Decksunterzügen* (längsschiffs) sowie durch *Deckssstützen* getragen; Frachtschiffe haben allerdings häufig *stützenlose D.s.* Das Hauptdeck und die Aufbaudecks von Seeschiffen haben eine Querschiffswölbung, die *Decksbucht* (*Balkenbucht*) oder eine Neigung nach beiden Bootswänden (*Knickbucht*), welche die Querfestigkeit des Schiffes erhöht und das Wasser schnell ablaufen läßt. Sie steigen außerdem häufig nach dem Heck und vor allem dem Bug zu etwas an, dieser *Decksprung* erhöht die Seetüchtigkeit des Schiffes. Zu den auf dem Oberdeck stehenden *Decksmaschinen* zählen Ankerspille, Ladewinden, Verholspille, Netzwinden u. a.

Decke, in der Geologie a) **Vulkanische D., Eruptivdecke,** eine durch Ausfließen von basischen Schmelzen (Basalte), besonders aus großen Spalten, entstandene und horizontal weitausgedehnte Eruptivgesteinsmasse, z. B. die Basaltdecke des Hochlandes von Dekan (Indien). b) **Tektonische D., Schubdecke, Überschiebungsdecke,** ein Gesteinskomplex, der auf horizontaler oder flachgeneigter Gleitbahn (Schubbahn) auf fremdartiges Gestein überschoben wurde (→ Überschiebung). Manche Gebirge, z. B. die Alpen, bauen sich aus mehreren neben- und übereinanderliegenden D.n auf (Deckengebirge).

Deckensteine, Hohlziegel (TGL 117-0139) oder Deckenbauelemente aus Leichtbeton, die den Abstand zwischen den Deckenträgern ausfüllen. Sie wirken entweder statisch mit (z. B. bei Stahlsteindecken, Stahlbetonfertigbalkendecken) oder dienen als unbelastete Füllkörper (z. B. bei Stahlbetonrippendecken) zur Schaffung einer ebenen Untersicht.

Deckwerk, Uferdeckwerk, der Ausbau des Flußufers durch Steinschüttungen, Pflaster auf

Sand- und Kiesbettung, Packwerk und Sinkstücken zur Sicherung des Ufers.

Decoder, → Farbfernsehen.

DECTRA, ein System zur → Funkortung.

Dederon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Deduktion, eine Form der Beweisführung, die logische Ableitung des Besonderen aus dem Allgemeinen. Gegensatz: → Induktion. Die **deduktive Methode** ist charakteristisch für die Mathematik.

Defektleitung, → Halbleiter.

Defibrator, die in Europa gebräuchlichste Maschine zum Zerfasern von Holzschnitzeln (meist aus Abfallholz) und anderen verholzten Faserrohstoffen, z. B. von Einjahrespflanzen. Der D. ist ein gekapselter Stahlscheibenraffineur mit einer feststehenden und einer rotierenden Mahlscheibe, zwischen denen das vorzerkleinerte, und in einer Dämpfvorrichtung aufgeweichte Holz bei Temperaturen von 150 bis 190 °C und Dampfdrücken von 5 bis 13 at Überdruck zerfasert wird. Der D. wird vor allem in der Holzfaserplattenindustrie verwendet.

Defibrillator, ein → elektronisches Herzreizgerät.

Deflagration, das rasche Abbrennen eines Sprengstoffs, z. B. des Schwarzpulvers, ohne explosive Erscheinungen, Vorstufe der Explosion.

Deflation, Abblasung, Abhebung, eine Verlagerung des durch Verwitterung gelockerten Gesteinsmaterials durch den Wind. Das bewegte Gesteinsmaterial scheuert andere Gesteine bei der Berührung ab (→ Korrasion).

Deformation, die Verformung eines Körpers durch äußere Kräfte, z. B. durch Druck. Bei Molekülen kann eine D. der Elektronenhülle oder der einzelnen Elektronenbahnen auftreten, wenn die inneren oder die von außen wirkenden Kräfte unsymmetrisch sind.

Deformationsschwingung, Biegungsschwingung, die Schwingung von drei Atomen eines dreiatomigen Moleküls senkrecht zu der Geraden, die sie verbindet; das Molekül wird dadurch „deformiert". Dagegen versteht man unter **Valenzschwingung** eine Schwingung der Atome in Richtung ihrer Verbindungslinie. Die beiden Schwingungstypen machen sich im Molekülspektrum verschieden bemerkbar.

deg, Kurzz. für → degree.

degree, 1) Kurzz. d, englische Einheit des ebenen Winkels. 1 d = 1°.

2) Kurzz. deg, Einheit der Temperaturdifferenz in englischen und anderen fremdsprachigen Texten. In der Kelvinskale werden Temperaturdifferenzen als degK angegeben, in der Celsiusskale als degC, in der Rankineskale als degR, in der Fahrenheitskale als degF. In Texten bedeutet degree Rankine den Temperaturpunkt (°R), dagegen Rankine degree (degR) die Temperaturdifferenz.

Degummieren, das Entbasten oder Entleimen, z. B. von → Naturseide.

Dekafol, Wz., eine → Dekorfolie.

Dehnung, Zeichen ε, die durch Zugbeanspruchung verursachte, auf den ursprünglichen Abstand L_σ zweier Meßmarken bezogene Verlängerung eines Körpers. $\varepsilon = \frac{L - L_\sigma}{L_\sigma}$ (L = Abstand der Meßmarken bei Zugbeanspruchung). Man unterscheidet zwischen elastischer D. und bleibender oder plastischer D. Im Bereich der **elastischen D.** geht die Meßlänge nach Aufhören der Belastung auf den ursprünglichen Wert zurück. Es gilt hier das Hookesche Gesetz. Die Gesamtdehnung bei Zugbeanspruchung setzt sich bei Belastungen oberhalb der Elastizitätsgrenze aus einem elastischen und einem bleibenden Anteil zusammen. Die nach Entlastung meßbare D. ist die **bleibende D.** Beim → Zugversuch dehnt sich ein Probestab im Bereich der plastischen D. zunächst gleichmäßig über die gesamte Meßlänge. Man spricht von *Gleichmaßdehnung.* Nach stärkerer Verformung dehnt sich die Probe vorwiegend in einem begrenzten Abschnitt, in dem der Querschnitt rasch kleiner wird. Man bezeichnet sie deshalb als *örtliche D.* oder *Einschnürdehnung.*

Die *Bruchdehnung* $\delta = \frac{L_B - L_\sigma}{L_\sigma} \cdot 100$ in % (L_B = Abstand der Meßmarken an der nach dem Bruch zusammengefügten Probe) setzt sich aus Gleichmaßdehnung und Einschnürdehnung zusammen. Ihr Verhältnis ist bei den einzelnen Werkstoffen unterschiedlich.

Dehnungsmesser, Geräte zum Messen meist kleiner, durch Kräfteeinwirkung hervorgerufener Längenänderungen. **Mechanische D.** haben eine feste prismatische Schneide und eine bewegliche Schneide oder Rolle, die durch eine Meßschiene verbunden sind. Die Verlängerung zwischen den Schneiden wird entweder auf eine Meßuhr übertragen oder durch einen auf der beweglichen Schneide oder Rolle angebrachten Zeiger an einer Skale angezeigt. Der Ausschlag kann über ein Hebelsystem vergrößert werden. Man nennt diese Geräte vielfach Tensometer. Zu den häufig benutzten mechanischen D.n gehören die Dehnungsmeßgeräte nach Martens und Kennedy, nach Bauschinger und das Meßuhrgerät Bauart Amsler. Man verwendet sie zur Ermittlung der 0,2-Grenze beim → Zugversuch. Der bekannteste **mechanisch-optische D.** ist das Martens-Spiegelgerät, das auf der beweglichen Schneide einen Spiegel hat, der sich bei einer Längenänderung dreht. Im Spiegel wird ein in einer bestimmten Entfernung aufgestellter Maßstab abgebildet. Durch ein in etwa gleichem Abstand aufgestelltes Fernrohr liest man beim Drehen des Spiegels einen der Dehnung proportionalen Ausschlag auf der abgebildeten Skale ab. Das Martens-Spiegelgerät wird hauptsächlich zur Messung der 0,01-Grenze beim Zugversuch benutzt. **Elektrische D.** bestehen aus einem Geber, der die Längenänderung in eine Widerstands-, Induktions- oder Kapazitätsänderung umwandelt, und einem Anzeigegerät, in dem diese Änderungen verstärkt und sichtbar gemacht werden. Am häufigsten benutzt man Widerstandsgeber, sogenannte Dehnmeßstreifen. Sie bestehen meist aus einem dünnen Draht, der mäanderförmig auf einem Papierstreifen aufgeklebt ist. Der Streifen wird auf die Meßstelle geklebt und als Widerstand in eine Wheatstonesche Brücke geschaltet. Mit der Meßlänge ändert sich auch der Widerstand des Meßdrahtes. Dehnmeßstreifen eignen sich besonders für Dehnungsmessungen an Maschinen, Fahrzeugen, Brücken, Rohrleitungen und anderen komplizierten Bauteilen. Es genügt, wenn die Meßlänge 4 mm beträgt, in Sonderfällen auch weniger. Bei Verwendung von Oszillographen als Anzeigegerät können auch die Dehnungen bei schnell verlaufenden Laständerungen oder schwingender Beanspruchung erfaßt werden. Mit speziellen Dehnmeßstreifen sind Messungen auch bei höheren Temperaturen möglich.

Dehnzahl, → Elastizität.

Dehydratisierung, die Wasserabspaltung aus chemischen Verbindungen, die zu neuen Stoffen führt. Sie wird meist mit wasserentziehenden Mitteln, z. B. Phosphorpentoxid, Essigsäureanhydrid oder Schwefelsäure, oder mittels Katalysatoren vorgenommen. Technisch wichtig ist z. B. die D. von Butandiol zu Butadien.

Dehydrierung, die Abspaltung von Wasserstoff aus einer organisch-chemischen Verbindung. Dehydrierungsvorgänge spielen in der Biochemie

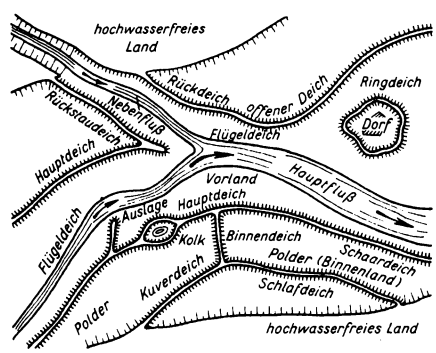
eine ebenso große Rolle wie in der Erdöl- und Petrolchemie.

Dehydrogenasen, zu den Oxydoreduktasen gehörende Fermente, die Redoxvorgänge katalysieren, z. B. Flavinfermente und Zytochrome. Die D. spielen eine wichtige Rolle im Zellstoffwechsel bei der Oxydation der Nährstoffe (Atmung) sowie bei anaeroben, d. h. unter Luftausschluß verlaufenden Umsetzungen, z. B. bei der Glykolyse und Gärung.

Deich, ein aufgeschütteter Erddamm längs des Ufers eines Flusses **(Flußdeich)** oder längs der Meeresküste **(Seedeich),** der das dahinter und tiefer gelegene Land, das Binnenland oder den *Polder* (*Koog*), gegen Überflutung durch Hochwasser schützt. Das Land zwischen Deich und Gewässer nennt man *Außendeichland* oder *Vorland.*

Nach der Bauart unterscheidet man a) den **Winterdeich (Haupt-, Banndeich),** der das eingeschlossene Gebiet gegen alle auftretenden Hochwasser sichern soll, und b) den niedrigeren und schwächeren **Sommerdeich,** der zum Schutz der Ernte nur die kleineren Sommerhochwasser abhalten soll, im Frühjahr dagegen vom Schneeschmelzwasser überflutet werden kann. **Schlafdeiche** sind alte, aufgegebene Deiche, vor denen Polder mit neuen D.en liegen. **Schaar-** oder **Gefahrdeiche** sind D.e ohne Vorland, sie liegen an besonders gefährdeten vorspringenden Stellen. **Rückstaudeiche** begleiten einen Nebenfluß aufwärts bis zum Anschluß an hochwasserfreies Ufergelände. **Flügeldeiche** sind nur an einem Ende an den Hauptdeich oder an das hochwasserfreie Land angeschlossen; sie springen in das Vorland vor, um die Hochwasserführung zu verbessern und das Vorland vor starker Strömung zu schützen, besonders an der Mündung von Nebenflüssen. **Kuverdeiche** oder **Qualmdeiche** werden auf der Innenseite von gefährdeten Stellen des Hauptdeiches gebaut, z. B. hinter Deichbrüchen oder Kolken oder hinter tiefen Stellen des Polders zum Vermindern von aufsteigendem Kuverwasser (Qualmwasser). **Kajedeiche** sind Hilfsdeiche zum Schutz von Baustellen.

Die **Deichkrone** liegt höher als das höchste Hochwasser. Die **Deichböschung** ist auf der Fluß- oder Seeseite wegen des Angriffes der Strömung und des Wellenschlages möglichst flach geneigt (1:2,5 bis 1:4 bei Flußdeichen, 1:10 bei Seedeichen) und teilweise durch Steinplaster, Steinschüttung oder Asphalt (Bitumen)

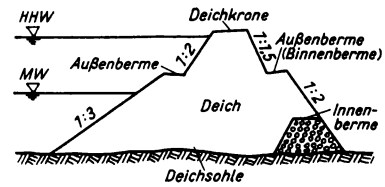


1 Plan eines eingedeichten Geländes

gesichert. Wasserseitig ist meist noch eine Dichtungsschicht aus Lehm oder Ton eingebaut, die durch eine Abdeckung aus Steinschüttung gegen Wellenschlag und Austrocknung geschützt sein muß. Die binnenseitige Böschung von Winter- und Seedeichen ist steiler (1:2 bei Flußdeichen, 1:3 bis 1:4 bei Seedeichen), die von Sommerdeichen flacher (1:2 bis 1:6), da die Sommerdeiche überströmt werden können und bei steiler binnenseitiger Böschung starke Zerstörungen auftreten würden. Der D. muß so breit sein, daß er den Wasserdruck bei Hochwasser aushält. Zum Schutz vor Bodenerosion werden die Böschungen der Winter- und Seedeiche auf der Binnenseite mit Stufen (→ Bermen) versehen.

Durch **Deichscharten,** Aussparungen in der Deichkrone, werden Straßen über den D. geführt. Bei Hochwassergefahr werden die Deichscharten durch Tore oder Dammbalken geschlossen.

Bei jeder Eindeichung macht sich die Entwässerung des Polders notwendig, da er oft unter Druck- oder Qualmwasser aus dem Außendeichland oder dem Flußbett leidet. Durch



2 Schnitt durch einen Flußdeich (Winterdeich)

Deichsiele oder **Deichschleusen** (→ Siel) mit regelbaren Verschlüssen wird das Binnenwasser in den Fluß oder das Meer abgeleitet. Gegen das Dränge- oder Sickerwasser aus dem Außendeichland oder dem Flußbett schützt man sich durch Anlegen eines *Schweißgrabens* längs des D.es, der zugleich den Vorfluter für den Polder bildet. Dieser Graben muß vom binnenseitigen Deichfuß einen Abstand von 4 bis 8 m haben. Mit Hilfe von Schöpfwerken wird das im Schweißgraben angesammelte Wasser über den D. in den Fluß gepumpt.

Lit. → Wasserbau.

Deka, Kurzz. **da,** Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10; z. B. **Dekameter,** Kurzz. dam, = 10 m; **Dekagramm,** Kurzz. dag, = 10 g; **Dekaliter,** Kurzz. dal, = 10 l.

Dekadenzählröhre, eine Elektronen- oder Gasentladungsröhre, die in einer Schaltungsanordnung zum Zählen von elektrischen Impulsen innerhalb einer Dekade benutzt wird. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man 1) D.n, bei denen ein bandförmiger Elektronenstrahl durch von außen zugeführte Impulse in zehn stabile Stellungen abgelenkt werden kann. Der Elektronenstrahl erzeugt auf einem im Inneren der D. angebrachten Leuchtschirm einen Leuchtstrich und zeigt damit die eingenommene Strahlstellung an. Die dieser stabilen Stellung entsprechende Ziffer wird an einer äußeren Maske abgelesen. Nach dem zehnten Zählimpuls springt der Strahl in seine Ausgangsstellung zurück, wobei ein Schaltimpuls an die nächste Dekade abgegeben wird. 2) D.n, bei denen eine Glimmentladung durch Impulse in zehn auf einem Kreis angeordnete, diskrete Positionen gebracht wird. Diese D.n haben eine Anode, um die kreisförmig zehn stabförmige Hauptkatoden und zweimal zehn Hilfskatoden angeordnet sind. Die Übergabe der Glimmentladung von einer Hauptkatode zur nächsten erfolgt durch ein rasch aufeinanderfolgendes Zünden der zwischen den Hauptkatoden liegenden Hilfskatoden durch den Eingangsimpuls. Die Zählstellung wird von oben in Richtung der Röhrenlängsachse abgelesen.

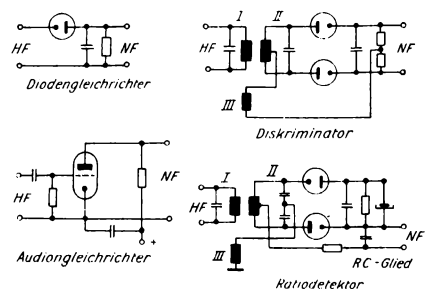
Die D.n werden für dekadische Untersetzer und in Verbindung mit Anzeigeröhren zur Zählung von Impulsen in elektrischen Zähl- und Rechenanlagen sowie in Programmsteuerungen benutzt.

dekadisches System, svw. → Dezimalsystem.
Dekahydronaphthalin, Dekalin, Wz. (WD), $C_{10}H_{18}$, eine kampterähnlich riechende Flüssigkeit (Kp. 187 °C). Technisch gewinnt man D. durch katalytische Druckhydrierung von Naphthalin. D. dient als Lösungsmittel für Fette und fette Öle, Lacke u. a. sowie zur Herstellung von Schuhkrem und Bohnerwachs.
Dekalin, Wz., → Dekahydronaphthalin.
Dekametrie, Messung der Dielektrizitätskonstanten (→ Dielektrikum).
Dekantieren, das vorsichtige Abgießen einer Flüssigkeit von einem Bodenkörper, z. B. einem Niederschlag, der gewonnen werden soll. Es werden dazu Dekantierapparate oder Eindicker benutzt.
Dekapieren, das Entfernen dünner Anlauf- und Oxidschichten, vorwiegend auf Stahl, durch Beizen in verdünnter Salz- oder Schwefelsäure.
Dekarboxylasen, zu den Lyasen zählende Fermente, die die Abspaltung von Kohlendioxid CO_2 aus organischen Säuren katalysieren.
Dekarboxylierung, Abspaltung von Kohlendioxid aus der Karboxylgruppe einer organischen Säure: $R—COOH \rightarrow CO_2 + RH$.
Dekatieren, ein Verfahren der Textilveredlung (Appreturverfahren) vorwiegend für Wollgewebe zum Fixieren des durch die Appretur verliehenen Zustandes (Strich, Preßglanz). Das D. verhindert zugleich das Krumpfen und verleiht Tropfenechtheit, d. h., Tropfen hinterlassen auf dekatiertem Gewebe keine Flecke. Zum D. wird das Gewebe auf einen perforierten Zylinder gewickelt und heißes Wasser **(Naßdekatur),** trockener Dampf **(Trockendekatur)** oder Naßdampf **(Finishdekatur)** hindurchgedrückt.
Deklination, 1) **Abweichung,** eine Winkelkoordinate in einem → astronomischen Koordinatensystem.

2) **magnetische D., Mißweisung,** Zeichen D, die Abweichung der Lage einer um eine senkrechte Achse drehbaren Magnetnadel (Magnetisch-Nord) von der geographischen Nordrichtung (Geographisch-Nord). Sie wird dadurch hervorgerufen, daß der Nordpol der Nadel nach dem — im Nordpolargebiet liegenden — südmagnetischen Pol zeigt. Dieser Winkel ist von Ort zu Ort verschieden und ändert sich allmählich. Weicht die Nadel nach Westen ab, so spricht man von negativer, weicht sie nach Osten ab, von positiver D.
Dekompression, → Dynamik 2).
Dekorfolie, mit einem Dekor (z. B. Holztextur) bedrucktes oder gefärbtes plastgetränktes Papier. Als Tränkharze dienen Harnstoff-, Melamin- oder ungesättigte Polyesterharze. Auf einen Trägerwerkstoff (z. B. Spanplatten) aufgepreßt, dient D. zur Oberflächengestaltung von Möbeln u. a.; ferner wird sie zur Herstellung von dekorativem Hartpapier (→ Schichtpreßstoffe) verwendet. Eine D. ist z. B. Dehafol (Wz. DDR).
Dekrement, kleine Abnahme einer veränderlichen Größe. Gegensatz: → Inkrement. **Logarithmisches D.,** → Dämpfung.
Dekrepitieren, das Zerspringen von Kristallen beim Erhitzen, wobei ein knisterndes Geräusch entsteht. Dies rührt daher, daß der sich bildende Dampf aus eingeschlossener Mutterlauge im Kristall die Kristallwände sprengt.
Delayed-Coking-Verfahren, → Kracken.
Delisches Problem, das Problem der Würfelverdopplung, und zwar die im Altertum berühmte geometrische Aufgabe, einen Würfel zu konstruieren, der den doppelten Rauminhalt eines gegebenen Würfels hat; angeblich benannt nach einer Antwort des Orakels auf Delos. Die auf die kubische Gleichung $x^3 = 2a^3$ führende Aufgabe ist als Konstruktionsaufgabe nur mit Zirkel und Lineal nicht zu lösen.

Delmagfrosch, ein Explosionsstampfer, → Stampfer.
DELRAC, ein System zur → Funkortung.
Delrama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.
Delta, Zeichen δ, Δ, in der Mathematik 1) Zeichen für eine kleine, aber endlich große Zunahme einer veränderlichen Größe (Δx, Δy, Δt usw.); 2) Symbol für den Laplaceschen Differentialoperator; 3) ∂, Zeichen für das partielle Differential.
Deltametall, eine Kupfer-Zink-Legierung mit 54 bis 59 % Kupfer, 39 bis 42 % Zink und geringen Mengen Blei, Eisen, Mangan und Nickel, ein Sondermessing (→ Messing). D. ist goldgelb, schmied- und gießbar; es wird im Maschinenbau verwendet.
Demodulation, die Rückgewinnung des mittels eines hochfrequenten Trägers übertragenen Nachrichteninhalts (z. B. Bildsignal, Sprache, Musik). Genau wie bei der → Modulation ist bei der D. ein Schaltelement mit nichtlinearer Kennlinie erforderlich.

Für die D. amplitudenmodulierter Schwingungen hat sich weitgehend die **Diodengleichrichtung** durchgesetzt. Der Diodengleichrichter (Abb.) besteht aus einer Diode (Röhrendiode, Halbleiterdiode), dem Ladekondensator und dem Entladewiderstand. Über die Diode wird der Kondensator nahezu auf die Amplitude des hochfrequenten Trägers aufgeladen. Die Spannung am Kondensator wird auf die Amplitudenspitzen des modulierten Trägers aufgeladen (Hüllkurve), d. h. die Spannung schwankt proportional dem Modulationsinhalt. Bei billigen Geradeausempfängern wurde meistens die **Audiongleichrichtung** verwendet. Im Prinzip ist der Audiongleichrichter (kurz Audion, Abb.) eine Kombination eines



Diodengleichrichters mit einem Niederfrequenz- (NF-) Verstärker. Als Audionröhre wird meistens eine Triode oder Pentode benutzt. Die Spannung am Gitterkondensator folgt ebenso wie am Kondensator bei der Diodengleichrichtung der Form der Hüllkurve und entspricht somit auch hier dem Modulationsinhalt. Diese niederfrequenten Schwankungen am Gitter der Audionröhre steuern den Anodenstrom, so daß an der Anode die Niederfrequenz verstärkt entnommen werden kann. Der Audiongleichrichter weist mit steigender Eingangsspannung stark wachsende Verzerrungen der demodulierten Niederfrequenz auf, so daß er heute kaum noch verwendet wird. Die **Anodengleichrichtung,** die früher bei einfachen Geräten teilweise verwendet wurde, heute jedoch keine Bedeutung mehr hat, beruht im Prinzip auf der Krümmung der Röhrenkennlinie $I_a = f(U_g)$ einer Verstärkerröhre (→ Elektronenröhre) in der Nähe des Anodenstromeinsatzpunktes. Für die D. frequenzmodulierter Schwingungen ist die klassische Schaltung der **Diskriminator** (Abb.). Prinzipiell besteht dieser aus der Kombination eines Modulationsumformers (Frequenzmodulation in Amplitudenmodulation) mit einem Gegentaktgleichrichter. Aus-

genutzt wird hierbei die Abhängigkeit der Phase der Spannung am Schwingkreis II von der Momentanfrequenz der frequenzmodulierten Schwingung. Schwingkreis I und II sind hierbei auf die gleiche Frequenz (z. B. Zwischenfrequenz) abgestimmt. Jede Diode bekommt nun die von der Frequenz beeinflußte vektorielle Summe eines Teiles der Spannung am Schwingkreis I (über Spule III) und der halben Spannung am Schwingkreis II zugeführt. Die Differenz der beiden gleichgerichteten Summenspannungen, die sich also proportional der Frequenzmodulation ändern, erscheint am Ausgang als Niederfrequenzspannung. In preiswerten Rundfunkgeräten hat sich jedoch für die D. frequenzmodulierter Schwingungen aus ökonomischen Gründen der **Ratiodetektor** (**Verhältnisgleichrichter**, Abb.) durchgesetzt. Mit dieser Schaltung ist außer der D. noch zusätzlich eine Begrenzung von schnellen Amplitudenschwankungen (d. h. Verbesserung der Störunterdrückung) möglich. Durch die Umpolung des Gegentaktgleichrichters im Gegensatz zur Diskriminatorschaltung erscheint hier an einer Brückendiagonale die Differenz der beiden gleichgerichteten Spannungen, an der anderen ihre Summe. Durch ein beim Ratiodetektor verwendetes Widerstands-Kondensator-Glied (RC-Glied) großer Zeitkonstante (erreicht durch einen Elektrolytkondensator) wird die Summe konstant gehalten. Deshalb stellt die Differenzspannung den demodulierten Modulationsinhalt dar. Durch den großen Elektrolytkondensator bleibt die Spannung an diesem auch bei störenden Amplitudenschwankungen konstant, und die Eingangswiderstände der Gleichrichter werden so beeinflußt, daß sie als amplitudenabhängige Belastung des Schwingkreises II den Amplitudenschwankungen entgegenarbeiten.

Demulgieren, → Emulsion.

den, Kurzz. für Denier, → Feinheit.

Denärsystem, jedes Zahlensystem (→ Zahl), das zur Darstellung der Zahlen zehnwertige Symbole, z. B. die Ziffern von 0 bis 9, benutzt. Ein spezielles D. ist das → Dezimalsystem. Weiteres → Code.

Denaturieren, 1) **Vergällung,** die Behandlung von Äthanol, Kochsalz u. dgl., um sie ungenießbar zu machen. **Denaturierungs-** oder **Vergällungsmittel** für Äthanol sind z. B. Pyridin, Methanol, Petroläther und Kampfer; Kochsalz wird mit Eisenoxid zu Tausalz denaturiert.

2) eine durch Einwirkung von Hitze, Ultraschall, kurzwelliger Strahlung sowie von Säuren, Basen, konzentrierten Harnstofflösungen, organischen Lösungsmitteln u. a. auf Proteine hervorgerufene meist irreversible Strukturänderung, bei der die biologischen Eigenschaften, z. B. Hormon- oder Fermentwirkung, verlorengehen, die Löslichkeit stark verringert wird und die chemischen und physikalischen Eigenschaften verändert werden.

Dendriten, Kristallskelette, vorwiegend plane, astförmige oder bäumchenartige Kristallgebilde, auch Hohlformen mit stufenartiger Kantenentwicklung. D. entstehen durch bevorzugtes Ecken- und Kantenwachstum bei überstürzter Kristallisation. Beispiele für D. sind die regelmäßigen 6strahligen Schneesterne, die planen, astförmigen Gebilde auf Kluftflächen mancher Gesteine, die durch Ausscheidungen aus eingedrungenen eisen- oder manganoxidhaltigen Lösungen verursacht wurden, die Hohlformen von Steinsalzkristallen als Folge vorherrschenden Kantenwachstums, erstarrte Metallschmelzen auf der Oberfläche und in Lunkern von Gußstücken.

Dengeln, Dängeln, ein Fertigungsverfahren. Durch Kaltstreckschmieden mit konvex gekrümmter Hammerbahn wird die Schlagkraft über eine sehr kleine Kontaktfläche übertragen, so daß große Umformspannungen erreicht werden können. Handwerklich wird das D. beim Streckschmieden von Schneiden für Sensen und Sicheln angewendet, die gleichzeitig eine Kaltverfestigung erfahren.

Denier-System, Feinheitssystem in der Textiltechnik unter Verwendung der Einheit Denier, → Feinheit.

Densitometer, Schwärzungsmesser, Dichtemesser, Geräte zur Messung von → Schwärzung bzw. Dichte photographischer Schichten. Man unterscheidet subjektive und objektive D. Farbdichtemesser ermitteln die Dichten der 3 Farbschichten (→ Farbenphotographie) getrennt. Die erhaltenen Werte ergeben in graphischer Darstellung die Schwärzungskurve (→ Schwärzung), bei Farbfilmen die Farbdichtekurven.

Dentallegierungen, Legierungen, die in der Zahnheilkunde zur konservierenden Zahnbehandlung und in der Prothetik eingesetzt werden. D. sind z. B. bestimmte Gold-, Silber- und Platinlegierungen sowie Silber-Zinn-Legierungen. → Amalgam.

Denudation, flächenhafte → Abtragung.

Deoxoverfahren, ein Feinreinigungsverfahren für Gase. Es wurde für Gasleistungen von 0,15 bis 600 m^3 je Stunde und mehr entwickelt und arbeitet mit Edelmetallkatalysatoren unter Drücken von 3,5 bis 10 at. Das D. ermöglicht es, geringe Mengen (<2 Vol%) folgender Gase weitgehend zu entfernen: Sauerstoff aus Wasserstoff; Sauerstoff oder Wasserstoff aus Stickstoff, Kohlendioxid oder Edelgasen; Sauerstoff oder Wasserstoff in Anwesenheit von Kohlenmonoxid; Wasserstoff aus Sauerstoff oder stark sauerstoffhaltigen Gasen; ungesättigte Kohlenwasserstoffe aus verschiedenen Gasarten; Kohlenmonoxid aus wasserstofffreien und wasserstoffhaltigen Gasen.

Deplacement, → Wasserverdrängung.

Depolarisation, 1) physikalische Chemie: die Aufhebung der elektrochemischen Polarisation durch Zusatz bestimmter Stoffe, der **Depolarisatoren** (z. B. Sauerstoff).

2) Optik: die Aufhebung oder teilweise Aufhebung des Polarisationszustandes von Licht. Das Verhältnis der Intensität des unpolarisierten Lichtanteils zur Gesamtintensität wird als **Depolarisationsgrad** bezeichnet.

Depression, 1) Geographie: eine unter dem Niveau des Meeresspiegels liegende Einsenkung im Festlandsbereich. So liegen große Teile der Niederlande 1,3 m, das Kaspische Meer 28 m und das Tote Meer 394 m unter der Normalhöhe. Als **Kryptodepression** bezeichnet man mit Wasser erfüllte D.en, deren Spiegel über dem des Meeres liegt, z. B. beim Baikalsee 454 m über der Normalhöhe.

2) Astronomie: **negative Höhe,** unter den Horizont fortgesetzter Bogen des Vertikalkreises (Scheitelkreises) eines Sterns.

3) Meteorologie: svw. → Tiefdruckgebiet.

Depside, Ester der Hydroxybenzoesäuren untereinander oder mit anderen Hydroxysäuren. Sie sind häufig Bestandteile von Gerbstoffen.

Dériazturbine, eine → Wasserturbine.

Derivat, Abkömmling, chemische Verbindung, die sich von einer Grundverbindung theoretisch ableiten und gegebenenfalls aus ihr herstellen läßt.

Derrickkran, → Kran.

DES, Abk. für Dieselelektroschiff, → Elektroschiff.

Desaminierung, die Eliminierung der Aminogruppe $-NH_2$ aus chemischen Verbindungen. Biologisch wichtig ist die D. von Aminosäuren, die in der lebenden Zelle durch Dehydrierung in Iminosäuren und diese durch Hydrolyse in Ketosäuren übergeführt werden.

Desensibilisatoren, chemische Verbindungen, die die Empfindlichkeit der photographischen

Schicht stark herabsetzen. D. sind z. B. Pinaweiß, Pinakryptolgrün und -gelb, ORWO Desensibilisator D 903. Sie ermöglichen das Entwickeln bei hellerem Dunkelkammerlicht (Hellichtentwicklung).

Desinfektion, Entseuchung, das Abtöten von krankheiterregenden Mikroorganismen außerhalb des menschlichen oder tierischen Organismus durch chemische Mittel (Desinfektionsmittel) oder mittels Wärme (*trockene Wärme* von 160 bis 180 °C oder *feuchte Wärme* durch kochendes Wasser oder gespannten Wasserdampf).

Bei den **Desinfektionsmitteln** unterscheidet man solche zur Luft-, Raum-, Instrumenten-, Haut- bzw. Schleimhaut- und Wunddesinfektion. Größte Bedeutung haben alkylierte Phenole (z. B. Kresole, Thymol, Hexylresorzin) und halogenierte Phenole. Hierher gehören Kresolseifenlösung, Merpin, Septygeen, Tebesept und Wofasept. An halogenhaltigen Desinfektionsmitteln werden z. B. gasförmiges Chlor zur Wasserdesinfektion, Chlorkalk als Grobdesinfektionsmittel, Jodtinktur oder Lugolsche Lösung als Wund- und Hautdesinfektionsmittel eingesetzt. n-Propanol, im Handel als Optal, dient zur D. der Haut, Triäthylenglykol, im Handel als Aerogerm, wird zerstäubt als Raumdesinfektionsmittel eingesetzt. Weitere Desinfektionsmittel sind Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanganat, Schwefeldioxid, Formaldehyd, verschiedene Quecksilber- und Silberverbindungen, Chinolinderivate (z. B. Sulfachin) und Farbstoffe (z. B. Akriflavin).

Desintegrator, 1) eine sieblose Schleudermühle mit mehreren gegenläufig rotierenden Stahlstäben. Diese sind mit einem Ende auf drehbaren Scheiben kreisförmig angeordnet. Die freien Enden werden durch Ringe verbunden. Der D. dient zur schlagenden Zerkleinerung weicher bis mittelharter Stoffe, z. B. von Asbest, Gips, Kohle, Kreide, Ton, Salzen, Kalk und Zellstoff.

2) ein → Wäscher.

Desmotropie, → Tautomerie.

Desodorisationsmittel, Verbindungen zur Beseitigung oder Überdeckung unangenehmer Gerüche. Man verwendet in der Technik dazu entweder Verbindungen, die die Geruchsstoffe oxydieren, z. B. Chlorkalk, Natriumhypochlorid, oder solche, die den Geruch adsorbieren, z. B. Kieselgel, Aktivkohle und Aluminiumoxid. Die Desodorisation wird neuerdings in vielen Industriezweigen, z. B. in Nahrungsmittel-, Kunststoff- und Mineralölbetrieben, vorgenommen. In der Kosmetik dienen vor allem quaternäre Ammoniumverbindungen, Hexachlorophen, Aluminium- und Zirkoniumsalze als D.

Desorption, → Sorption.

Desoxy..., Bezeichnung für die sauerstoffärmere zweier Verbindungen, z. B. Desoxyribose und Ribose.

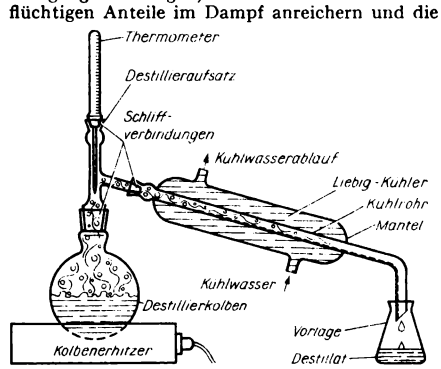
Desoxycholsäure, eine → Gallensäure.

Desoxydation, allgemein der Entzug von Sauerstoff aus einer Verbindung. Bei der Stahlerzeugung dient die D. der Entfernung des im Stahl gelösten Sauerstoffs, dessen Anwesenheit → Rotbruch verursacht. D. erfolgt durch Zugabe von sauerstoffaffinen Metallen, z. B. Silizium, Aluminium, in Form von entsprechenden Ferrolegierungen. Entstehende feste, flüssige oder gasförmige Desoxydationsprodukte vermögen ihrerseits den in der Eisenschmelze noch nicht abgebauten Sauerstoff zusätzlich zu entfernen. Gleichzeitig werden bei fallender Badtemperatur auch die bereits im Stahlbad vorhandenen Legierungselemente (Kohlenstoff, Mangan u. a.) im gleichen Sinne wirksam.

Lit. Samarin: Physikalisch-chemische Grundlagen der D. von Stahl (dtsch Leipzig 1960).

Destillation, ein Verfahren zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen durch Verdampfen und anschließende Kondensation des Dampfes. Bei der meist angewandten **isobaren D.** wird die Verdampfung durch Wärmezufuhr erreicht. Voraussetzung für eine D. ist ein Siedepunktunterschied der im Gemisch enthaltenen Flüssigkeiten. Auf Grund der unterschiedlichen Siedetemperaturen und der daher verschiedenen Dampfdrücke der Komponenten hat der Dampf eine vom Flüssigkeitsgemisch abweichende Zusammensetzung. Der Dampf enthält vorwiegend die leichter flüchtigen Bestandteile des Gemisches, während sich im unverdampften Rückstand die schwerer flüchtigen Komponenten anreichern.

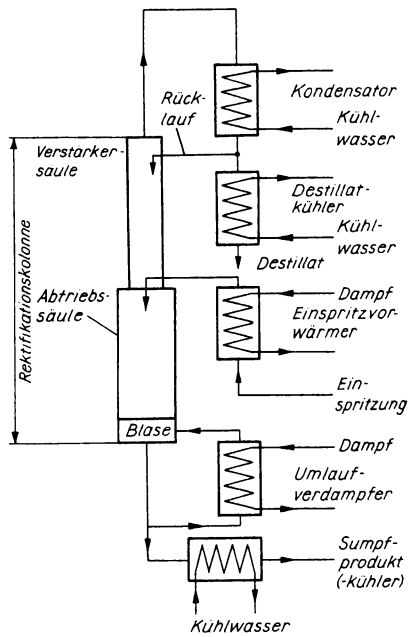
Liegen die Siedetemperaturen weit auseinander oder genügt ein teilweises Trennen der Komponenten innerhalb bestimmter Siedebereiche (z. B. Vortrennen des Erdöls), erfolgt die D. nach dem Gleichstromprinzip (**Gleichstromdestillation, einfache D.**), und zwar im Labor in einfachen Destillierapparaten aus Glas (Abb. 1), in der Technik in Destillationskolonnen aus Metall (→ Kolonne). Das zu trennende Gemisch wird in einen beheizten *Destillierkolben*, in der Technik Blase genannt, gegeben. Der aufsteigende Dampf wird in einem *Kühler* (*Kondensator*) kondensiert, d. h. verflüssigt, und in einer Vorlage als **Destillat** aufgefangen. Eine höhere Anreicherung der leichten Komponenten kann durch **stufenweise D.** erreicht werden. Eine (im Prinzip beliebige) Trennung gelingt (auch bei geringsten Siedepunktunterschieden) durch **Gegenstromdestillation,** auch **Rektifikation** genannt: Der aus der Blase aufsteigende Dampf strömt durch eine senkrechte oder waagerechte Säule (*Destillations-* oder *Rektifikationskolonne*), bevor er im Kondensator verflüssigt wird. Ein Teil des an leichter flüchtigen Komponenten reichen Kondensates wird als Destillat entnommen; der Rest wird als *Rücklauf* am oberen Ende der Kolonne, dem Kopf, wieder aufgegeben. In der Rektifikationskolonne besteht also ein Gegenstrom zwischen herablaufender Flüssigkeit und aufsteigendem Dampf. Durch geeignete Konstruktion der Kolonne wird zwischen beiden Phasen ein intensiver Stoffaustausch und Wärmeübergang erzwungen, so daß sich die leichtflüchtigen Anteile im Dampf anreichern und die schwerflüchtigen Anteile in die Flüssigkeit übergehen. Auf diese Weise erhält man am Kopf der Kolonne die leichtflüchtigen Anteile und am unteren Ende der Kolonne, in der Technik *Sumpf* genannt, die schwerflüchtigen Anteile des Gemisches.



1 Apparatur zur Labordestillation (diskontinuierliche Arbeitsweise)

Die D. kann entweder in diskontinuierlicher oder in kontinuierlicher Form erfolgen. 1) Bei der **diskontinuierlichen D.** wird ein dem Fassungsvermögen der Apparatur angepaßter Vorrat des zu trennenden Gemisches verdampft. Sowohl bei der Gleichstrom- als auch bei der Gegenstrom-

Destillation kann das Destillat entweder in einer Vorlage gesammelt oder nacheinander entsprechend den Siedepunkten oder Siedebereichen in verschiedenen Vorlagen aufgefangen werden (**fraktionierte D.**). 2) Eine **kontinuierliche D.** ist nur bei Gegenstrom mittels einer besonderen Kolonne, der *Antriebssäule*, die zwischen Destillierblase und Kolonne einer diskontinuierlich arbeitenden Apparatur eingeschaltet wird, möglich (Abb. 2). Bei Umstellung auf den kontinuierlichen Betrieb wird die Kolonne zur *Verstärkersäule*. Das zu trennende Gemisch fließt beständig zwischen Abtriebs- und Verstärkersäule zu; die hochsiedenden Anteile werden am unteren Ende der Abtriebssäule, die leichter flüchtigen Komponenten am oberen Ende der Verstärkersäule kontinuierlich abgenommen.



2 Apparatur zur großtechnischen Destillation (kontinuierliche Arbeitsweise)

Technische Anwendung. Die Gleichstromdestillation dient vor allem zum Vortrennen von Mehrkomponentengemischen (z. B. Erdöl, Steinkohlenteer) in Fraktionen, zum Abtrennen nichtflüchtiger Bestandteile als Rückstand, zum Trennen von Gemischen, deren Komponenten im Siedepunkt weit auseinander liegen (z. B. gereinigtes Rohöl in Benzin, Petroleum, Gasöl und Schmieröle). Mittels der Gegenstromdestillation kann man z. B. 96%iges Äthanol aus Gemischen mit Wasser sowie Stickstoff, Sauerstoff und Edelgasen aus verflüssigter Luft, ferner Isotope eines Elements mit beachtlicher Reinheit gewinnen.

Zur Trennung hochsiedender und temperaturempfindlicher Flüssigkeiten wird die **Vakuumdestillation** (bei Drücken von 1 bis 20 Torr) oder **Hochvakuumdestillation** (bei etwa 10^{-4} Torr) angewandt. Die Siedepunkte liegen dann wesentlich niedriger als bei Atmosphärendruck. Höchsten Ansprüchen genügt die **Molekulardestillation** (bei Drücken von 10^{-3} bis 10^{-4} Torr). Hierbei muß der Abstand zwischen Verdampfungs- und (stark gekühlter) Kondensationsfläche kleiner sein als die mittlere freie Weglänge der Moleküle, so daß das verdampfte Molekül ohne Zusammenstoß mit anderen Molekülen auf die Kondensationsfläche auftrifft. Auf diesem Wege ist z. B. die Gewinnung von Vitamin- und Hormonkonzentraten möglich. Temperaturempfindliche und hochsiedende Komponenten können unterhalb ihres Siedepunktes durch Zusatz eines Trägerdampfes, meist Wasserdampf, getrennt werden (**Trägerdampf-** bzw. **Wasserdampfdestillation**). Für besonders empfindliche Stoffe kann die Trägerdampfdestillation noch mit der Vakuumdestillation kombiniert werden. Die Wasserdampfdestillation hat besonders zur Gewinnung von ätherischen Ölen, Fettsäuren und Fettalkoholen technische Bedeutung erlangt.

Für Gemische, die durch Gleichstrom- oder Gegenstromdestillation schwer (geringer Siedepunktunterschied) oder gar nicht (z. B. Azeotrope) getrennt werden können, werden die Azeotropdestillation, die Extraktivdestillation oder die Lösungsdestillation angewendet. Bei der **Azeotropdestillation** wird entweder durch Unter- oder Überdruck oder durch Zumischung einer Zusatzkomponente das Phasengleichgewicht derart beeinflußt, daß eine leichte Trennung möglich ist. So kann z. B. ein Äthanol-Wasser-Gemisch durch Zusatz von Benzol getrennt werden. Bei der **Extraktivdestillation (Distex-Prozeß)** werden die Flüchtigkeiten der zu trennenden Komponenten durch einen hochsiedenden Zusatzstoff verschieden beeinflußt. Die Extraktionsdestillation wird z. B. zur Abtrennung von Aromaten aus Paraffinkohlenwasserstoffen mittels Phenols angewendet. Bei der **Lösungsdestillation** wird die Komponentenflüchtigkeit durch Lösen von Salzen verschieden beeinflußt. Bei der **trockenen D.** organischer Stoffe (unter Luftabschluß) werden gasförmige oder flüssige sowie feste Zersetzungsprodukte gebildet. So liefert z. B. die trockene D. der Steinkohle Rohgas, Teer und Koks.

Detachieren, das Entflecken von Textilien bei der Ausrüstung oder beim → chemischen Reinigen.

Detektor, in der Funktechnik im weiteren Sinne eine Vorrichtung zur Demodulation von hochfrequenten, amplitudenmodulierten Schwingungen, im engeren Sinne ein Kristallgleichrichter, z. B. aus Galenit (Bleiglanz) oder Chalkopyrit (Kupferkies) mit Metall- oder Graphitspitze. Dieses Bauelement wurde durch die Elektronenröhre und später durch die modernen Halbleiterdioden völlig verdrängt. Im **Detektorempfänger** befinden sich ein Kristallgleichrichter und ein Schwingkreis. Beide zusammen gestatten Kopfhörerempfang bei genügender Empfangsfeldstärke ohne zusätzliche Stromquellen. Mit der Entwicklung von Transistortaschenempfängern ist der Detektorempfänger bedeutungslos geworden.

Detergents-Dispersants, → Additives.

Detergenzien, svw. → grenzflächenaktive Stoffe.

Determinante *f*, kombinatorisch gebildete Produktensumme aus den zu einer Matrize zusammengefaßten Koeffizienten eines Gleichungssystems. Die D.n sind ein wichtiges formales Hilfsmittel der Algebra und spielen eine Rolle bei der Auflösung von Systemen linearer Gleichungen (Gleichungen 1. Grades). Es seien z. B. zwei lineare Gleichungen mit 2 Unbekannten gegeben: $a_1x + b_1y = c_1$, $a_2x + b_2y = c_2$. Die Lösungen dieser Gleichungen sind

$$x = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1} \qquad y = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}.$$

Den darin vorkommenden Ausdruck $a_1b_2 - a_2b_1$ stellt man symbolisch durch das quadratische Schema $\begin{vmatrix} a_1b_1 \\ a_2b_2 \end{vmatrix}$ dar und nennt ihn eine D. 2. Ordnung. Allgemein ist eine D. n-ter Ordnung (oder n-ten Grades) ein aus n^2 Elementen bestehendes, in n Horizontal- und n Vertikalreihen (Zeilen und Spalten) angeordnetes Symbol, das abkürzend steht für eine Summe von $n!$ Produkten

aus je n Faktoren, die nach gewissen Gesetzen der Kombinatorik aus den Elementen der D. gebildet sind, z. B.

$$\begin{vmatrix} a_{11}a_{12}a_{13} \\ a_{21}a_{22}a_{23} \\ a_{31}a_{32}a_{33} \end{vmatrix} = a_{11}a_{22}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32} + a_{12}a_{23}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{33} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{13}a_{22}a_{31}.$$

Die einzelnen Produkte sind positiv oder negativ, je nachdem, ob die Zahl der Inversionen in den Permutationen der Indizes gerade oder ungerade ist. Streicht man die Reihen, in deren Schnittpunkt ein Element steht, so bleibt eine **Unterdeterminante** oder ein **Minor** übrig. Diese werden zum Berechnen von D.n höheren Grades gebraucht.

Die D.n sind nicht nur für die praktische Auflösung linearer Gleichungssysteme von Bedeutung (bei einer größeren Anzahl von Gleichungen sind sie wegen der langwierigen Rechnung wenig geeignet), noch wichtiger sind sie bei theoretischen Untersuchungen über die Struktur der Lösungen eines linearen Gleichungssystems. Des weiteren finden sie in großem Maße in den verschiedensten Gebieten der Mathematik und Physik Anwendung.

Lit. Jung: Matrizen und D.n (4. Aufl. Leipzig 1953); Kochendörffer: D.n und Matrizen (4. Aufl. Leipzig 1965).

Determination, bei geometrischen Konstruktionsaufgaben die Untersuchung darüber, unter welchen Bedingungen sich die Aufgabe lösen läßt, wie viele Lösungen sie zuläßt u. a. m.

Determinismus, die philosophische Auffassung von der ursächlichen, wechselseitigen Bedingtheit aller Erscheinungen. Als bewußtes philosophisches Prinzip erstmalig von Demokrit ausgesprochen, ist der D. in der Folgezeit wichtigste Grundlage materialistischer Denkhaltung im Kampf gegen die idealistische Interpretation finaler Prozesse und gegen den → Indeterminismus. Die Verallgemeinerung der Gesetze der Mechanik führte zum mechanizistischen D., der die einsinnig gerichtete lineare Verkettung von Ursache und Wirkung zum Modell jeglicher Determination überhaupt erhebt. Die Konsequenzen eines solchen D. sind Verabsolutierung der Notwendigkeit, Annahme einer totalen und eindeutigen Vorausbestimmtheit aller Ereignisse sowie die Suggestion einer fatalistischen Geschichtsbetrachtung und Lebenshaltung. Für den dialektischen Materialismus ist die lineare Kausalität nur ein Sonderfall der allgemeinen und universellen Wechselwirkung, und zwar derjenige, bei dem die Rückwirkung des Effekts auf die bewirkende Ursache nahezu Null ist. Das Modell des Regelkreises repräsentiert und veranschaulicht diesen Sachverhalt. Durch auf Wechselwirkung beruhender Selbstregulierung vermag ein Ding oder System Zufälliges zu verarbeiten und sich zielstrebig zu verhalten. Das Phänomen der Zielstrebigkeit von Prozessen ist nur im Rahmen eines derart aufgefaßten D. materialistisch zu erklären.

deterministisch, die Eigenschaft eines Vorgangs, dessen Ablauf notwendigerweise und durchweg vom Komplex seiner Ursachen bestimmt ist, im Gegensatz zu → stochastisch.

Detonation, ein Sonderfall der → Explosion.

Detonationsschnur, → Zündschnur.

deuterische Phase, spätmagmatische Dämpfe und Lösungen, die im zuvor entstandenen Eruptivgestein Veränderungen durch Endoblastese und Mineralneubildung hervorbringen.

Deuterium, schwerer Wasserstoff, Symbol D, ^2_1H, ein Wasserstoffisotop, Atomgewicht 2,01408 (bezogen auf ^{12}C), F. −254,5 °C, Kp. −249,5 °C; 1932 von Urey entdeckt. D. ist im gewöhnlichen Wasserstoff zu 0,016 % enthalten. Ein Teil der Deuteriummoleküle reagiert mit den Protiummolekülen unter Bildung von Deuteriumwasserstoff: $H_2 + D_2 \rightarrow 2\,HD$. Der Atomkern des D.s wird als **Deuteron** bezeichnet, Symbol d. Er besteht aus einem Proton und einem Neutron und ist damit der einfachste der zusammengesetzten Atomkerne. Seine elektrische Ladung ist nicht genau kugelsymmetrisch verteilt, sondern zeigt ein Quadrupolmoment. Aus dem Studium des Deuterons kann man allgemeine Rückschlüsse auf das Verhalten von Nukleonen in Atomkernen ziehen. Der Masseunterschied zwischen einem D-Atom und einem ^1H-Atom ist mit etwa 100 % der größte von allen isotopen Atomarten. Daher unterscheiden sich D. und Protium recht merklich in ihren physikalischen Eigenschaften, z. B. in Schmelz- und Siedepunkt, Dichte, Dampfdruck, Verdampfungswärme und Wärmeleitfähigkeit. Im chemischen Verhalten sind sowohl D. als auch seine Verbindungen dem gewöhnlichen Wasserstoff und seinen Verbindungen qualitativ völlig gleich. Wesentliche Unterschiede treten in den Reaktionsgeschwindigkeiten auf. Die wichtigste Verbindung des D.s ist Deuteriumoxid (schweres Wasser) D_2O. Man gewinnt D. am einfachsten über das Deuteriumoxid, das durch Natrium, glühendes Wolfram oder Eisen oder durch Elektrolyse zerlegt wird, oder großtechnisch durch chemischen Austausch nach dem Heiß-Kalt-Verfahren (→ Isotopentrennung). In der Chemie verwendet man D. oft zur Markierung von Molekülen für die Untersuchung von Reaktionsmechanismen, in der physiologischen Chemie auch als Indikator. D. ist ferner Ausgangsprodukt bei der Gewinnung von thermonuklearer Energie durch Kernfusion. Das Deuteron dient, auf D. oder Tritium geschossen, zur Erzeugung von Neutronen.

Deuteron, der Atomkern des → Deuteriums.

Deviation, die Abweichung der Kompaßnadel von der magnetischen Nord-Süd-Richtung. Sie wird durch vom Erdmagnetismus magnetisierte Eisenmassen bewirkt.

Deviationsmoment, → Trägheitsmoment.

Devon, ein System des Erdaltertums (→ System, Tab.). Das D. gliedert sich in die Abteilungen **Unter-, Mittel-** und **Oberdevon.** Es ist charakterisiert durch die Ausbildung von Geosynklinalen, aus denen im folgenden Karbon Gebirge aufstiegen, sowie durch das Bestehen eines riesigen Festlandes (Old Red), das sich von Nordamerika bis zur Osteuropäischen Tafel erstreckte und den Abtragungsschutt des Kaledonischen Gebirges lieferte. Das Klima war zu Beginn des D.s in den einzelnen Gebieten sehr unterschiedlich, später ausgeglichener. Die Pflanzen eroberten endgültig das Festland. Gegen Ende des D.s erfolgte auch bei den Tieren der Entwicklungsschritt vom Wasser zum Land. Nutzbare Gesteine aus dem D. sind Dachschiefer, Marmor, Kalkstein, Diabas, Grauwacke, Eisenerze und Schwerspat.

Dewargefäß, Weinholdsches Gefäß, ein doppelwandiges, wärmedämmendes Gefäß aus Metall oder Glas. Der Raum zwischen den Wänden ist nahezu luftleer, und die Wände sind versilbert, um Wärmeleitung und Wärmestrahlung weitestgehend auszuschalten. D.e dienen zum Aufbewahren von flüssiger Luft und von Kältemischungen, zum Warmhalten von Flüssigkeiten (Thermosflasche) u. a.

Dextrine, Stärkegummi, zur Gruppe der Polysacharide gehörende Kohlenhydrate der allgemeinen Formel $(C_6H_{10}O_5)_{5\,bis\,10}$, die aus Glukoseresten aufgebaut sind. D. sind Abbauprodukte bei der hydrolytischen oder fermentativen Spaltung der Stärke. Sie sind Zwischenprodukte des Stoffwechsels, bei dem sie durch Einwirkung der Amylasen gebildet werden. Die wäßrigen Lösungen der D. sind optisch aktiv, und zwar stark rechtsdrehend. D. lassen sich nicht ver-

gären. Sie werden hauptsächlich aus Kartoffel-, aber auch Weizen- und Maisstärke, nach verschiedenen Verfahren und dementsprechend mit verschiedenen Eigenschaften hergestellt. Durch Rösten trockener Stärke bei 160 bis 220 °C erhält man **Röstdextrine** und durch Erhitzen von mit 3% Salz- oder Salpetersäure vermischter Stärke auf 100 bis 120 °C **Säuredextrine.** D. dienen als Austauschstoffe für die teuren natürlichen Klebegummiarten, als Farbenbindemittel, als Verdickungsmittel (im Zeug- und Tapetendruck) und zur Appretur von Geweben. Auch beim Backen entstehen D. aus der Mehlstärke und bilden die Kruste des Gebäcks.

Dextrose, svw. → Glukose.

Dez, nicht gesetzliche Einheit des ebenen Winkels. $1\ \text{Dez} = \frac{1}{9}$ Rechter = 10 Grad = 0,175 Radiant.

Dezi, Kurzz. d, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-1} (Zehntel), z. B. **Dezimeter,** Kurzz. dm, = 10^{-1} m; **Dezigramm,** Kurzz. dg, = 10^{-1} g; **Deziliter,** Kurzz. dl, = 10^{-1} l; **Dezitonne,** Kurzz. dt, = 10^{-1} t.

Dezibel, Kurzz. **dB,** in der Schwachstromtechnik gebräuchliches Maß für das Verhältnis zweier elektrischer Größen (Spannung U, Stromstärke I oder Leistung L). Das D. ist das Zehnfache des Briggsschen Logarithmus eines Leistungsverhältnisses: $\varkappa$ (in dB) $= 10 \lg \frac{L_1}{L_2}$. Beispiele: $\frac{L_1}{L_2} = 2$ entspricht $\varkappa = 3$ dB, $\frac{L_1}{L_2} = 100$ entspricht $\varkappa = 20$ dB. Sind L_1 und L_2 die Leistungen an Eingang und Ausgang eines Vierpols (z. B. einer Leistung in bezug auf einen festen Wert), so heißt $\varkappa$ die *Dämpfung* des Vierpols, wenn es positiv ist, und *Verstärkung*, wenn es negativ ist. Mit dem D. können auch Spannungen und Stromstärken verglichen werden. Unter bestimmten Bedingungen, die jedoch sehr oft vorliegen, ist dann $\varkappa$ (in dB) $= 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$ und $\varkappa$ (in dB) $= 20 \lg \frac{I_1}{I_2}$. 1 dB = 10^{-1} B (Bel) = 0,115 Np (Neper).

Dezimalbruch, ein in Dezimalschreibweise dargestellter Zehnerbruch (Bruch, dessen Nenner eine Potenz von 10 ist), z. B. 0,17 für $\frac{17}{100}$; 0,013 für $\frac{13}{1000}$. Man verwandelt einen gemeinen Bruch in einen D., indem man den Zähler durch den Nenner dividiert. Die Division ergibt einen **endlichen D.** (D. mit endlich vielen Stellen hinter dem Komma), wenn der Nenner nur 2 und 5 als Primfaktoren enthält (z. B. $\frac{1}{2} = 1:2 = 0{,}5$; $\frac{3}{8} = 3:8 = 0{,}375$), andernfalls einen **unendlichen D.** (z. B. $\frac{5}{6} = 5:6 = 0{,}8333\ldots$). Wiederholt sich bei einem unendlichen D. von einer gewissen Stelle ab stets dieselbe Ziffer oder Ziffernfolge (Periode), handelt es sich um einen **periodischen D.** Beginnt die Periode gleich hinter dem Komma, ist der Bruch rein periodisch (z. B. $0{,}333\ldots = 0{,}\overline{3}$; $0{,}171717\ldots = 0{,}\overline{17}$), sonst gemischt periodisch (z. B. $0{,}58333\ldots = 0{,}58\overline{3}$; $0{,}2708181\ldots = 0{,}2708\overline{1}$). Die Periode schreibt man nur einmal und überstreicht sie; die nicht wiederkehrenden vorangehenden Ziffern heißen vorperiodische Stellen oder Vorziffern. Bei einem **nichtperiodischen D.** ist die Ziffernfolge völlig unregelmäßig (z. B. $\pi = 3{,}14159265\ldots$). Solche Brüche bezeichnet man als irrationale Zahlen, da sie sich im Gegensatz zu den unendlichen periodischen und den endlichen Dezimalbrüchen nicht in gemeine Brüche verwandeln lassen, sondern nur näherungsweise als gemeine Brüche dargestellt werden können.

Dezimalklassifikation, Abk. **DK,** ein von Melvil Dewey (1851–1931) erdachtes, auf der Zehnerteilung beruhendes internationales System zur einheitlichen Ordnung von Büchern, Dokumenten, Karteien u. dgl., wobei der gesamte Wissensstoff in 10 Klassen gegliedert ist, die mit 0 bis 9 bezeichnet werden. Jede Klasse kann wiederum in 10 Sektionen eingeteilt werden usw. Durch Hinzufügen weiterer Dezimalstellen entstehen jeweils engere Bereiche, z. B.: 6 Angewandte Wissenschaften, Medizin, Technik; 62 Technische Wissenschaften, 621 Maschinenbau, 621.3 Elektrotechnik, 621.39 Elektrische Nachrichtentechnik, 621.396 Funktechnik, Hochfrequenztechnik usw. Der Vorteil der D. liegt in ihrer Übersichtlichkeit und in der Allgemeinverständlichkeit der Zahlensymbole, der Nachteil in der formalen Gleichordnung der einzelnen Gebiete, was besonders in den Gesellschaftswissenschaften nicht den realen Gegebenheiten entspricht.

Dezimalsystem, dekadisches System, Zehnersystem, 1) ein Zahlensystem (→ Zahl) mit der Grundzahl (Basis) 10, ein → Stellenwertsystem. Zur Darstellung jeder beliebigen Zahl dienen die zehn Ziffern 0, 1, ..., 9. Das D. ist ein spezielles → Denärsystem mit den ganzzahligen Zehnerpotenzen als Gewichten. Kennzeichnend für den Aufbau des D.s ist, daß 10 Einheiten einer niederen Ordnung jeweils eine Einheit der nächsthöheren Ordnung bilden. Jede Zahl des D.s läßt sich als eine Summe von Zehnerpotenzen schreiben, wobei die entsprechenden Ziffern als Koeffizienten auftreten; z. B. bedeutet die **Dezimalzahl** 4635 die Summe $4 \cdot 10^3 + 6 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$.

Außer dem D. werden zur Darstellung von Zahlen auch andere Zahlensysteme verwendet, z. B. das heute in Wissenschaft und Technik vielbenutzte → Dualsystem.

2) eine Einteilungsart z. B. der Münzen und der Maße, nach welcher jede höhere Einheit in 10, 100, 1000 usw. niedere Einheiten geteilt wird.

Dezimeterwellen, → Frequenz, → Mikrowellentechnik.

Dezyl..., → Alkyl...

3-D-Film, → Raumfilmverfahren.

dg, Kurzz. für Dezigramm, → Gramm.

°dH, Abk. für Grad deutscher Härte, → Härte 2).

DHA, Abk. für → Dihydroxyazeton.

DHD-Verfahren, → Reformieren.

Di..., Vorsilbe, die das zweifache Auftreten bestimmter, für das betreffende Molekül charakteristischer Atome oder Atomgruppen kennzeichnet, z. B. Kohlendioxid CO_2, Dichlorbenzol $C_6H_4{-}Cl_2$ und Dikarbonsäuren der allg. Formel HOOC–R–COOH, oder die darauf hinweist, daß die Verbindung durch Vereinigung zweier Radikale oder durch Kondensation von zwei einfachen Molekülen entstanden ist, z. B. Dizyan $(CN)_2$ und Dichromsäure $H_2Cr_2O_7$. Bei organischen Verbindungen, die durch Zusammentreten von zwei Radikalen gebildet werden, ist daneben auch Bi... üblich, z. B. Diphenyl (Biphenyl) $C_6H_5{-}C_6H_5$.

Diaabtastung, → Fernsehen.

Diabas, ein körniges, dem Basalt entsprechendes Ergußgestein paläozoischen Alters, das aus Plagioklas, Augit und zum Teil Olivin besteht und dessen farbige Minerale teilweise in Chlorit umgewandelt sind, wodurch das Gestein grünlich erscheint (früher auch *Grünstein* genannt). Die chemische Zusammensetzung entspricht der der → Gabbros. D. ist meist untermeerisch entstanden und findet sich oft mit Tuffen als decken-

oder gangförmige Einlagerung in devonischen Schichten. Er wird als Straßenbaumaterial und wegen seiner dunklen Farbe und Politurfähigkeit für Denkmal- und Grabsteine verwendet.

Diagenese, der Vorgang der Verfestigung und Umbildung lockerer Sedimente, teils unter dem Einfluß der Druckwirkungen weiterer Sedimentauflagen, teils durch Ausfällungen von Bindestoffen verschiedener Art aus Verwitterungslösungen und teils durch Umkristallisationen im Sediment; z. B. werden lockere Sande zu Sandstein, Tonpartikeln zu Schiefertonen, Gerölle zu Konglomeraten, eckiger Gesteinsschutt zu Brekzien, Torf zu Braunkohle.

Diagonale, in der Geometrie eine gerade Linie, die zwei nicht benachbarte Ecken eines Vielecks oder eines Vielflächners miteinander verbindet. In einem n-Eck lassen sich $\frac{n(n-3)}{2}$ D.n ziehen, z. B. hat das Viereck 2, das Fünfeck 5, das Sechseck 9 D.n. Bei geometrischen Körpern gehen die *Raum-* oder *Körperdiagonalen* durch das Innere des Körpers, während die *Flächendiagonalen* in einer Begrenzungsfläche liegen.

Diagonalmaschine, eine → Strömungsmaschine.

Diagramm, Schaubild, zeichnerische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Zahlenwerten zweier oder mehrerer Größen; → graphische Darstellung.

Diaklase, svw. → Kluft.

Diallag, ein → Augit.

Dialyse, physikalisches Verfahren zum Abscheiden niedermolekularer Stoffe aus Lösungen hochpolymerer oder kolloider Stoffe; es wird vor allem zum Reinigen makromolekularer Stoffe angewendet. Es beruht darauf, daß niedermolekular gelöste Stoffe leicht, makromolekular oder kolloid gelöste dagegen sehr schwer oder gar nicht durch halbdurchlässige Membranen, z. B. Pergamentpapier, Zelluloseazetat- oder Zellulosenitratschichten, tierische Haut, Schweinsblase u. dgl., hindurchwandern (diffundieren). Die D. erfolgt in einer Dialysierzelle (**Dialysator**). Diese besteht aus zwei Kammern, die durch das Filter getrennt sind und von denen eine mit dem Lösungsmittel, z. B. Wasser, die andere mit der Lösung gefüllt ist. Die niedermolekularen Stoffe diffundieren dann durch das Filter hindurch in das Wasser, während die makromolekularen oder kolloiden Stoffe zurückbleiben. Sind die niedermolekularen Stoffe in Ionen dissoziiert, so kann man die D. durch Anlegen eines elektrischen Feldes beschleunigen und intensivieren; man spricht dann von **Elektrodialyse.**

Diamagnetismus, → Magnetismus.

Diamant, 1) ein Mineral, chemisch die kubische Modifikation des Kohlenstoffs C; häufige Formen: Oktaeder, Rhombendodekaeder; farblos oder leicht gelblich, braun, rötlich, grünlich, grau, schwarz gefärbt. D. hat starke Lichtbrechung (2,407 bis 2,465) und Dispersion (0,058), darauf beruhen der hohe, eigentümliche Glanz (Diamantglanz) und das Farbenspiel (Feuer) des geschliffenen D.en. Härte nach Mohs 10 (härtestes Mineral), D. 3,52 g cm^{-3}, spröde. In reinem Sauerstoff verbrennt D. bei 720 °C, in Luft bei 850 °C zu CO_2. Unter Luftabschluß geht D. oberhalb 1500 °C in → Graphit über. Er leitet im Gegensatz zum Graphit den elektrischen Strom nicht.

Varietäten: 1) **Diamant:** Einzelkristalle und Kristallgruppen. 2) **Bort** oder **Ballas:** dichte regellose, oft radialfaserige Massen (meist aus Brasilien). 3) **Karbonado:** erbsen- bis eigroße Rollstücke, dicht bis körnig, schwarz bis grau, glänzende Oberfläche.

In der Natur findet sich der D. entweder im Kimberlit (einem ultrabasischen magmatischen Gestein) oder in Seifen, die noch andere Minerale enthalten. Gelegentlich wurde D. auch in Meteoriten festgestellt.

Die synthetische Gewinnung von D.en aus Graphit gelang erstmalig 1955 in den USA in Höchstdruckautoklaven bei einem Druck von 100 000 at und einer Temperatur von etwa 3000 °C. Die in geringer Ausbeute erhaltenen künstlichen D.en sind sehr klein und werden nur industriell verwendet, ebenso die meisten natürlichen D.en einschließlich Borts und Karbonados, und zwar zum Bohren und Schleifen besonders harten Materials, auch für Tiefbohrungen, zum Schneiden von Glas, als Ziehsteine zur Herstellung sehr feiner Drähte, zum Gravieren feiner Schrift in der Lithographie, zum Einschneiden feinster Linien in der Stahl- und Kupferstecherei, als Achslager für Präzisionsinstrumente und zur Bestimmung der Vickershärte. Die farblos-wasserklaren oder schön gefärbten D.en sind, gut geschliffen, neben Rubin und Smaragd die kostbarsten Edelsteine. Der größte der bisher gefundenen D.en ist der südafrikanische wasserklare Cullinan (3025 Karat = 621,2 g).

2) ein → Schriftgrad.

Diamid, svw. → Hydrazin.

Diamine, organische Verbindungen, die zwei Aminogruppen $-NH_2$ im Molekül enthalten. Zu ihnen gehören z. B. **Tetramethylendiamin (Diaminobutan, Putreszin)** $H_2N-(CH_2)_4-NH_2$ und **Pentamethylendiamin (Diaminopentan, Kadaverin)** $H_2N-(CH_2)_5-NH_2$, die als Dekarboxylierungsprodukte der Aminosäuren Ornithin und Lysin bei der bakteriellen Eiweißzersetzung auftreten. Verwendet werden D. vor allem zur Herstellung von Polyamiden und Aminoplasten.

Diaminobutan, ein → Diamin.

Diaminopentan, ein → Diamin.

Diaphragma *n*, 1) physikalische Chemie: eine poröse Scheidewand (Membran), die bei Elektrolyseverfahren zur Trennung von Katoden- und Anodenraum verwendet wird. Als D. dienen Pergament, Schweinsblasen, Tonzellen, Asbestpapier u. a.

2) Optik: svw. → Blende.

Diaphragmaverfahren, → Chlor.

Diaphthorese, eine rückschreitende → Metamorphose.

Diapir, ein Gesteinskörper, der diskordant, mit steilen Begrenzungsflächen in den umgebenden Gesteinen lagert. D.e erscheinen daher als Fremdkörper in ihrer Umgebung, z. B. Salzstock, Stockgranit.

Diapositiv, abg. **Dia,** photographisches Bild auf durchsichtigem Träger (Film, Glasplatte) in Schwarzweiß oder in den Naturfarben (Farbdia). Es wird überwiegend für Projektionszwecke, ferner zur Herstellung vergrößerter Negative und in der Reproduktionstechnik zum Kopieren auf die Druckplatte verwendet.

Diaskop, ein → Bildwerfer.

Diasolyse, die Wanderung eines Stoffes durch eine Membran, die im Gegensatz zu den bei der Dialyse verwendeten Membranen keine Poren passender Größe aufweist, sondern dem durchtretenden Stoff gegenüber als Lösungsmittel wirkt, z. B. die D. von Anilin durch eine Gummimembran. Man verwendet die D. zur Trennung von hydrophilen und organophilen (hydrophoben) Verbindungen.

Diaspor, ein Hauptmineral des → Bauxits.

Diastereomerie, → Stereochemie.

Diatexis, → Metatexis.

Diathermie, → Kurzwellentherapie.

Diatomeenerde, svw. → Kieselgur.

Diazetyl, $CH_3-CO-CO-CH_3$, eine gelbgrüne, in Verdünnung nach Butter riechende Flüssigkeit (Kp. 88 °C). D. ist der wirksame Bestandteil des Butteraromas; eine künstliche Aromatisierung der Butter mit D. ist jedoch nicht gestattet.

Diazetyldioxim, Dimethylglyoxim, $CH_3—C(=NOH)—C(=NOH)CH_3$, farblose Kristalle (F. 242 °C), die vor allem in der analytischen Chemie als Reagens für Nickel dienen.

Diazine, Heterozyklen mit zwei Stickstoffatomen im Sechsring, z. B. 1,3-Diazin (Pyrimidin).

Diazotierung, die Umsetzung primärer aromatischer Amine mit salpetriger Säure zu Diazoniumsalzen der allg. Formel $[Ar—N{\equiv}N]^+X^-$ (Ar = Aryl..., X^- = negativ geladenes Ion), die vor allem für die Herstellung synthetischer Farbstoffe wichtig sind.

Diazotypie-Verfahren, → Lichtpause.

Diazoverbindungen, organisch-chemische Verbindungen mit der Gruppierung $R—CHN_2$. Zu den aromatischen D. gehören die durch Umsetzung primärer aromatischer Amine mit salpetriger Säure (Diazotierung) erhältlichen **Diazoniumsalze,** die in reiner, kristalliner Form sehr explosiv sind. Durch Kupplung der Diazoniumsalze mit aromatischen Aminen und Phenolen bilden sich die für die Farbstoffchemie wichtigen Azoverbindungen. Aliphatische D. sind nicht durch Diazotierung darstellbar. Für sie sind spezielle Synthesen bekannt. So kann z. B. **Diazomethan,** ein gelbes, sehr giftiges Gas, durch Einwirkung von alkoholischer Kalilauge auf Chloroform und Hydrazin hergestellt werden.

Dibbelmaschine, eine hand-, gespann- oder traktorgezogene Sämaschine, die das Saatgut häufchenweise in regelbaren Abständen auswirft (Dibbelsaat), im Prinzip eine → Drillmaschine mit Vorrichtung zum Unterbrechen des Saatstroms.

1,2-Dichloräthan, Äthylenchlorid, $CH_2Cl—CH_2Cl$, eine farblose Flüssigkeit (Kp. 83,5 °C). Technisch gewinnt man es aus Äthen und Chlor. Es ist Ausgangsprodukt für wichtige Verbindungen, z. B. Vinylchlorid, und ein gutes Lösungsmittel.

Dichlormethan, Methylenchlorid, CH_2Cl_2, eine farblose Flüssigkeit (Kp. 40 °C). Man erhält D. durch Chlorieren von Methan und verwendet es als Lösungsmittel, ferner als Feuerlöschmittel, Kältemittel u. a.

Dichroismus, optischer D., die Eigenschaft von parallel zur optischen Achse geschnittenen Kristallen, den ordentlichen Strahl (→ Doppelbrechung) fast völlig zu absorbieren, dagegen den außerordentlichen Strahl durchzulassen. Man kann solche dichroitischen Kristalle als **Polarisationsfilter (Polarisationsfolien)** verwenden.

Dichromate, Salze der Dichromsäure, → Chrom.

Dichrome-Verfahren, → Inchromieren.

Dichte, Zeichen D oder *d*, 1) im weiteren Sinne das Verhältnis einer physikalischen Größe zu einer Längeneinheit (Liniendichte), Flächeneinheit (Flächendichte) oder Raumeinheit (Raumdichte); z. B. Ladungsdichte ist die Anzahl der Ladungsträger je Flächeneinheit.

2) im engeren Sinne die Raumdichte der Masse eines Stoffes, die Masse eines Stoffes je Volumeneinheit. Bei homogenen Körpern gilt: $d = m/V$, wobei m = Masse und V = Volumen. Als Dimension gilt hierbei $g\,cm^{-3}$ oder $kg\,m^{-3}$. Wenn man von kleinen örtlichen Unterschieden der Fallbeschleunigung g absieht, hat die in $g\,cm^{-3}$ angegebene D. die gleiche Maßzahl wie die in $p\,cm^{-3}$ ausgedrückte Wichte. Da die D. und die Wichte γ durch die Beziehung $\gamma = dg$ zusammenhängen, ist im gleichen Maßsystem die Wichte stets um den Faktor g größer als die D. Der Kehrwert der D. $1/d$ wird als *spezifisches Volumen* bezeichnet. Er gibt an, welches Volumen von der Masseneinheit des Stoffes eingenommen wird. Unter der **Dichtezahl** versteht man das Verhältnis der Masse des Körpers zur Masse einer volumengleichen Wassermenge bei 4 °C. Das Symbol D_4^{20} gibt die Dichtezahl für eine Körpertemperatur von 20 °C und eine Wassertemperatur von 4 °C an.

Die D. fester Stoffe bestimmt man direkt aus Masse und Volumen; läßt sich letzteres nicht berechnen, so wird es durch Eintauchen in eine geeignete Flüssigkeit bekannter D. ermittelt, indem man entweder das Steigen des Flüssigkeitsspiegels in einem Meßzylinder beobachtet oder die aus einem randvollen Gefäß (Überlaufgefäß) abfließende Menge bestimmt. Eine weitere Möglichkeit bietet das Auftriebsverfahren, bei dem sich die D. aus der Gewichtsabnahme beim Eintauchen in eine spezifisch leichtere Flüssigkeit ergibt (→ hydrostatische Waage).

Die D. von Flüssigkeiten wird am genauesten durch Wägen der Probesubstanz im → Pyknometer bestimmt, ferner nach dem Auftriebsverfahren mit Hilfe des → Aräometers, der Mohr-Westphalschen Waage und hydrostatischen Waage.

Die D. von Gasen wird meist auf Normalbedingungen, d. h. auf die Temperatur von 0 °C und den Druck von 760 Torr bezogen. Als Vergleichsgas wird oft Luft benutzt. Gasdichten können in evakuierbaren Glasballons ermittelt werden, indem man diese evakuiert und zunächst mit Wasser gefüllt und dann mit dem zu messenden Gas gefüllt wiegt. Bei der Umrechnung auf Normalbedingungen müssen Druck, Temperatur und Wasserdampfgehalt berücksichtigt werden. Weitere Verfahren verwenden das → Effusiometer und die → Gasdichtewaage. Gasdichtemessungen dienen häufig zur Molekulargewichtsbestimmung, da die D.n proportional den Molekulargewichten sind.

Dickenmesser, svw. → Bügelmeßschraube.

Dickspülung, → Bohrung.

Didi-Preßmassen, → Plaste, Übers.

Dielektrikum, Isolator, Nichtleiter, ein Stoff, dessen elektrische Leitfähigkeit so klein ist (spezifische Leitfähigkeit $\varkappa < 10^{-14}\,m\,\Omega^{-1}\,mm^{-2}$), daß die Verschiebungsströme gegenüber den Leitungsströmen dominieren. Absolute Dielektrika, also solche Stoffe mit der Leitfähigkeit 0, gibt es nicht, da durch geringe Verunreinigungen und durch die stets vorhandene Höhenstrahlung sowie durch Spuren von radioaktiven Stoffen immer eine geringe Leitfähigkeit hervorgerufen wird. Das beste D. ist das Vakuum. — Außer

Dichten einiger Stoffe

Festkörper	Dichte bei 20 °C [$g\,cm^{-3}$]	Flüssigkeit	Dichte bei 20 °C [$g\,cm^{-3}$]	Gas	Litergewicht bei 0 °C, 760 Torr [$g\,l^{-1}$]
Aluminium	2,7	Äthanol (100%ig)	0,7894	Chlor	3,22
Blei	11,34	Äther	0,7135	Helium	0,1785
Eisen	7,86	Benzol	0,8789	Kohlendioxid	1,9768
Glas	2,2···6	Kohlenstofftetrachlorid	1,5939	Sauerstoff	1,429
Gold	19,3			Stickstoff	1,2505
Kupfer	8,92	Quecksilber	13,546	Wasserstoff	$0{,}0899 \cdot 10^{-3}$
Schwefel (rhombisch)	2,06	Wasser	0,9982		

durch die spezifische Leitfähigkeit wird ein D. durch die **Dielektrizitätskonstante**, abg. **DK**, und den Verlustwinkel δ charakterisiert. Die absolute Dielektrizitätskonstante ε ist ein Maß für die Fähigkeit eines Stoffes, Verschiebungsströme zu leiten. Für Vakuum beträgt sie $\varepsilon = \varepsilon_0$; ε_0 ist eine charakteristische Größe in der Feldtheorie und gehört zu den → Feldkonstanten. Bei anderen Stoffen, in denen beim Anlegen eines elektrischen Feldes Dipole durch Ladungsverschiebung entstehen bzw. vorhandene Dipole in Feldrichtung gedreht werden, ist ε größer als ε_0. Das Verhältnis $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ wird als relative Dielektrizitätskonstante bezeichnet. Die Ladungsverschiebung bzw. die Ausrichtung von Dipolen in Feldrichtung ist im D. mit Reibung verbunden. Im elektrischen Wechselfeld, wenn die Dipole in jeder Periode ihre Lage wechseln, macht sich die Reibung durch Wärmeerzeugung bemerkbar. Die entsprechende Energie wird dem elektrischen Feld entzogen **(dielektrische Verluste)**. Bei einem Kondensator mit einem solchen D. sind Wechselstrom und Wechselspannung nicht wie bei einem Kondensator mit idealem D. um 90° phasenverschoben, sondern nur um $90° - \delta$.

Die Ermittlung der DK (*Dekametrie*) beruht hauptsächlich auf der Messung der Kapazität oder der dielektrischen Verluste. Ist die Kapazität eines Plattenkondensators ursprünglich C_0, so steigt sie, wenn der Raum zwischen den Platten mit dem D. ausgefüllt wird, auf den Wert $C = \varepsilon_{rel} C_0$ an.

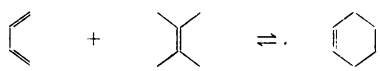
Der Verlustwinkel δ bzw. der Tangens dieses Winkels $\tan \delta$ dienen als Maß für die Güte eines D.s. Die dielektrischen Verluste sind im allgemeinen unerwünscht, werden aber bei der **dielektrischen Erwärmung** nichtleitender Stoffe praktisch ausgenutzt. In der Elektrotechnik sind Dielektrika wichtig als Isolierstoffe und als Zwischenmedien in Kondensatoren. Werte für $\varkappa$, ε_{rel} und $\tan \delta$ sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

	$\varkappa$ in m Ω^{-1} mm^{-2}	ε_{rel} bei 20 °C	$\tan \delta$
Luft	$< 10^{-22}$	1,0006	≈ 0
Bernstein	$< 10^{-22}$	2,8	
Glimmer	$10^{-19} \cdots 10^{-21}$	5···8	$\approx 0{,}001$
Glas	$10^{-17} \cdots 10^{-18}$	3···12	$\approx 0{,}01$
Quarzglas	$10^{-19} \cdots 10^{-22}$	4	$\approx 0{,}001$
Paraffin	$0{,}3 \cdot 10^{-22}$	2···2,3	
Wasser		81	
Bariumtitanat		1000···10000	

dielektrische Erwärmung, → Dielektrikum, → Hochfrequenzwärme.

dielektrische Verschiebung, svw. → elektrische Verschiebung.

Diels-Alder-Reaktion, Diensynthese, die von O. Diels und K. Alder 1928 ausgearbeitete Methode, nach der sich Verbindungen mit einer Mehrfachbindung, die durch benachbarte Gruppen, z. B. Karbonylgruppen, aktiviert ist (*dienophile Komponenten*), an konjugierte Doppelbindungen (*Diene*) anlagern:



Dien — dienophile Komponente — Anlagerungsverbindung

Wichtige dienophile Komponenten sind z. B. Maleinsäureanhydrid, Akrolein und p-Benzochinon, typische Diene sind vor allem Butadien, Zyklohexadien-1,3 und Zyklopentadien sowie aromatische Verbindungen mit aufgelockertem Elektronensystem, z. B. Anthrazen, Furan und Kumarin. Endprodukte der D.-A.-R. sind stets sechsgliedrige Ringe. Alle D.-A.-R.en verlaufen exotherm und sind reversibel.

Die D.-A.-R. wird in der Technik sehr häufig zur Synthese zyklischer Verbindungen, vor allem auch als Grundreaktion der Komponenten Maleinsäureanhydrid und Harzsäuren bei der Herstellung von Maleinatharzen angewandt. Außerdem hat sie bei der Konstitutionsaufklärung von Naturstoffen, z. B. von Terpenen und Steroiden, große Bedeutung erlangt.

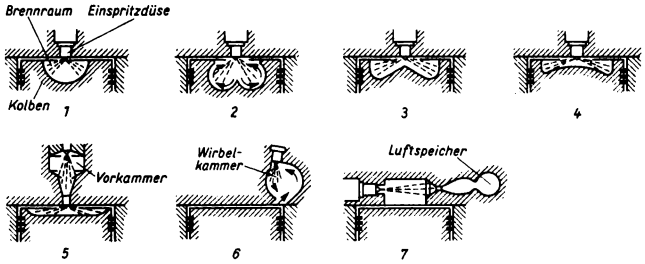
Diene, Diolefine, aliphatische ungesättigte Kohlenwasserstoffe mit 2 Doppelbindungen im Molekül mit der allgemeinen Formel C_nH_{2n-2}. Besonders wichtig sind die D. mit konjugierten Doppelbindungen, z. B. Butadien und Isopren, die zu synthetischem Kautschuk verarbeitet werden können.

Diesellokomotive, → Lokomotive.

Dieselmotor (Tafel 9), ein nach seinem Erfinder, dem Ingenieur Diesel, benannter Verbrennungsmotor mit Selbstzündung. Beim D. wird im Gegensatz zu den Verbrennungsmotoren mit Fremdzündung Luft in den Zylinder angesaugt und der Kraftstoff am Ende des Verdichtungshubs in den Zylinder eingespritzt; der Kraftstoff entzündet sich in der durch die Verdichtung erhitzten Luft von selbst. D.en arbeiten nach dem Viertakt- oder auch nach dem Zweitaktverfahren (→ Verbrennungsmotor). Das Zweitaktverfahren wird vor allem für größere D.en für stationäre Zwecke und Schiffsantriebe angewendet.

Arbeitsweise. Beim **Viertaktdieselmotor** wird von dem niedergehenden Kolben Luft in den Zylinder angesaugt (Ansaughub) und bei Rückgang des Kolbens (Kompressions- oder Verdichtungshub) auf einen Druck von 30 bis 55 at verdichtet (Verdichtungsverhältnis 14:1 bis 22:1), wobei sich die Luft auf 700 bis 900 °C erwärmt. In diese hochverdichtete heiße Luft wird kurz vor dem oberen Totpunkt des Kolbens der Kraftstoff eingespritzt. Da dessen Selbstentzündungstemperatur unter der Verdichtungsendtemperatur der Luft liegt, entzündet er sich in dieser selbst und verbrennt. Durch den erhöhten Druck der Verbrennungsgase (bis zu 80 at) wird der Kolben wieder in entgegengesetzter Richtung zum anderen Totpunkt bewegt (Verbrennungs- oder Arbeitshub) und die auf ihn wirkende Kraft über die Pleuelstange auf die Kurbelwelle übertragen; die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens wird dadurch in eine Drehbewegung umgewandelt. Beim nachfolgenden Rückgang des Kolbens zum oberen Totpunkt werden die Verbrennungsgase aus dem Zylinder ausgeschoben (Auspuffhub), und ein neues Arbeitsspiel mit seinen vier Hüben (Takten) beginnt. Beim **Zweitaktdieselmotor** erfolgt im Gegensatz zu den meisten Zweitaktmotoren (→ Verbrennungsmotor) die Spülung des Zylinders durch ein Gebläse (bei großen D.en auch durch eine Ladepumpe) und nur mit Luft. Die Luft wird, nachdem der Kolben vor seinem unteren Totpunkt die Spülschlitze in der Zylinderwand freigegeben hat, durch ein Drehkolbengebläse (Rootsgebläse) in den Zylinder gedrückt und verdrängt dabei aus diesem die Verbrennungsgase des vorhergegangenen Arbeitsspiels. Beim Aufwärtsgang des Kolbens werden dann von diesem zuerst die Spülschlitze und wenig später die etwas höheren Auslaßschlitze (bei manchen D.en Auspuffventile) verschlossen und die Luft verdichtet (Kompressions- oder Verdichtungshub). Kurz vor dem oberen Totpunkt des Kolbens wird dann der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt und entzündet sich in der heißen Luft. Die Verbrennungsgase drücken den Kolben nach dem unteren Totpunkt (Verbrennungs- oder Arbeitshub); dabei werden vom Kolben zuerst die Auslaßschlitze freigegeben, worauf die Verbrennungsgase in den Auspuff entweichen

und sich weiter entspannen können. Dann erst gibt der Kolben die Spülschlitze frei, die Spülung setzt ein, und ein neues Arbeitsspiel, bestehend aus zwei Takten, beginnt. Zwei Takte oder Hübe entsprechen jeweils einer Umdrehung der Kurbelwelle, so daß ein Arbeitsspiel beim Zweitaktdieselmotor während einer Kurbelwellenumdrehung (beim Viertaktdieselmotor während zweier Kurbelwellenumdrehungen) abläuft.



Gemischbildung beim Dieselmotor: *1* bis *4* Brennraumformen für Motoren mit direkter Einspritzung. *5* bis *7* Einspritzung bei Motoren mit indirekter Einspritzung: *5* beim Vorkammermotor, *6* beim Wirbelkammermotor, *7* beim Luftspeichermotor

Bauarten. Beim heute verwendeten **kompressorlosen D. (D. mit Druckeinspritzung)** wird der Kraftstoff von einer → Einspritzpumpe genau dosiert und mit hohem Druck über eine Druckleitung einer → Einspritzdüse zugeführt, die in den Brennraum mündet, und von dieser in den Brennraum zerstäubt. Beim teureren und empfindlicheren klassischen D. wurde der Kraftstoff mit Druckluft, die ein vom Motor angetriebener Kompressor erzeugte, in den Brennraum eingeblasen **(D. mit Lufteinblasung)**.

Nach der Form des Brennraums unterscheidet man bei kompressorlosen D.en solche mit nicht unterteiltem Brennraum (direkte Einspritzung) und solche mit unterteiltem Brennraum (indirekte Einspritzung). 1) **D.en mit direkter Einspritzung** arbeiten allgemein mit höheren Einspritzdrücken (180 bis 350 at) und kleinerem Verdichtungsverhältnis (14:1 bis 17:1). 2) **D.en mit indirekter Einspritzung** haben Einspritzdrücke von 80 bis 140 at und ein Verdichtungsverhältnis von 16:1 bis 22:1. Sie weisen im allgemeinen eine weichere Verbrennung auf, haben aber einen höheren spezifischen Kraftstoffverbrauch als die direkteinspritzenden D.en und benötigen als Starthilfsmittel eine → Glühkerze. Die D.en mit unterteiltem Brennraum können verschieden ausgebildet sein. a) Beim **Vorkammermotor** erreicht man eine gute Gemischbildung (die Vorbedingung für eine hohe Belastbarkeit und geringen spezifischen Kraftstoffverbrauch des Motors) dadurch, daß in einer vom Hauptbrennraum abgeteilten und nur durch kleine Bohrungen mit diesem verbundenen Vorkammer eine Teilverbrennung des Kraftstoffs erfolgt, die dort einen Druckanstieg bewirkt. Dadurch wird der noch nicht verbrannte Kraftstoff gut zerstäubt in den Hauptbrennraum geblasen, mit der dort vorhandenen Luft gut vermischt und verbrannt. b) Der **Wirbelkammermotor** hat eine meist rotationsförmige, durch einen tangentialen Verbindungskanal (Schußkanal) mit dem Hauptbrennraum verbundene Brennkammer. Durch die tangentiale Anordnung des Verbindungskanals wird eine heftige Wirbelung der Verbrennungsluft während der Verdichtung erzeugt und eine gute Gemischbildung erreicht. c) Der **Luftspeichermotor** hat zusätzlich zum Hauptbrennraum einen mit diesem nur durch einen kleinen Übertrittsquerschnitt verbundenen, relativ kleinen Raum, den Luftspeicher, in dem sich im oberen Totpunkt des Kolbens ein Teil der Verbrennungsluft befindet. Am Ende des Verdichtungshubs spritzt die Einspritzdüse gleichsinnig mit der in den Luftspeicher einströmenden Luft den Kraftstoff gegen dessen Mündung; dadurch gelangt auch ein Teil des Kraftstoffs in den Luftspeicher und zündet dort oder im Übertrittsquerschnitt. Der entstehende höhere Druck im Luftspeicher bewirkt, daß dieser noch während der Einspritzung Luft und Verbrennungsgase entgegen dem Kraftstoffstrahl ausbläst. Diese gegensinnigen Bewegungsrichtungen von Kraftstoff und Luft oder Gasen bewirken eine bessere Aufbereitung des Kraftstoffstrahls und somit eine gute Gemischbildung und Verbrennung. Beim Abwärtsgang des Kolbens während des Arbeitshubs wird durch die aus dem Luftspeicher ausströmende Luft der Verbrennungsvorgang wesentlich unterstützt.

Lit. Kranold: Schiffsmotoren (Berlin 1953); Reichelt: Betriebskunde des D.s (Halle 1956); Ulrich u. Brunnenberg: Schiffsdieselmaschinen (8. Aufl. Leipzig 1967); Wanscheidt: Theorie der D.n (Schiffsdieselmotoren) (dtsch 2. Aufl. Berlin 1967); Technisches Handb. D.en (2. Aufl. Berlin 1967).

Differentialanalysator, svw. → Integrieranlage.

Differentialentzerrung, ein Sonderverfahren der → Entzerrung für → Luftbilder von unebenem Gelände. Die Bilder werden so umphotographiert, daß die stetigen Maßstabsunterschiede, die wegen des Abweichens der Aufnahmeachse aus der Lotrichtung und wegen der Geländehöhenunterschiede in den Bildern vorhanden sind, partiell durch kontinuierliche Änderung des Projektionsmaßstabs kompensiert werden (Spaltentzerrung). Die D. wird mit speziellen Geräten vorgenommen. Sie bildet eine wichtige Grundlage für die Automatisierung der photogrammetrischen Kartenherstellung.

Differentialgetriebe, svw. → Ausgleichgetriebe.

Differentialgleichung, eine Gleichung zwischen einer oder mehreren unabhängigen Veränderlichen, unbekannten Funktionen dieser Veränderlichen und den Ableitungen (Differentialquotienten) dieser Funktionen. Man unterscheidet die **gewöhnliche D.,** die nur eine unabhängige Veränderliche, und die **partielle D.,** die mehrere unabhängige Veränderliche enthält. Die Ordnung einer D. (D. erster, zweiter, *n*-ter Ordnung) wird bestimmt durch die höchste Ordnung der auftretenden Ableitungen, für den Grad einer D. ist die höchste vorkommende Potenz der Funktionen und ihrer Ableitungen maßgebend. D.en ersten Grades heißen **lineare D.en,** solche höheren Grades **nichtlineare D.en.**

Die Lösung (das Integral) einer D. umfaßt alle Funktionen, die zusammen mit ihren Ableitungen die vorgegebene D. identisch erfüllen. Die Bestimmung der Lösung einer D. nennt man Integration. Die Lösung heißt *allgemein* (*vollständig*), wenn sie noch willkürliche Konstanten, sog. Integrationskonstanten, enthält; sie ist daher nicht eindeutig bestimmt. Die Lösung heißt *partikulär* (*speziell*), wenn sie aus der allgemeinen Lösung hervorgeht, indem auf Grund zusätzlicher Anfangs- oder Randbedingungen für die Integrationskonstanten spezielle Werte gewählt werden. Die Lösung heißt *singulär*, wenn sie sich nicht aus der allgemeinen Lösung durch spezielle Wahl der Integrationskonstanten gewinnen läßt.

Da sich nur die einfachsten D.en unmittelbar durch gewöhnliche Integrationen (*Quadraturen*) bestimmen lassen, muß man bei den meisten D.en mit speziellen Lösungsansätzen arbeiten. Eine D. heißt **elementar lösbar (integrierbar),** wenn sich ihre allgemeine Lösung durch eine endliche Anzahl von elementaren Funktionen und gewöhnlichen Integrationen darstellen läßt. Das ist aber nur in Ausnahmefällen möglich, so daß in der Praxis bei der Lösung von D.en analytische, numerische und graphische Nähe-

rungsmethoden eine große Rolle spielen. Es werden dabei z. T. auch spezielle Geräte, Maschinen und Automaten eingesetzt.

Die D.en sind ein wichtiges Gebiet der höheren Mathematik und haben darüber hinaus wesentliche Bedeutung für die moderne Naturwissenschaft. Viele Probleme, besonders der Physik und Technik, führen zur Darstellung von Zusammenhängen in Form von D.en.

Lit. Baule: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Bd 4 (7. Aufl. Leipzig 1963), Bd 6 (6. Aufl. Leipzig 1962); Hort und Thoma: Die D.en der Technik und Physik (7. Aufl. Leipzig 1956); Kamke: D.en, Tl 1 (5. Aufl. Leipzig 1964), Tl 2 (4. Aufl. Leipzig 1962), D.en, Lösungsmethoden und Lösungen, Tl 1 (7. Aufl. Leipzig 1961), Tl 2 (5. Aufl. Leipzig 1965); Petrowski: Vorlesungen über die Theorie der gewöhnlichen D.en (dtsch Leipzig 1954), Vorlesungen über partielle D.en (dtsch. Leipzig 1955); Rothe: Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker, Ingenieure, Tl 3 (12. Aufl. Leipzig 1962); Stepanow: Lehrbuch der D.en (dtsch Berlin 1955).

Differentialrechnung, Grunddisziplin der höheren Analysis. Die D. ist von größter Bedeutung für die modernen Naturwissenschaften und die Technik und findet vielfältigste Anwendung überall dort, wo Größenbeziehungen als differenzierbare Funktionen aufgefaßt werden können. D. und → Integralrechnung bilden zusammen die **Infinitesimalrechnung,** die ein unentbehrliches Hilfsmittel für die Lösung vieler mathematischer, physikalischer und technischer Probleme darstellt.

Grundlegend für die D., wie überhaupt für die gesamte Analysis, sind der Grenzwert- und der Funktionsbegriff. Das Wesen der D. besteht darin, das Änderungsbestreben einer in einem räumlichen oder zeitlichen Intervall veränderlichen Größe an einer Stelle des Intervalls zu bestimmen. Charakteristisch dafür sind die beiden Problemstellungen, aus denen die D. hervorgegangen ist, nämlich in der Geometrie die Aufgabe, die Tangente an eine gegebene Kurve in einem gegebenen Kurvenpunkt als Grenzlage der Sekante durch diesen Punkt zu definieren (*Tangentenproblem*), und zum anderen in der Physik die Erklärung der Geschwindigkeit eines ungleichförmig bewegten Körpers in einem bestimmten Zeitpunkt.

Die D. wurde zusammen mit der Integralrechnung Ende des 17. Jh.s gleichzeitig und unabhängig voneinander von Leibniz (1646–1716) und Newton (1642–1727) begründet, wobei Newton in seiner „Fluxionsrechnung" von physikalischen Problemen, Leibniz dagegen von geometrischen (Tangentenproblem) ausging. Die noch heute üblichen Symbole für den Differentialquotienten und das Integral stammen von Leibniz, während Newton eine andere Schreibweise benutzte.

Die Steigung einer Kurve ist nur bei der Geraden für alle Punkte gleichbleibend, bei allen anderen Kurven ändert sie sich von Punkt zu Punkt. Zur Bestimmung der Steigung (Richtung, Anstieg) einer Kurve in einem bestimmten Punkt verwendet man die Steigung der Tangente in diesem Punkt; das Maß für den Anstieg der Tangente ist der Tangens ihres Steigungswinkels (Winkel zwischen der Tangente und der positiven Richtung der x-Achse), den man auch als *Richtungsfaktor* bezeichnet. – Es soll die Richtung der durch die stetige Funktion $y = f(x)$ gegebenen Kurve im Punkt P ermittelt werden. Zu diesem Zweck legt man durch $P(x; y)$ eine Sekante, die die Kurve in einem zweiten Punkt $P_1(x_1; y_1)$ schneidet. Der Zuwachs des Arguments x, den man als Δx bezeichnet, ist durch die Differenz $x_1 - x$ gegeben, der Zuwachs des Funktionswerts y beträgt $\Delta y = y_1 - y$. Der Richtungsfaktor der Sekante ergibt sich aus dem Anstiegsdreieck PDP_1: $\tan\alpha = \dfrac{\Delta y}{\Delta x} = \dfrac{y_1 - y}{x_1 - x}$. Man bezeichnet diesen Quotienten als **Differenzenquotient,** da er aus den Differenzen Δx und Δy gebildet ist. Er läßt sich in folgenden oft benutzten Formen schreiben:

$$\tan\alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y}{x_1 - x} = \frac{f(x_1) - f(x)}{x_1 - x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}.$$

Nähert sich P_1 unbegrenzt dem Punkt P, so dreht sich die Sekante um den Punkt P und strebt einer Grenzlage zu. Die Grenzlage der Sekante ist die Tangente in P an die Kurve. Dabei strebt Δx gegen 0 und die Folge der Differenzenquotienten gegen einen Grenzwert, der gleich dem Richtungsfaktor der Tangente ist und als **Differentialquotient** oder **Ableitung** bezeichnet wird:

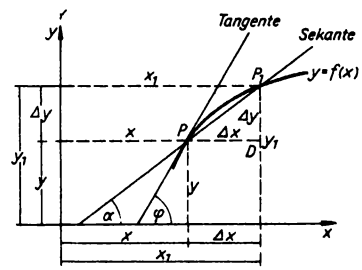
$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} \quad \text{(gelesen: d}y \text{ nach d}x\text{)}.$$

Für den Differentialquotienten sind folgende verschiedene Bezeichnungsweisen üblich:

$$y' = f'(x) = \tan\varphi = \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}y = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}f(x)$$

$$= \lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

$$= \lim_{x_1 \to x} \frac{y_1 - y}{x_1 - x} = \lim_{x_1 \to x} \frac{f(x_1) - f(x)}{x_1 - x}.$$



Die Ausführung des Grenzübergangs, also die Bildung des Differentialquotienten, heißt *Differenzieren, Differentiation* oder *Ableiten* einer Funktion. Für die Bildung des Differentialquotienten ist notwendige Voraussetzung, daß der Grenzwert $\lim\limits_{\Delta x \to 0} \dfrac{\Delta y}{\Delta x}$ existiert und eindeutig ist; die Funktion heißt dann **differenzierbar.** Ist eine Funktion an einer Stelle oder in einem Bereich differenzierbar, so ist sie dort auch stetig. Umgekehrt gibt es aber Funktionen, die an bestimmten Stellen zwar stetig, aber nicht differenzierbar sind. Die Stetigkeit ist also eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung der Differenzierbarkeit.

Für die Differentiation typischer Funktionsbildungen und spezieller Funktionen gibt es **Differentiationsregeln,** mittels derer sich die Berechnungen einfach und schnell ausführen lassen:

$y = c$	$y' = 0$	(c = const.)
$y = c \cdot f(x)$	$y' = c \cdot f'(x)$	(c = const.)
$y = x^n$	$y' = n \cdot x^{n-1}$	(*Potenzregel*)
$y = u \cdot v$	$y' = v \cdot u' + u \cdot v'$	(*Produktregel*)
$y = \dfrac{u}{v}$	$y' = \dfrac{vu' - uv'}{v^2}$	(*Quotientenregel*)
$y = u \pm v$	$y' = u' \pm v'$	(*Summenregel*)

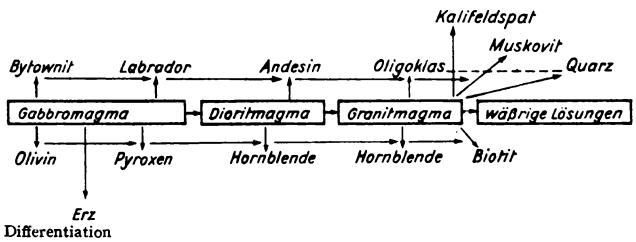
Für die Ableitung von mittelbaren Funktionen verwendet man die → *Kettenregel.*

Die Differentialquotienten einiger der bekanntesten speziellen Funktionen sind:

$y = e^x \quad y' = e^x$
$y = a^x \quad y' = a^x \ln a$
$y = \ln x \quad y' = \frac{1}{x}$
$y = \sin x \quad y' = \cos x$
$y = \cos x \quad y' = -\sin x$
$y = \tan x \quad y' = \frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$
$y = \cot x \quad y' = -\frac{1}{\sin^2 x} = -(1 + \cot^2 x)$

Da die Ableitung einer Funktion von x wieder eine Funktion von x ist, kann man von dieser wiederum die Ableitung bilden, die man die 2. Ableitung der Funktion nennt (Bezeichnung $y'' = f''(x) = \frac{d^2y}{dx^2}$), entsprechend die 3. Ableitung usw. Beispiel: $y = 4x^3 + 3x^2 + 5$; $y' = 3 \cdot 4x^2 + 2 \cdot 3x = 12x^2 + 6x$; $y'' = 2 \cdot 12x + 6 = 24x + 6$; $y''' = 24$; $y^{(IV)} = 0$.

Das **Differential** dy oder $df(x)$ der Funktion $y = f(x)$ ist das Produkt aus der Ableitung $y' = f'(x)$ der Funktion und der willkürlichen Änderung Δx der unabhängigen Veränderlichen x, wobei man $\Delta x = dx$ setzt und dx als Differential der unabhängigen Veränderlichen bezeichnet. Für das Differential der Funktion $y = f(x)$ ergibt sich somit $dy = f'(x)\,dx$. In diesem Sinne darf der Differentialquotient $\frac{dy}{dx} = f'(x)$ als wirklicher Quotient, nämlich als Quotient zweier Differentiale aufgefaßt werden. Jede Formel über die Ableitung einer Funktion läßt sich auch durch eine Formel zwischen Differentialen ersetzen, z. B. $\frac{d(x^n)}{dx} = nx^{n-1}$ kann geschrieben werden $d(x^n) = nx^{n-1}\,dx$. Diese Schreibweise ist vor allem in den Naturwissenschaften üblich. Ein wichtiges Anwendungsgebiet des Differentialbegriffs ist z. B. die Fehlerrechnung.



Differentiation

Für Funktionen mehrerer unabhängiger Veränderlicher definiert man **partielle Differentialquotienten** oder **Ableitungen** (Bezeichnung durch ∂ anstelle von d), wobei jeweils nur eine unabhängige Veränderliche als veränderlich aufgefaßt wird, die anderen jedoch als konstant angesehen werden, z. B.

$$f(x, y) = x^2 + y^2, \frac{\partial f}{\partial x} = f_x = 2x, \frac{\partial f}{\partial y} = f_y = 2y.$$

Als Differential einer Funktion mehrerer Veränderlicher (*totales Differential*) bezeichnet man die Summe der partiellen Differentiale bezüglich der einzelnen Veränderlichen, z. B. für $w = f(x, y) = x^2 + y^2$ ist

$$dw = \frac{\partial f}{\partial x}\,dx + \frac{\partial f}{\partial y}\,dy = 2x dx + 2y dy.$$

In der **Differentialgeometrie** werden die Begriffe und Methoden der Infinitesimalrechnung, insbesondere der D., auf die Untersuchung geometrischer Gebilde, wie Kurven (*Kurventheorie*) und Flächen (*Flächentheorie*), angewendet. Die Differentialgeometrie beschränkt sich nicht nur auf den euklidischen Raum, sondern befaßt sich auch mit allgemeinen nichteuklidischen Räumen und ist deshalb ein wichtiges Hilfsmittel für bestimmte Gebiete der theoretischen Physik.

Lit. Baule: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs, Bd 1 (14. Aufl. Leipzig 1964); Fichtenholz: Differential- und Integralrechnung, Bd 1–3 (dtsch Berlin 1965); Lindelöf u. Ullrich: Einführung in die höhere Analysis (2. Aufl. Leipzig 1955); Mangoldt-Knopp: Einführung in die höhere Mathematik, Bd 2 (12. Aufl. Leipzig 1964); Rothe: Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker, Ingenieure, Tl 1 (20. Aufl. Leipzig 1962); Smirnow: Lehrgang der höheren Mathematik, Tl 1 (dtsch 6. Aufl. Berlin 1963).

Differentialsperre, svw. → Ausgleichsperre.

Differentialwandlergetriebe, ein Getriebe mit Leistungsverzweigung, das bei Kraftfahrzeugen mit häufigem Geschwindigkeitswechsel (z. B. Omnibussen) angewendet wird. Es ermöglicht den wechselweisen Antrieb des Fahrzeuges über ein Strömungsgetriebe und ein unveränderliches Zahnradgetriebe. Das Strömungsgetriebe ermöglicht ein schaltfreies, elastisches Anfahren. Beim Überschreiten einer bestimmten Drehzahl setzt das D. automatisch das Strömungsgetriebe still, und der weitere Antrieb erfolgt über das Zahnradgetriebe, das einen besseren Wirkungsgrad aufweist. Der Fahrer regelt die Geschwindigkeit lediglich mit dem Gaspedal, das Schalten entfällt.

Differentiation, Entstehung verschiedenartiger Gesteinstypen aus dem Magma bei dessen Abkühlung infolge verschiedener dabei auftretender Prozesse. Die Vorgänge der D. sind neben denen der → Verwitterung besonders wichtig für die Bildung wertvoller Mineral- und Gesteinslagerstätten. Man unterscheidet 1) **Gravitative D.,** d. h., innerhalb des ersten Stadiums der Abkühlung des Magmas (**liquidmagmatische Phase**) können Entmischung im flüssigen Zustand (**Liquation**) und Trennung nach der Dichte (Absinken der schwereren sulfidischen Schmelze) eintreten. Größere Bedeutung hat die **Kristallisationsdifferentiation,** bei der die Mineralbildungen je nach Schwere absinken oder aufsteigen (Abb.). Auf diese Weise können sich die verschiedenen Eruptivgesteine bilden.

2) **D. durch Assimilation,** wobei durch Auflösung von Fremdmaterial im Magma dessen Chemismus verändert wird, was zur Bildung entsprechender Gesteine führt.

3) **D. durch leichtflüchtige Bestandteile.** Die im Magma gelösten leichtflüchtigen Bestandteile werden im Laufe der Erstarrung stark angereichert. Nach Bildung der Gesteine existiert eine Restschmelze, die durch hohen Gehalt an Wasser und anderen flüchtigen Stoffen nur geringe Viskosität besitzt. Es erfolgen Mineralbildungen in Hohlräumen der Tiefengesteine mit sehr großen Kristallen (**pegmatitische Phase**). Danach folgt die **pneumatolytische Phase,** bei der Kristallisationen aus überkritischen Gasen und Dämpfen (H_2O, Fluoride, Chloride u. a.) auftreten mit Quarz, Zinnstein, Molybdänglanz, Topas u. a. Die Absätze finden sich auf Spalten, auch metasomatische Veränderungen des Tiefengesteinskörpers (Bildung von Greisen) und des Kontaktgesteins treten ein. Durch freiwerdende Säuren ist die bewegliche Phase stark sauer. Die letzten Mineralabscheidungen bilden sich aus wäßrigen Lösungen (**hydrothermale Phase**). Dafür ist das Absinken der Temperatur unter die kritische Temperatur der Lösungen (unter 400 °C) notwendig. Die Lösungen sind alkalisch und enthalten Schwermetallsulfide. Sie wandern auf Spalten zur Erdoberfläche und setzen ihren Mineralgehalt darin ab oder reagieren mit karbonatischem Nebengestein (→ Metasomatose). Die Abschei-

dungen bestehen aus zahlreichen, meist sulfidischen Erzen und anderen Mineralen.

Differenz, in der Mathematik das Ergebnis der Subtraktion zweier Zahlen.

Diffluenz, in der Meteorologie eine Strömungssituation, bei der sich die horizontalen Temperaturgegensätze örtlich und zeitlich verkleinern. D. kann in der Atmosphäre sowohl bei richtungsdivergenter Strömung (→ Divergenz) als auch bei richtungskonvergenter Strömung (→ Konvergenz) eintreten.

difformes System, → disperses System.

diffuses Licht, zerstreutes Licht ohne einheitliche Strahlenrichtung, entsteht beispielsweise bei der Reflexion an rauhen Oberflächen und beim Durchgang durch trübe Medien (→ Streuung, → Tyndall-Phänomen).

Diffusion, die spontan eintretende Vermischung von Körpern, besonders von Gasen oder Flüssigkeiten, die unmittelbar miteinander in Berührung stehen, und der Konzentrationsausgleich in Lösungen, in denen Konzentrationsunterschiede bestehen. Ursache ist die Wärmebewegung der Moleküle, wodurch die Moleküle des einen Stoffes in den anderen Stoff hineinwandern, **diffundieren,** und umgekehrt. Auch feste Körper können ineinander diffundieren (z. B. Gold und Blei). Die Diffusionsgeschwindigkeit nimmt mit steigender Temperatur zu, mit steigendem Molekulargewicht ab. Die Stoffmenge, die je Zeiteinheit senkrecht durch die Flächeneinheit infolge D. hindurchtritt, ist dem Konzentrationsgefälle an dieser Fläche proportional (1. Ficksches Gesetz, 1855). Den Proportionalitätsfaktor nennt man **Diffusionskoeffizienten** oder **-konstante** *D.* Er ist bei Gasen von der Größenordnung 1 $cm^2 s^{-1}$, bei Flüssigkeiten $\approx$ 1 cm^2 je Tag, bei Festkörpern im allgemeinen kleiner als 10^{-5} cm^2 je Tag. Durch die im festen Zustand noch weit geringeren Diffusionsgeschwindigkeiten ergeben sich bei der Erstarrung von Metallegierungen z. T. sehr starke Konzentrationsunterschiede in den einzelnen Kristalliten. Diese Unterschiede lassen sich durch **Diffusionsglühen** (→ Glühen) weitgehend ausgleichen, jedoch nicht völlig beseitigen.

Die D. wird technisch z. B. bei der Isotopentrennung im Clusiusschen Trennrohr und in der **Diffusionspumpe** (→ Vakuumpumpe) ausgenutzt. In der Verfahrenstechnik werden Prozesse, die unter Ausnutzung der Diffusionsvorgänge verlaufen, als **Diffusionsprozesse** bezeichnet. Dazu zählen Destillation, Extraktion, Kristallisation, Lösen von festen Stoffen u. a.

Eine besondere Form der D. ist die → Thermodiffusion.

Diffusionspotential, Flüssigkeitspotential, elektrische Potentialdifferenz, die an der Phasengrenzfläche zweier Elektrolytlösungen von verschiedener Konzentration oder verschiedener Zusammensetzung auftritt.

Diffusionspumpen, → Vakuumpumpe.

Diffusionsthermoeffekt, die Umkehrung der → Thermodiffusion.

Diffusionsverfahren, → Isotopentrennung.

Diffusor, ein in Strömungsrichtung sich allmählich erweiternder Kanal, in dem die Strömung verzögert und damit die Geschwindigkeit erniedrigt wird. Hierbei erhöht sich der statische Druck, und man gewinnt einen Teil der Bewegungsenergie zurück. D.en werden angewendet bei Lüftern, in Windkanälen, Dampfturbinen und Strahlrohren.

Digerieren, Digestion, eine Methode der Extraktion, das Herauslösen eines Stoffes aus einem anderen mit heißem Lösungsmittel und anschließendes Dekantieren, d. h. vorsichtiges Abgießen der Lösung. Das D. wird z. B. bei der Gewinnung von ätherischen Ölen angewendet. Die dabei verwendeten Behälter nennt man **Digestoren.**

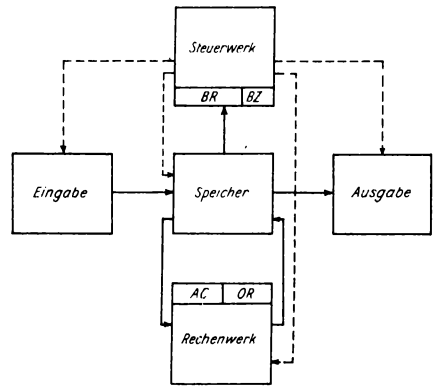
digital, svw. ziffernmäßig. Gegensatz: → analog.

Digital/Analog-Umsetzer, ein Gerät zur Umwandlung von digital dargestellten Informationen in analog dargestellte, z. B. von Ziffernfolgen in stetige Spannungen.

digitale Technik, svw. → Impulstechnik.

Digitalrechenautomat (Tafel 47), **Ziffernrechenautomat, Computer** [englisch], oft kurz **Rechenautomat** genannt, ein → Rechenautomat, der nach dem Prinzip eines → Digitalrechners arbeitet. Mit Hilfe von D.en ausreichender Größe lassen sich alle Aufgaben aus Mathematik, Naturwissenschaften, Technik, Wirtschaft, Sprachwissenschaft und anderen Bereichen lösen, deren Lösungsweg durch einen → Algorithmus beschrieben werden kann.

1) Prinzipieller Aufbau und Wirkungsweise. Der herkömmliche („klassische") D. ist in seiner logischen Struktur ähnlich aufgebaut wie ein Rechenbüro (Abb. 1). Über die *Eingabe* (im Rechenbüro Schreibpapier mit Aufgabenstellung und Eingangszahlen) werden die verschlüsselten Informationen, d. h. die Rechenanweisungen (Befehle) und die Eingangsdaten, als Ziffernfolgen in den *Speicher* (im Rechenbüro Schreibpapier für Zwischenergebnisse) gebracht. Das *Steuerwerk* (im Rechenbüro menschlicher Rechner) veranlaßt den D.en, Befehl für Befehl auszuführen, d. h. die entsprechenden Zahlen dem *Rechenwerk* (im Rechenbüro Tischrechenmaschine) zuzuleiten und die geforderten Operationen auszulösen. Speicher, Steuerwerk und Rechenwerk bilden zusammen die Zentral- oder Verarbeitungseinheit. Das nach dem letzten Rechenbefehl vorliegende Endergebnis wird — wieder gesteuert durch das Steuerwerk — der *Ausgabe* (im Rechenbüro Schreibpapier für Ergebnisse) anvertraut. Diese sämtlichen Vorgänge laufen in einem D. selbsttätig ab, nachdem der Mensch durch einen Startbefehl die Tätigkeit des Rechenautomaten freigegeben hat. Art und Reihenfolge der Befehle sind von der jeweiligen Aufgabe abhängig und werden vor der Rechnung auf Grund eines Rechenplanes vom Menschen bestimmt (→ Programmierung). Das so entstehende *Programm* ist für den automatischen Ablauf der Rechnung verantwortlich, D.en werden deshalb auch als **programmgesteuerte Rechenmaschinen** bezeichnet (→ Programmsteuerung). Zur Aufstellung des Programmes stehen in einem universellen D. im wesentlichen Verknüpfungsbefehle (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und logische Operationen), Speicher- oder Transportbefehle, Sprungbefehle, Verschiebebefehle und Adreßmodifikationsbefehle zur Verfügung. Diese Programm-

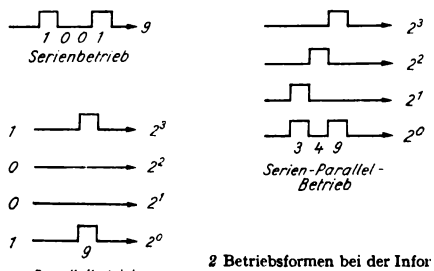


1 Prinzipieller Aufbau eines Digitalrechenautomaten: *BR* Befehlsregister, *BZ* Befehlszähler, *AC* Akkumulator, *OR* Operandenregister

befehle sowie weitere, von außen im allgemeinen nicht beeinflußbare Steuerbefehle werden von speziellen Schaltungen ausgeführt. Ihre Untersuchung erfolgt in der → Schaltalgebra.

Als technische Bauelemente werden vor allem Transistoren, Dioden und Ferritkerne, nur noch selten auch Röhren und Relais verwendet (vgl. Tab.). Näheres über die Hauptteile des D.en in Abschn. 3).

2) Informationsdarstellung. Die in den D.en einzugebenden Informationen liegen zunächst als Zahlen, Buchstaben, Satzzeichen und andere Symbole vor. Ihre technische Darstellung im Innern des D.en durch jeweils ein Signal ist nicht möglich, da schon für die Dezimalziffern zehnwertige Signale nötig wären. Entsprechend den technischen Möglichkeiten werden zweiwertige (binäre), in seltenen Fällen dreiwertige (ternäre) → Signale verwendet. Dem Eins- oder L-Signal (z. B. „Spannung vorhanden") entspricht die Binärziffer 1, dem Null-Signal (z. B. „Spannung nicht vorhanden") die Binärziffer 0 (→ Binärsystem). Die Informationen werden dann durch Kombinationen solcher Binärsignale dargestellt. Die Signale werden einzeln nacheinander auf einem Kanal (*Serienbetrieb*, Abb. 2) oder gleichzeitig auf mehreren Kanälen übertragen und verarbeitet (*Parallelbetrieb*, Abb. 2). Der Serienbetrieb gestattet den Aufwand niedrig zu halten, der Parallelbetrieb ermöglicht eine hohe Arbeitsgeschwindigkeit.



2 Betriebsformen bei der Informationsdarstellung

Die umfangreichste Kombination von Binärziffern, die in einem D. zusammenhängend gespeichert, transportiert und verarbeitet werden kann, ist ein *Wort* (mitunter auch ein Mehrfachwort). Die Wortlänge ist vom Typ des Rechenautomaten abhängig; sie liegt bei universellen D.en im allgemeinen zwischen 24 und 56 bit. Ein Wort kann aus mehreren *Zeichen* bestehen, die jeweils eine Dezimalziffer, einen Buchstaben oder ein anderes Symbol darstellen. Diese Zeichen sind ihrerseits wieder binär verschlüsselt.

Ein *numerisches Wort*, d. h. eine Zahl, wird innerhalb des D.en meist als Dualzahl (→ Dualsystem), mitunter auch als Dezimalzahl (→ Dezimalsystem) verschlüsselt. Im zweiten Fall sind die Dezimalziffern ihrerseits in einem Binärcode, z. B. im Dual- oder Drei-Exzeß-Code, dargestellt (→ Code). Diese Codierungsart erfordert mehr bits und mehr Aufwand für die Rechenoperationen, vermeidet aber die Umwandlung der gesamten Zahl in den Dual-Code. Bei ihr wird oft der Serien-Parallel-Betrieb angewendet (Abb. 2), d. h. die Zeichen werden nacheinander, jedes ihrer binären Code-Elemente jedoch in einem eigenen Kanal gleichzeitig übertragen und verarbeitet. Die Dezimalzahl 349, 125 z. B. hat als Dualzahl die Gestalt 101011101,001, im Dezimal-Dual-Code dagegen die Form (0011)(0100) (1001), (0001) (0010)(0101). Die Vierergruppen heißen *Tetraden*; die Werte 1010 bis 1111 werden zur Darstellung hier nicht benutzt (*Pseudotetraden*). Das Intervall zwischen der größten und der kleinsten darstellbaren Zahl ist der *Zahlenbereich*. Bei *Festkomma-Darstellung* wird mit den Zahlen so operiert, als stünde das Komma an einer festen Stelle; bei *Gleitkomma-Darstellung* wird die Zahl in $x \cdot b^y$ zerlegt und nur noch x und y angegeben, z. B. für $b = 10$: $0{,}349125 \cdot 10^3 \triangleq 0{,}349125/3$. Diese halblogarithmische Darstellung ist für das Rechnen mit Zahlen bedeutend flexibler. Bei einem *alphanumerischen Wort*, d. h. einem Wort, das auch aus Buchstaben und Satzzeichen bestehen kann, umfaßt ein Zeichen eine Hexade, eine Heptade oder eine Oktade, je nachdem ob 2^6, 2^7 bzw. 2^8 Symbole dargestellt werden müssen. Beispiele sind Lochkarten-Codes und Fernschreib-Codes (→ Telegrafie). Alphanumerische Informationsverarbeitung ist vor allem bei Sprach- und Formelübersetzungen wesentlich.

Ein *Befehlswort* besitzt eine speziellere und vom Rechenautomatentyp abhängige Struktur. Hauptbestandteile sind der Operationsteil und der Adreßteil. Der *Operationsteil* legt fest, welche Operation (z. B. Addition, Transport, Sprung) ausgeführt werden soll; der *Adreßteil* bestimmt, welche Speicherzellen während der Ausführung des Befehls aufzurufen sind. Die *Adresse* selbst ist ein Symbol zur Kennzeichnung eines bestimmten Speicherplatzes, in dem ein Wort oder ein Teilwort aufbewahrt werden kann. Bei einer Speicherkapazität von $2^{12} = 4096$ Wörtern sind die Adressen z. B. die ganzen Zahlen zwischen 0 und 4095 oder die entsprechenden 12stelligen Dualzahlen. Ferner kann das Befehlswort Stellen für die Adressenänderung (→ Programmierung) und für besondere Kennzeichen enthalten. Besteht der Adreßteil nur aus einer einzigen Adresse, spricht man von einem *Einadreß-Befehl*. Der

Befehl	Add	+ I_3	3081

z. B. bedeutet: Addiere den Inhalt der Speicherzelle mit der um den Inhalt $\langle I_3 \rangle$ der Speicherzelle I_3 (Indexregister) erhöhten Adresse 3081 zu der bereits in dem Rechenwerk stehenden Zahl (ein *Indexregister* dient zur Zählung von Programmdurchläufen und zur Veränderung von Adressen in Befehlen). Eine vollständige Anweisung der Form „Addiere die Inhalte der Speicherzellen mit den Adressen A_1 und A_2, bringe das Ergebnis in Zelle A_3 und fahre bei positivem Ergebnis mit dem Befehl in der nächstfolgenden Zelle S, bei negativem Ergebnis mit dem Befehl in der Zelle T fort" wird in eine Folge von Einzelanweisungen aufgelöst: Bringe $\langle A_1 \rangle$ ins Rechenwerk, addiere $\langle A_2 \rangle$, bringe das Ergebnis nach A_3, springe unter der Bedingung eines negativen Ergebnisses nach T (andernfalls wird automatisch der nächstfolgende Befehl genommen).

Durch die Aufnahme einer Kombination der erwähnten Adressentypen (z. B. der 2 Operandenadressen A_1 und A_2 (→ Operand) und der Ergebnisadresse A_3) in den Adreßteil eines Befehls gelangt man zu *Zwei-*, *Drei-*, *Vier-* und *Fünfadreß-Befehlen*. Die meisten D.en arbeiten im Einadreß-Befehlssystem, einige wenige auch im Zweiadreß- oder im Dreiadreß-System.

Die für einen D.en sinnvollen Befehle und die zugehörigen Codierungen sind in der *Befehlsliste* zusammengestellt. Für die Befehlsverschlüsselung wird manchmal das → Oktalsystem verwendet. Der als Beispiel angegebene Einadreß-Befehl würde dann z. B. lauten:

0	5	1	2	6	0	1	1

denn $(3081)_{10} \triangleq (6011)_8$. Mitunter umfaßt ein Befehl nur ein halbes oder ein drittel Wort, so daß ein Befehlswort 2 bzw. 3 Einzelbefehle enthält.

3) Aufbau der Hauptteile des D.en. a) Die **Eingabegeräte** sind → Peripheriegeräte zur Kommunikation mit der Außenwelt und ermöglichen es, dem D.en die Daten und Befehle mitzuteilen. Die wichtigsten Eingabegeräte sind Tastaturen, Stecktafeln, Lochkartenleser (bei

mechanischer Abtastung 8 bis 16 Karten/s Eingabegeschwindigkeit), Lochstreifenleser (mechanisch: 5 bis 30 Zeichen/s, pneumatisch: 50 bis 100 Zeichen/s, photoelektrisch: 100 bis 1000 Zeichen/s) und Fernschreiber. Bei der Eingabe muß gegebenenfalls die *Konvertierung* erfolgen (meist vom Dezimal- ins Dualsystem). Man versteht darunter die Überführung der Daten von einem Code in einen anderen. Zur Anpassung der geringen Arbeitsgeschwindigkeit der Eingabegeräte an die Arbeitsgeschwindigkeit der Zentraleinheit (vgl. Abschn. 1) werden häufig Pufferspeicher zwischengeschaltet.

b) Der **Speicher** dient zur Aufbewahrung von Informationen. Er nutzt das bistabile Verhalten verschiedener Substanzen oder Schaltungen aus und kann nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt werden. Näheres über die Speicherung der Informationen und über technische Einzelheiten → Speicher.

c) Das **Steuerwerk** oder **Leitwerk** leitet sämtliche Vorgänge im D.en. Es steuert die ordnungsgemäße Eingabe der Befehle und Daten in den Speicher, wobei meist noch eine Umschlüsselung der Daten vom externen in den internen Code erforderlich ist (Konvertierung). Vor dem Start

Kenndaten einiger serienmäßig gefertigter Digitalrechenautomaten

Name	Herstellerland	erste Auslieferung	Bauelemente	Rechengeschwindigkeit (Operationen/s)	Speichertyp (maximale Kapazität)	Eingabe	Ausgabe
ZRA 1	DDR	1960	Ferritkerne, Dioden, Röhren	150	Magnettrommelspeicher (4096 Wörter)	Lochkarten	Streifendrucker
D 4a	DDR	(1965)	Transistoren	150	Magnettrommelspeicher (4096 Wörter)	Lochstreifen	Streifendrucker, Blattschreiber, Lochstreifen
ROBOTRON 300 (Abb. 3)	DDR	1968	Transistoren	1000	Kernspeicher (40000 Zeichen), Magnettrommelspeicher (400000 Zeichen), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten Lochstreifen, Zeilendrucker
URAL 2	UdSSR	1959	Röhren, Dioden	3000	Kernspeicher (2048 Wörter), Magnettrommelspeicher (8192 Wörter), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker
MINSK 22	UdSSR	1965	Transistoren	6000	Kernspeicher (8192 Wörter), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker, Blattschreiber
ZAM-41	Polen	1964	Transistoren	15000	Kernspeicher (32768 Wörter), Magnettrommelspeicher, Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Blattschreiber, Zeilendrucker
Z 25	Westdeutschland	1964	Transistoren	1000	Kernspeicher (16384 Wörter), Magnettrommelspeicher (17664 Wörter), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker, Blattschreiber
TR 10	Westdeutschland	1964	Transistoren	2000	Kernspeicher (80000 Zeichen), Magnettrommelspeicher ($1{,}4 \cdot 10^6$ Zeichen), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker
GAMMA M 40	Frankreich	1965	Transistoren	10000	Kernspeicher (32768 Wörter), Magnettrommelspeicher (32768 Wörter), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker
ELLIOT 503	Großbritannien	1963	Transistoren	50000	Kernspeicher (131072 Wörter), Magnetbandspeicher, Filmbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker, Blattschreiber
IBM 1130	USA	1966	Transistoren	50000	Kernspeicher (8000 Wörter), Magnetplattenspeicher (512000 Wörter)	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker
UNIVAC 1108	USA	1965	integrierte Schaltkreise, Transistoren	800000	Kernspeicher (130000 Wörter), Magnettrommelspeicher (786000 Wörter), Großraumtrommel ($22 \cdot 10^6$ Wörter), Magnetbandspeicher	Lochkarten, Lochstreifen	Lochkarten, Lochstreifen, Zeilendrucker

des Programmablaufes (Einadreß-Befehle vorausgesetzt) wird die Adresse des ersten Befehls in den Befehlszähler gebracht. Das Steuerwerk steuert dann den Programmablauf wie folgt: Der erste Befehl wird dem *Befehlsregister* zugeführt und dort entschlüsselt, daraus werden entsprechende Steuersignale abgeleitet. Aus dem Operationsteil kann der D. entnehmen, ob es ein Rechen-, ein Transport- oder ein Sprungbefehl ist. Entsprechend dem Adreßteil wird bei einem Rechenbefehl die Speicherzellenauswahl vorgenommen und die Speicherzelle gelesen, das Wort in das Rechenwerk transportiert und die Rechenoperation gegebenenfalls mit dem Inhalt eines Operandenregisters ausgelöst. Bei Transportoperationen Speicher ⟶ Rechenwerk läuft bis auf die Operationsauslösung der gleiche Vorgang ab, bei Transporten Rechenwerk ⟶ Speicher oder Rechenwerk ⟶ Ausgabegerät sinngemäß der umgekehrte Prozeß. Gleichzeitig mit der Befehlsausführung wird der Inhalt des *Befehlszählers* um eins erhöht, so daß dann die Adresse des nächsten Befehls ansteht. Dagegen wird bei einem Sprungbefehl sein Adreßteil in den Befehlszähler übertragen. Dieser Sprung kann bedingungslos ausgeführt werden (*unbedingter Sprung*) oder aber nur bei Erfüllung einer bestimmten Bedingung (*bedingter Sprung*), z. B. Akkumulatorinhalt (s. u.) negativ. Dann wird der Befehl aus der Zelle mit der im Befehlszähler stehenden Adresse im Befehlsregister aufgestellt und so fort, bis ein Stopbefehl den Ablauf beendet. Die Befehle des Programms werden also in der gespeicherten oder in der von den Sprungadressen angegebenen Reihenfolge abgearbeitet. Bei flexiblen Rechenwerken löst das Steuerwerk keine autonome Rechenoperation, sondern jeweils den Ablauf eines meist verdrahteten Programms von Mikrobefehlen aus. Eine solche *Mikroprogrammsteuerung* gestattet, aus wenigen, einfachsten Befehlen ein umfangreiches Makrobefehlsspektrum aufzubauen.

d) Das **Rechenwerk** hat die Aufgabe, die programmierbaren arithmetischen und logischen Operationen auszuführen. Meist sind nur die Addition und einige logische Operationen, wie *Union*, *Intersektion*, *Komplementbildung*, die in der bitweisen Disjunktion, Konjunktion bzw. Negation bestehen (→ Schaltalgebra), und Wortverschiebungen fest verdrahtet. Kompliziertere Rechenoperationen (Multiplikation, Subtraktion u. ä.) werden auf diese zurückgeführt. Es gibt Parallel- und Serienrechenwerke; Parallelrechenwerke sind rechenzeitsparend, Serienrechenwerke aufwandsparend. Dem eigentlichen Rechenwerk sind *Register*, d. h. Schnellspeicherzellen von Wort- oder Doppelwortlänge, zum Aufnehmen der Operanden beigefügt. Das wichtigste Register ist der *Akkumulator*, der vor der Operation einen Operanden und nach der Operation das Ergebnis speichert. Dadurch kann mit dem Ergebnis sofort weitergerechnet werden.

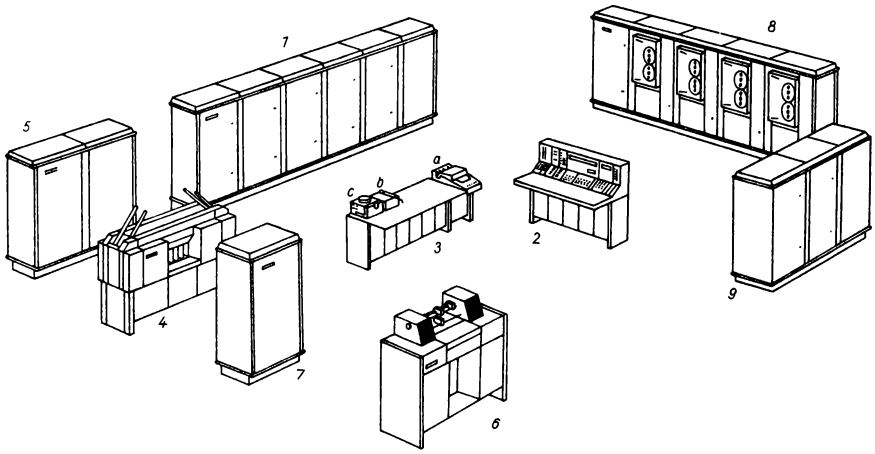
e) Die **Ausgabegeräte** sind wie die Eingabegeräte → Peripheriegeräte zur Kommunikation mit der Außenwelt. Sie dienen der Sichtbarmachung von Zwischen- und Endergebnissen (Daten und Befehle). Die wichtigsten Ausgabegeräte sind Schreibmaschinen (10 bis 12 Zeichen/s), Schnelldrucker (Zeilendrucker mit 10 bis 30 Zeilen/s), Lochkartenstanzer (3 bis 10 Zeichen/s), Lochstreifenstanzer (5 bis 100 Zeichen/s) und Blatt-Fernschreiber. Bei der Zusammenarbeit mit der Zentraleinheit treten die entsprechenden Probleme wie bei den Eingabegeräten auf.

Die Rechengeschwindigkeit eines D.en hängt einmal von der Operationsgeschwindigkeit des Rechenwerkes und zum anderen von der Zugriffszeit der Speicher ab. Die Rechengeschwindigkeiten moderner D.en variieren im Bereich von 100 bis einige Millionen Operationen/s (vgl. Tab.) Eine grobe Abschätzung der mittleren Rechenzeit erhält man aus der Multiplikationszeit t_M und der Additionszeit t_A, indem man den Bruch $\frac{t_M + 2t_A}{3}$ bildet. Die effektive Rechengeschwindigkeit für eine Aufgabe hängt wesentlich vom Verhältnis Nutzbefehle zu Organisationsbefehlen ab. Die Logik des Rechenautomaten und das Programm müssen daher versuchen, die Zahl der organisatorischen Befehle (z. B. Zahlentransporte) zu reduzieren.

4) Moderne Entwicklungstendenzen für D.en. Voraussetzungen für hohe Leistungen von D.en sind hohe Speicherkapazität, hohe Rechengeschwindigkeit, hohe logische Flexibilität (Anpassungsfähigkeit im Hinblick auf Programmierung und Programmablauf) und hohe Kompatibilität (Verträglichkeit mit anderen, verwandten Geräten im Hinblick auf elektrischen Anschluß und Programmierung). Als Speicherelemente werden Tunneldioden, Kryotrons (sie arbeiten bei einigen °K unter Ausnutzung der Supraleitfähigkeit) und dünnste magnetische Schichten verwendet (*Dünnschichtspeicher*; *Magnetdrahtspeicher* als Weiterentwicklung des Kernspeichers, wobei dünnfilmtragende Kupfer-Beryllium-Drähte ganze Ferritkernreihen ersetzen). Äußerst dünne magnetische Schichten erlauben Schaltzeiten im Nanosekundenbereich und sehr hohe Informationsdichten. In diesem Zeitbereich können die Laufzeiten der Signale nicht mehr vernachlässigt werden. Aus diesem Grunde und auch infolge der oft notwendigen Volumenbeschränkung tendiert die Entwicklung zur Miniaturisierung der herkömmlichen Bauelemente und ihrer räumlichen Anordnung (Mikromodultechnik), zur Realisierung von ganzen (integrierten) elektronischen Schaltungen in einem kompakten Medium durch Oxydation, Dotierung und Aufdampfen dünner Schichten (Festkörper- und Dünnfilmtechnik), zur Ausnutzung von Elementarprozessen im atomaren Bereich für die Darstellung logischer Funktionen (Molekularelektronik) und zur Verwendung von Licht als Informationsträger. Die effektive Rechengeschwindigkeit läßt sich noch weit über die technischen Grenzen hinaus erhöhen, wenn es durch konstruktive Maßnahmen und geeignete Programmierung (*Parallelprogrammierung*) ermöglicht wird, das gleichzeitige Arbeiten verschiedener Einheiten einer Rechenanlage (*Simultanverarbeitung*) und die Ausnutzung von Wartezeiten solcher Einheiten für die Abarbeitung anderer Programme oder Programmteile (*Zeitschachtelung*, *Zeitmultiplex*) zu erreichen. Dazu muß der D. mit einer Vorrangsteuerung ausgerüstet sein, die es gestattet, einen Programmablauf zu unterbrechen und vorrangig auszuführende Operationen einzuleiten. Eine hohe Flexibilität der Zentraleinheit erreicht man, wenn das Mikroprogramm nicht verdrahtet, sondern (intern) programmiert wird.

5) Anwendung: D.en wurden zunächst nur zur Lösung wissenschaftlich-technischer Probleme eingesetzt (→ Rechentechnik), z. B. zur Bildung des arithmetischen Mittelwertes einer Menge von Zahlen, zur näherungsweisen Berechnung von Funktionswerten, zur Lösung von Gleichungssystemen und Differentialgleichungen, zur numerischen Integration und zu baustatischen Berechnungen. Seit den sechziger Jahren werden den D.en jedoch völlig neue Anwendungsgebiete erschlossen. Dies wurde ermöglicht durch die technische Vervollkommnung der D.en (z. B. hohe Speicherkapazitäten zur Auswertung großer Datenmengen, → Datenverarbeitung), durch Mathematisierung und Algorithmisierung vieler „unmathematischer" Probleme sowie durch Entdeckung rationaler Gesetze in Vorgängen, die

den Kategorien des „Schöpferischen" oder des „Irrationalen" zugeordnet wurden. Beispiele für moderne Anwendungen von D.en sind Berechnungen im Finanzwesen, Betriebsabrechnungen, Steuerung und Regelung von Produktionsprozessen (→ Prozeßrechner), komplexe Verkehrssteuerungen (Eisenbahn-, Straßen-, Flugverkehr), Flugbahnkontrolle und -korrektur von Raketen und künstlichen Erdsatelliten, Verwendung als Bordrechner für Raumfahrzeuge, Auffinden von Gesetzmäßigkeiten durch Auswertung umfangreicher Beobachtungsergebnisse, weiträumige und langfristige Wettervorhersagen, Analyse und Synthese von Schaltkreisen, Simulation von in Entwicklung befindlichen D.en auf anderen D.en, automatisches Auswerten, Abspeichern und Wiederauffinden von wissenschaftlichem Schrifttum (automatische Bibliothek), automatische Briefverteilung (automatisches Postamt), Sprachübersetzung wissenschaftlich-technischer Texte (→ Maschinenübersetzung), Stellen von medizinischen Rohdiagnosen (→ Computerdiagnostik), Durchführung von Marktanalysen, Ausführung von strategischen und anderen Spielen (Unternehmensforschung, Schachspiel, → Spieltheorie), Beweis mathematischer Sätze, Verwendung als lehrende Automaten zur weitgehenden Entlastung des Lehrers, Nachbildung von Lernvorgängen, Komposition von Musikstücken.



3 Elektronische Datenverarbeitungsanlage ROBOTRON 300 (mittlere Ausbaustufe). *1* Zentraleinheit mit Stromversorgung, *2* Bedientisch, *3* Maschinentisch (*a* Schreibmaschine, *b* Lochstreifenleser, *c* Lochstreifensender), *4* Lochkarten-Lese-Stanzeinheit, *5* Ein- und Ausgabepuffer für Lochkarten-Lese-Stanzeinheit, *6* Paralleldrucker, *7* Druckpuffer, *8* Magnetbandeinheiten, *9* Zusatzspeicher mit Steuergerät und Stromversorgung

Geschichtliches: → Rechenautomat.

Lit. Kämmerer: Ziffernrechenautomaten (3. Aufl. Berlin 1963); Kitow, Krinizki: Elektronische Digitalrechner und Programmierung (dtsch Leipzig 1962); Murphy: Elektronische Ziffernrechner (dtsch Berlin 1965); Rechenberg: Grundzüge digitaler Rechenautomaten (München, Wien 1964); Speiser: Digitale Rechenanlagen (2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York 1965).

Digitalrechner, Ziffernrechner, ein Gerät zur Lösung mathematisch beschreibbarer Aufgaben, in dem die Rechengrößen ziffernmäßig (digital) dargestellt sind und ihre Verknüpfung nach logischen Gesetzen geschieht (im Gegensatz zum → Analogrechner). Erfolgt die Lösung selbsttätig, so handelt es sich um einen → Digitalrechenautomaten. Andere D. sind z. B. die mechanischen und elektromechanischen → Rechenmaschinen.

Dihydroxyazeton, abg. **DHA,** $HO—CH_2—CO—CH_2—OH$, ein Monosacharid (F. etwa 80 °C). Man erhält es durch Oxydation von Glyzerin im Gemisch mit Glyzerinaldehyd. Es bildet durch Reaktion mit den freien Aminogruppen der Eiweißkörper der Haut braune Verbindungen und wird deshalb in der kosmetischen Industrie als Zusatz zu Präparaten verwendet, die auf der Haut eine Bräunung ohne Einwirken von UV-Strahlung hervorrufen.

Dihydroxybenzole, die drei isomeren zweiwertigen Phenole → Brenzkatechin, → Hydrochinon und → Resorzin.

Dikarbonsäuren, → Karbonsäuren.

Diktiergerät, ein elektroakustisches Schallspeichergerät zur Aufnahme und Wiedergabe gesprochener Mitteilungen. Moderne D.e arbeiten meist nach dem → Magnettonverfahren. Sie bestehen im wesentlichen aus dem Mikrophon, das die Schallschwingungen aufnimmt, und dem Magnettongerät mit dazugehörigem Kopfhörer oder Lautsprecher, mit dem der aufgenommene Text beliebig oft abgehört werden kann. Fernbedienung oder Fußschalter erleichtern die Bedienung des Gerätes. Der Text kann wieder gelöscht werden. Neuere Ausführungen ermöglichen in Verbindung mit einer Fernsprechanlage die Aufzeichnung von Mitteilungen über jeden angeschlossenen Fernsprechapparat (Telefon-Diktiergerät) oder einer telefonischen Mitteilung bei unbesetztem Fernsprechanschluß.

Dilatation, 1) die Ausdehnung eines Körpers durch äußere Kräfte oder durch Wärme. Gegensatz: Kontraktion und Kompression.

2) **Zeitdilatation,** → Lorentz-Transformation.

Dilatationswellen, → Erdbeben.

Dilatometer, ein Gerät zur Feststellung der thermischen Ausdehnung flüssiger und fester Körper sowie zur Bestimmung der Umwandlungstemperaturen von Metallen und Legierungen. Bei flüssigen Körpern verwendet man im einfachsten Falle ein Röhrchen mit einer Skale am Hals eines Meßfläschchens. Bei flüssigen Körpern, Metallen und Legierungen ist das D. oft als Differentialmeßgerät ausgebildet, wobei mit einem Vergleichskörper aus Porzellan, Quarzglas, Chronin, Kupfer oder Aluminium gearbeitet wird.

Diluvium, → Quartär.

Dimension, Ausdehnung. 1) Geometrie: Ein Körper, d. h. ein Teil des Raumes, dehnt sich in drei zueinander senkrechten Richtungen aus, er ist dreidimensional; eine Fläche, als Teil der Begrenzung eines Körpers, hat zwei D.en; eine Linie ist eindimensional, sie dehnt sich nur in

einer Richtung aus; ein Punkt ist ohne jede Ausdehnung, von „nullter D.".

In der höheren Mathematik definiert man auch höherdimensionale Räume, die zwar der Anschauung nicht mehr zugänglich, aber denkmöglich sind und z. B. in der theoretischen Physik eine wichtige Rolle spielen. Allgemein heißt ein geometrisches Gebilde bzw. ein (mathematischer) Raum n-dimensional, wenn n Größen (Koordinaten) zur Bestimmung der Lage eines Punktes des Gebildes bzw. des Raumes notwendig sind.

2) Physik: ein Qualitätsmerkmal, das dazu dient, den Zusammenhang einer physikalischen Größe mit den Grundgrößenarten darzulegen. Als Zeichen werden große Antiqua-Buchstaben benutzt, z. B. L für Länge, M für Masse, T für Zeit. Für die kinetische Energie gilt die Definitionsgleichung $E_k = \frac{m\,v^2}{2}$ (m = Masse, v = Geschwindigkeit), ihre D. ist L^2MT^{-2}; für die potentielle Energie dagegen gilt die Definitionsgleichung $E_p = Fs$ (F = Kraft, s = Weg), ihre D. ist L^2MT^{-2}, d. h. die D. ist für artgleiche Größen die gleiche. Zahlenwerte beeinflussen die D. nicht, da allein die Qualität entscheidend ist.

Dimeres, ein Polymeres aus zwei Grundmolekülen.

Dimethylbenzole, svw. → Xylole.

Dimethylglyoxim, svw. → Diazetyldioxim.

Dimethylketon, svw. → Azeton.

Dimethylsulfat, Schwefelsäuredimethylester, $(CH_3O)_2SO_2$, eine farblose, brennbare, giftige Flüssigkeit (Kp. 188,5 °C). D. wird aus rauchender Schwefelsäure und Methanol, neuerdings aus Dimethyläther und Schwefeltrioxid hergestellt und ist ein wichtiges Methylierungsmittel.

Dimorphie, die Erscheinung, daß ein Stoff in zwei verschiedenen Kristallformen vorkommt, z. B. Kohlenstoff im regulären Kristallsystem als Diamant und im hexagonalen Kristallsystem als Graphit. Die D. ist ein spezieller Fall der Polymorphie.

DIN, ursprünglich Abk. für Deutsche Industrie-Norm, später Abk. für „Das ist Norm", jetzt nur noch Symbol für Vereinheitlichungsergebnisse des Deutschen Normenausschusses (abg. DNA), eines in Westberlin eingetragenen Vereins. DIN sind Standards mit empfehlendem Charakter für den Geltungsbereich Westdeutschland und Westberlin.

Dinant, → Karbon.

Dinitrokresol, 4,6-Dinitro-o-kresol, $CH_3{-}C_6H_2(NO_2)_2OH$, gelbe Prismen (F. 87,5 °C). D. dient in Form seiner wasserlöslichen Salze als Schädlingsbekämpfungs- und Holzimprägnierungsmittel.

Diode, ein elektrisches Bauelement mit zwei Elektroden und einem stromrichtungsabhängigen Widerstand. D.n werden in den meisten Fällen zur Gleichrichtung von Wechselströmen verwendet, aber sie können auch zur Modulation und Demodulation, zur Begrenzung und Stabilisierung von Spannungen, zur Schwingungserzeugung und Verstärkung, zur Umwandlung von Lichtsignalen in elektrische Signale, zur Abstimmung von Schwingkreisen sowie als elektronische Schalter dienen. Ausführungsformen der D. sind z. B. Hochvakuumdioden (→ Elektronenröhre), Halbleiterdioden (Germanium- und Siliziumdioden, → Stromrichter), Dioden mit Gasfüllung (Quecksilberdampfgleichrichter).

Diodengleichrichtung, → Demodulation.

Diole, svw. → Glykole.

Diolefine, svw. → Diene.

Diolen, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Diopsid, ein → Augit.

Diopter, eine Zielvorrichtung, die heute noch vereinzelt an Vermessungsgeräten niedriger Genauigkeit zu finden ist. Sie besteht meist aus einer Lochblende und einem vertikal in einem Rahmen eingespannten Faden (entsprechend z. B. Kimme und Korn beim Gewehr).

Dioptrie, Kurzz. **dpt,** früher **dptr,** die Einheit der Brechkraft optischer Systeme, der Kehrwert der in Metern gemessenen Brennweite f, also $\frac{1}{f}$ = Brechkraft (in dpt). Eine Linse mit der Brennweite 1 m hat demnach eine Brechkraft von 1 dpt, eine Linse mit der Brennweite 2 m eine Brechkraft von 0,5 dpt. Je kürzer die Brennweite, desto größer die Zahl der D.n.

Diorit, ein Tiefengestein, das im wesentlichen aus Plagioklas und Hornblende besteht. In größeren Mengen treten **Quarzdiorite** auf. Sie enthalten an Stelle von Hornblende Biotit oder beide Minerale (z. B. **Tonalit,** in alpinen Vorkommen) und leiten durch zunehmenden Gehalt an Orthoklas **(Granodiorit)** zum Granit über. Je granitähnlicher, um so häufiger ist das Vorkommen der dioritischen Gesteine. Der D. wird als Ornamentstein, Pflasterstein und Schotter verwendet. Chemisch entspricht D. den Ergußgesteinen Andesit und Porphyrit, Quarzdiorit dem Dacit.

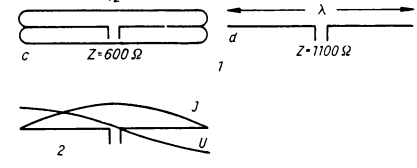
Diphenyl, Biphenyl, $C_6H_5{-}C_6H_5$, ein aromatischer Kohlenwasserstoff. D. kristallisiert in farblosen Blättchen (F. 70,5 °C). Es wird aus Steinkohlenteer gewonnen und dient vor allem als Heizbadflüssigkeit.

Diphenylamin, Phenylanilin, $(C_6H_5)_2NH$, ein sekundäres Amin. D. bildet farblose Kristalle (F. 54 °C). Technisch gewinnt man D. durch Erhitzen von Anilin und Anilinhydrochlorid oder Chlorbenzol. Verwendet wird es in der Farbenchemie sowie in der analytischen Chemie zum Nachweis von Oxydationsmitteln.

Diphenylhydrazin, svw. → Hydrazobenzol.

Diplexer, → Rundfunktechnik, Abschnitt 1.

Dipol, eine Anordnung von zwei punktförmigen, gleich großen elektrischen Ladungen entgegengesetzten Vorzeichens Q_+ und Q_- **(elektrischer D.)** oder zwei gleich starken Magnetpolen entgegengesetzten Vorzeichens p_+ und p_- **(magnetischer D.)** im Abstand l voneinander. Als **Dipolmoment** bezeichnet man das Produkt $Q \cdot l$ (elektrisches Moment) oder $p \cdot l$ (magnetisches Moment). Ein D. ist die einfachste Form eines Multipols



1 Dipol-Empfangsantennen mit verschiedenem Fußpunktwiderstand Z: *a* Halbwellendipol, *b* Faltdipol, *c* Doppelfaltdipol, *d* Ganzwellendipol. *2* Strom-Spannungsverteilung eines Halbwellendipols: J Stromstärke, U Spannung

(→ Ladung). Viele Moleküle stellen infolge der ungleichmäßigen Verteilung ihrer Elektronen natürliche elektrische D.e dar; die zugehörigen Dipolmomente sind sehr klein und werden in Debye gemessen. Die Dielektrizitätskonstante einer aus Dipolmolekülen aufgebauten Substanz nimmt mit wachsender Temperatur infolge der zunehmenden Wärmeschwingungen ab. Natürliche magnetische D.e sind die meisten Atomkerne, → magnetomechanischer Parallelismus.

Ändert ein D. periodisch mit der Zeit sein Dipolmoment, so wird dabei eine elektromagne-

tische Welle ausgestrahlt. Das wird in der Funktechnik angewendet, in der der D. als Antenne **(Dipolantenne)** vom Kurzwellen- bis zum Mikrowellenbereich dient. Ein solcher D. ist eine besondere Form eines Schwingkreises, ein zweipoliger drahtförmiger Leiter, wobei Kapazität und Induktivität längs des Leiters verteilt sind. Die Länge des D.s wird bestimmt durch die Wellenlänge und muß etwa $\lambda/2$ **(Halbwellendipol)** oder ein Mehrfaches davon betragen. Die Anschaltung des Senders oder Empfängers erfolgt meist in der Mitte (Fußpunkt) des Dipolleitungsstückes, so daß dieses nach beiden Seiten eine Länge von $\lambda/4$ besitzt. Die von einer D.-Sendeantenne ausgestrahlten Wellen sind so gerichtet (polarisiert), daß das elektrische Feld parallel zum D. verläuft. Zum UKW-Empfang werden auf die Frequenz des Senders abgestimmte D.e verwendet, die aus dem Empfangsfeld die höchste Energie entziehen. Es gibt verschiedene Ausführungen der D.-Empfangsantenne. Diese sind in ihrer Empfangsleistung gleich, sie unterscheiden sich nur in ihrem Fußpunktwiderstand Z, der für die Anpassung an das Kabel von Bedeutung ist. Bei Anordnung von Reflektoren und Direktoren steigt die Empfangsleistung, der Fußpunktwiderstand sinkt (Yagiantenne).

Diracsche Theorie, eine von dem englischen Physiker Dirac aufgestellte Theorie der Atomphysik, die die Quantenmechanik von Heisenberg und Schrödinger mit den Grundlehren der speziellen Relativitätstheorie verknüpft. Ihre mathematische Formulierung gründet sich auf die **Diracsche Wellengleichung.** Die D. T. liefert ohne weitere Zusatzannahmen den Elektronenspin (→ Spin) und das magnetische Moment des Elektrons; sie sagte auch die Existenz eines positiven Elektrons voraus, das dann später als Positron experimentell gefunden wurde (→ Löchertheorie). Ursprünglich nur für das Elektron aufgestellt, wurde die D. T. später auch auf Proton und Neutron bzw. überhaupt auf Elementarteilchen mit halbzahligem Spin angewandt. Dadurch ergaben sich Hinweise auf die mögliche Existenz eines Antiprotons und Antineutrons (→ Antiteilchen).

Direktfarbstoffe, substantive Farbstoffe, synthetische Farbstoffe, die auf pflanzlichen Fasern (z. B. Baumwolle, Zellwolle), z. T. auch auf tierischen Fasern aus neutralem oder schwach alkalischem Bade ohne vorherige Beize aufziehen. Die Farbechtheit kann durch Nachbehandeln mit Metallsalzen (z. B. Kupfer- und Chromsalze) verbessert werden. Zu den D.n gehören eine große Anzahl von Azofarbstoffen. Der erste 1884 von Böttiger synthetisch hergestellte Direktfarbstoff war das Kongorot.

Direktionskraft, → Richtgröße.

Direktor, sekundäres Element einer Antenne, das in einem bestimmten Abstand von dem Dipol in Strahl- oder Empfangsrichtung angeordnet ist. D.en bestehen aus Drähten oder Stäben und sind kürzer als der Dipol. Der D. ist in der Regel nicht mit dem Dipol verbunden, sondern strahlungsgekoppelt (parasitäres Element). Ein oder mehrere D.en erhöhen Richtwirkung und Gewinn.

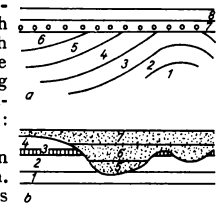
Disacharide, aus zwei Molekülen eines Monosacharids aufgebaute Oligosacharide.

diskontinuierlich, mit Unterbrechungen, zusammenhanglos; in der Mathematik veränderliche Größen, die sich sprunghaft ändern, oder feste Größen, die nicht stetig ineinander übergehen.

Diskontinuitätsfläche, 1) in der Meteorologie eine Fläche in der Atmosphäre, an der ein Temperatur-, Feuchte- oder Dichtesprung auftritt.

2) → Strömungslehre.

Diskordanz, die ungleichsinnige Lagerung von Gesteinsschichten, d. h. das winklige Abstoßen der Schichtung. Nach der Entstehung unterscheidet man 1) die **tektonische D.,** die durch Eindeckung eines abgetragenen Gebirgsrumpfes mit neuen Sedimenten entsteht, wobei geneigte Schichten mit der neuen, sich horizontal ablagernden Schicht einen Winkel **(Winkeldiskordanz)** bilden, der wichtig für die zeitliche Einordnung der Gebirgsbildung ist; 2) die **Erosionsdiskordanz (Anlagerungsdiskordanz),** die durch Einlagerung jüngerer Schichten in ein durch Erosion geschaffenes Relief entsteht; 3) die **Scheindiskordanz,** die durch Schrägschichtung in bewegtem Wasser entsteht, z. B. Deltaschüttung, Kreuzschichtung in Dünen. Gegensatz: → Konkordanz.



a Tektonische Diskordanz: Zwischen der Ablagerung der Schichten 6 und 7 fand Faltung, Heraushebung und Abtragung statt. *b* Erosionsdiskordanz: Zwischen der Ablagerung der Schichten *4* und *5* bildete sich durch Erosion ein Relief

diskret, 1) Atomphysik: svw. unstetig, in einzelnen Schritten, Gegensatz zu kontinuierlich. So kann z. B. das Elektron des Wasserstoffatoms nur eine Folge genau bestimmter d.er Energiewerte annehmen, während ein freies Elektron im Katodenstrahl jede beliebige Energie haben kann, d. h., seine möglichen Energiewerte stellen eine kontinuierliche Folge dar.

2) Mathematik: svw. nicht zusammenhängend. Gegensatz: stetig.

Diskriminante, eine aus den Koeffizienten einer algebraischen Gleichung gebildete Größe, die es ermöglicht, die spezielle Art der Lösungen zu kennzeichnen, ohne daß diese selbst vorliegen.

Diskriminator, → Demodulation.

Dislokation, Störung, 1) im weiteren Sinne die Gesamtheit der durch tektonische Vorgänge hervorgerufenen Veränderungen in der ursprünglichen Lagerung der Gesteine und die Unterbrechung ihres ursprünglichen Zusammenhangs. Man unterscheidet **disjunktive D.,** hervorgerufen durch Zugkräfte (Zerrung, Dehnung, Distraktion), und **kompressive D. (Pressung),** hervorgerufen durch Druckkräfte. 2) im engeren Sinne die Störungsflächen, → Verwerfung.

Dismutation, → Disproportionierung.

Dispatcher, im sozialistischen Industriebetrieb ein Mitarbeiter, der die Erfüllung des staatlichen Produktionsplanes mit Hilfe der vorbeugenden Kontrolle des Produktionsablaufes zu sichern hat. Er ist im Rahmen der vom Leiter übertragenen Verantwortung weisungsberechtigt.

Dispatchersystem, Dispatcherdienst, ein zentralisiertes Leitungs- und Kontrollsystem in sozialistischen Großbetrieben zur räumlichen und zeitlichen Abstimmung von Produktions- und Transportprozessen durch Dispatcher. Dabei werden oft Mittel der Nachrichtentechnik angewendet. Bedeutung bei der DR haben die 1955 im Betriebsnetz gebildeten Dispatcherleitungen als lenkendes Organ erlangt, um die Leitung der Fahrzeugbewegung optimal zu gestalten und eine einheitliche Leitung der operativen Betriebsführung (Fahr-, Lokomotivbetrieb, Wagendienst) zu erreichen.

disperses System, physikalische Chemie: ganz allgemein ein aus mindestens zwei Phasen bestehendes Stoffsystem, bei dem eine Phase, die disperse Phase oder der disperse Bestandteil (Dispersum), in der anderen Phase, dem Dispersionsmittel (Dispergens), fein verteilt ist, wobei die disperse Phase in mindestens einer Raumrichtung mikroskopische oder submikroskopische Dimension aufweist. Sowohl disperse Phase wie Dispersionsmittel können dabei fest, flüssig oder gasförmig sein.

Quantitativ charakterisiert man die dispersen S.e hinsichtlich der Dimension auch durch den **Dispersionsgrad,** der besonders in der Verfahrenstechnik für mechanische und thermische Prozesse und Diffusionsprozesse sehr wichtig ist. Er ist entweder als reziproker Teilchendurchmesser oder durch die spezifische Oberfläche Ω (Oberfläche eines Kubikzentimeters der dispersen Phase in der betreffenden Verteilung) gekennzeichnet. Beträgt die Größe der Teilchen in der

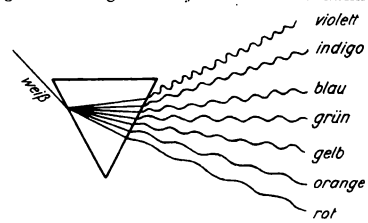
dispersen Phase mehr als 10^{-4} cm, so daß sie mit dem Lichtmikroskop noch wahrnehmbar sind, so spricht man von **grobdispersen Systemen** (z. B. Sandaufschlämmung in Wasser), bei Dimensionen zwischen 10^{-4} und 10^{-7} cm von **kolloiddispersen Systemen** (→ Kolloide) und bei noch kleineren Abmessungen, wie sie Gas- und Flüssigkeitsgemische sowie echte Lösungen aufweisen, von **molekulardispersen Systemen**. Man kann die dispersen S.e ferner einteilen nach der Form der dispersen Teilchen. Sind deren Abmessungen in allen drei Raumringen etwa gleich groß, so handelt es sich um ein **korpuskulardisperses System**. Systeme, deren Teilchen in den verschiedenen Dimensionen sehr unterschiedliche Abmessungen haben, heißen **difforme Systeme**. Überwiegt eine Dimension, dann spricht man von **fibrillären (fadenförmigen) dispersen S.en**. Erstrecken sich die Teilchen in zwei Raumrichtungen weit und hat die dritte Dimension die für disperse S.e charakteristische Abmessung, so liegt ein **laminares (blättchenförmiges) d.S.** vor.

Die disperse Phase und das Dispersionsmittel können den gleichen oder verschiedenen Aggregatzustand haben. Für korpuskulardisperse Systeme ergeben sich dann folgende Möglichkeiten:

Dispersionsmittel	dispergierte Substanz	Bezeichnung	Beispiele
gasförmig	flüssig	Aerosol	Nebel
gasförmig	fest	Aerosol	Staub, Rauch
flüssig	gasförmig	Schaum	Seifenschaum
flüssig	flüssig	Emulsoid, Emulsion	Milch, Emulsionspolymerisate
flüssig	fest	Sol, Suspensoid, Suspension	kolloide Gold-, Silber-, Schwefellösungen, Suspensionspolymerisate
fest	gasförmig	fester Schaum	Bimsstein
fest	flüssig	feste Emulsion	Kristallisationsflüssigkeit
fest	fest	festes Sol	Gläser

Dispersion, 1) Optik: die Erscheinung, daß Licht verschiedener Wellenlänge oder Frequenz beim Übergang von einem Medium in ein zweites mit anderem Brechungsindex verschieden stark gebrochen wird. Man kann infolgedessen weißes Glühlicht mit Hilfe eines Prismas zerlegen, wobei das kontinuierliche → Spektrum entsteht. Bei Glas und farblosen Kristallen wird rotes Licht am wenigsten, violettes am stärksten gebrochen; der Brechungsindex nimmt von Rot über Gelb, Grün, Blau bis Violett stetig zu. Als **Grunddispersion (mittlere D.)** wird die Differenz der Brechungsindizes für die Wasserstofflinien *F* bei 486,1 nm und *C* bei 656,3 nm definiert: $n_F - n_c$; als **relative D.** das Verhältnis der mittleren D. zu dem um 1 verminderten Brechungsindex der Heliumlinie *D* bei 587,6 nm. Der Kehrwert der relativen D. $v = \frac{n_0 - 1}{n_F - n_c}$ ist die *Abbesche Zahl.*

Die Ursache der D. besteht darin, daß die Geschwindigkeit des Lichtes, genauer die Phasengeschwindigkeit, in einem Medium im allgemeinen von der Wellenlänge oder der Frequenz abhängt. Bei Glas nimmt der Brechungsindex mit kleiner werdender Wellenlänge zu, dieser Fall heißt **normale D.** Sie gilt im sichtbaren Spektralbereich für die meisten durchsichtigen Stoffe. Im Gegensatz dazu hat jeder Stoff ein oder mehrere Spektralgebiete, in denen der Brechungsindex mit der Wellenlänge abnimmt; dies ist die **anomale D.** Die Gebiete anomaler D. liegen meist im Infrarot oder Ultraviolett. Nach der klassischen Theorie lassen sich diese Tatsachen als Resonanzerscheinungen an den Atomen oder Molekülen deuten. Die Elektronen und das Atomkerngerüst des Moleküls sind wegen der elektrischen Bindungskräfte als schwingungsfähige Gebilde zu betrachten, die im elektrischen Feld der elektromagnetischen Lichtwelle mitschwingen. Die Gebiete anomaler D. sind die Gebiete, in denen eine Eigenfrequenz der Elektronen bzw. der Kerngerüste des betreffenden Stoffes liegt. In den Resonanzgebieten liegt auch jedesmal ein Maximum der



Strahlendurchgang für weißes Licht durch ein Dispersionsprisma

Absorption und der Reflexion. Das Reflexionsvermögen kann hier unter Umständen so groß werden, wie es sonst nur bei Metallen ist. Die Quantenmechanik gestattet eine exakte Beschreibung der Dispersionserscheinungen.

Allgemeiner noch versteht man unter D. jede Abhängigkeit irgendeiner physikalischen Größe, z. B. des Absorptionsvermögens, von der Wellenlänge oder der Frequenz.

2) physikalische Chemie: feine Verteilung eines Stoffes in einem anderen (→ disperses System). Von praktischer Bedeutung sind vor allem Pigment- und Plastdispersionen, d. h. Aufschwemmungen von Pigmentfarbstoffen (z. B. in Firnis) oder von Plastrohstoffen in einer wäßrigen Flüssigkeit unter Zusatz geeigneter Stabilisatoren. Sie werden zur Herstellung von Plastüberzügen und Anstrichen benutzt. Beim Waschvorgang spielt die D. der Schmutzteilchen durch das Waschmittel eine wichtige Rolle. Das Herstellen einer D. bezeichnet man als **Dispergieren.**

Dispersionsfarbstoffe, synthetische Farbstoffe, die vor allem wasserunlösliche Monoazo- und Anthrachinonfarbstoffe umfassen. Sie werden unter Zusatz von Dispersionsmitteln in Wasser feinst verteilt und von der Faser, die als „festes Lösungsmittel" fungiert, aufgenommen. Der Farbstoff haftet nicht nur an der Oberfläche, sondern diffundiert in die Faser hinein, wodurch sehr echte und dauerhafte Färbungen entstehen. D. dienen vor allem zum Anfärben von Azetat- und Polyamidfasern. Zu ihnen gehören z. B. die Azetatfarbstoffe.

Dispersionsfilter, ein → optisches Filter.

Disproportionierung, Oxydoreduktion, auch **Dismutation,** die Reaktion zwischen Molekülen einer Verbindung mittlerer Oxydationsstufe, bei der ein Teil der Verbindung in eine höhere, der andere in eine niedrigere Oxydationsstufe übergeht, z. B. die → Cannizzarosche Reaktion und der Übergang von Kaliumchlorat in Kaliumperchlorat und Kaliumchlorid bei Erhitzen auf etwa 400 °C:

$4\ KClO_3 \rightarrow 3\ KClO_4 + KCl$

$(4\ Cl^{5+} \rightarrow 3\ Cl^{7+} + Cl^-)$.

Gegensatz: → Synproportionierung.

Dissimilation, im Gegensatz zur Assimilation der Wiederabbau der vom Organismus aufgebauten komplizierten organischen Substanz zu einfacheren Molekülen, ein oxydativer, energieliefernder Vorgang unter Mitwirkung von Fermenten. Aus der D. gewinnen alle Lebewesen die zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge

notwendige Energie. Endprodukte der D. sind Kohlendioxid, Wasser und einfache Stickstoffverbindungen (vor allem Harnstoff), die durch Nieren (Harn) und zum geringen Teil durch die Haut (Schweiß) ausgeschieden werden.

Im engeren Sinne versteht man unter D. die Atmung in den lebenden Pflanzenzellen, wobei wie bei den Tieren Sauerstoff aufgenommen und Kohlendioxid ausgeschieden wird.

dissipative Kräfte, → konservative Kräfte.

Dissonanz, → Intervall.

Dissousgas, in Azeton gelöstes → Äthin.

Dissoziation, die reversible Aufspaltung einer chemischen Verbindung in zwei oder mehrere einfache Moleküle, Atomgruppen, Atome oder Ionen. Dies kann durch Energiezufuhr, z. B. Erhitzung **(thermische D., Thermolyse)** bewirkt werden; bei genügend hoher Temperatur dissoziiert jede chemische Verbindung unter Aufnahme der **Dissoziationswärme,** sofern sie sich nicht vorher zersetzt. Eine andere Form ist die **elektrolytische** oder **elektrochemische D.** (→ Elektrolyse). Ein Maß für die Größe der D. liefert der **Dissoziationsgrad** α. Er ergibt sich als Verhältnis der dissoziierten Moleküle zu den ursprünglich vorhandenen Molekülen und kann Werte zwischen den Grenzen 0 (keine D.) und 1 (vollständige D.) annehmen.

Distanzlatte, eine zur optischen → Streckenmessung verwendete Holz- oder Metallatte. Die D. ist 1 bis 3 m lang und mit einer Zentimeter- oder Doppelzentimeterstrichteilung versehen, an der man mit Hilfe eines Vermessungsinstruments mit gutem Fernrohr Ablesungen vornehmen kann, die entweder unmittelbar der Entfernung Instrument — D. entsprechen oder aus denen dieser Abstand leicht zu berechnen ist. Für genaue Streckenmeßverfahren werden horizontal, für weniger genaue senkrecht aufgestellte D.n benutzt. **Basislatten** sind besondere D.n, die in Verbindung mit einem Sekundentheodolit zu sehr genauen optischen Streckenmessungen benutzt werden. Sie bestehen aus reichlich 2 m langen Aluminium- oder Stahlrohren mit Zielmarken an beiden Enden, der Abstand dieser Marken beträgt 2,000 m $\pm$ 0,1 mm. Um diesen Abstand zu sichern, sind die Zielmarken an temperaturunempfindlichen Invarstäben oder -drähten angebracht, die sich im Innern der Rohre befinden.

Distex-Prozeß, → Destillation.

Disthen, Kyanit, ein Mineral, $Al_2[O|SiO_4]$; triklin, gewöhnlich in langen stengligen Kristallen, blau bis gelb; deutliche Härteanisotropie: Härte nach Mohs parallel zur Längsausdehnung 4,5, in der Querrichtung 6, D. 3,5 bis 3,7 g cm^{-3}. D. kommt als Gemengteil kristalliner Schiefer vor und dient als wichtiger Rohstoff für feuerfeste Stoffe.

Distributivgesetz, Gesetz der Verteilung, gibt einen Zusammenhang zwischen zwei verschiedenen Rechenoperationen. Zum Beispiel lautet das D. für Addition und Multiplikation $(a + b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c$.

Divergenz, 1) Optik: das Auseinanderstreben paralleler Lichtstrahlen nach Durchgang durch eine Zerstreuungslinse. Auch auseinanderlaufende elektromagnetische Strahlen bezeichnet man als divergent.

2) Meteorologie: D. des Stromfeldes bzw. der Strömung. Diese **Stromfelddivergenz** setzt sich aus **Richtungsdivergenz** (teilweise unrichtig als → Diffluenz bezeichnet) und **Geschwindigkeitsdivergenz** zusammen. Beispielsweise bestehen in einem Strömungsdelta positive Richtungsdivergenz und negative Geschwindigkeitsdivergenz (= Geschwindigkeitskonvergenz). Im Delta existiert daher Stromfelddivergenz, wenn die Richtungsdivergenz größer ist als der Betrag der Geschwindigkeitskonvergenz. In der Bodenreibungsschicht eines Hochdruckgebietes herrscht horizontale Strömungsdivergenz, in der eines Tiefdruckgebietes horizontale Strömungskonvergenz.

3) Mathematik: auseinanderstrebend, mathematische Eigenschaft, z. B. einer → Reihe, eines Vektorfeldes (→ Feld). Gegensatz: → Konvergenz.

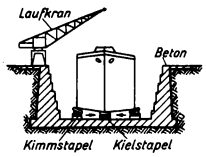
Diversityempfang, ein in der kommerziellen Empfangstechnik auf Kurzwellen übliches Verfahren, durch *Mehrfachempfang* die im Überseeverkehr auftretenden Empfangsstörungen durch selektiven Schwund zu verringern. Man unterscheidet folgende Arten des D.s. 1) Beim **Raumdiversity** werden mehrere Antennen im Abstand von einigen Wellenlängen benutzt. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten: a) *Empfängerdiversity*, wobei jede Antenne einen zugehörigen Empfänger besitzt. Die Empfängerausgänge gehen zu einem Diversityablösegerät, das automatisch den Empfänger mit dem störungsärmsten Ausgangssignal auswählt. b) *Antennendiversity*, wobei nur ein Empfänger benötigt wird. Alle Antennen sind mit dem Diversityablösegerät verbunden, das die Antenne mit dem störungsärmsten Signal an den Empfänger schaltet. 2) Beim **Polarisationsdiversity** werden Antennen verschiedener Polarisation verwendet. Auch hier können die Versionen Empfänger- und Antennendiversity benutzt werden. Diese Art wird häufig bei begrenztem Platz für die Antennenanlage angewandt. 3) Beim **Frequenzdiversity** wird die Nachricht auf mehrere Frequenzen gleichzeitig übertragen. Dieses etwas aufwendige Verfahren wird selten benutzt.

Divinyl, svw. → Butadien.

Division, eine der vier Grundrechenarten, die Umkehrung der Multiplikation; in der Elementarmathematik das Teilen (Dividieren), d. h. die Aufgabe, zu ermitteln, wievielmal eine Zahl in einer anderen enthalten ist. Allgemein ist die D. die Auflösung der Gleichung $a \cdot x = b$ nach x, also $x = b:a$ oder $x = \frac{b}{a}$, wobei $a \neq 0$ vorausgesetzt wird. Man bezeichnet b als *Dividend*, a als *Divisor* und x bzw. $\frac{b}{a}$ als *Quotient*, Dividend : Divisor = Quotient. Als Divisionszeichen verwendet man entweder einen Doppelpunkt oder einen waagerechten Strich, z. B. $15 : 3 = \frac{15}{3} = 5$ (Probe: $5 \cdot 3 = 15$). Das Produkt aus Quotient und Divisor muß gleich dem Dividenden sein. Für die D. gilt das Distributivgesetz: $(a + b) : c = a : c + b : c$. Auf diesem Gesetz beruhen auch die bekannten schriftlichen Lösungsverfahren. Die D. erfordert die Erweiterung des Bereiches der ganzen Zahlen um die Brüche (rationale Zahlen). Der Quotient ist eine rationale Zahl, wenn Dividend und Divisor rationale Zahlen sind. Die D. durch Null ist nicht möglich.

Dizyan, Zyan, $N{\equiv}C{-}C{\equiv}N$, das Nitril der Oxalsäure. D. ist ein farbloses, sehr giftiges Gas (Kp. $-21{,}35$ °C), das sich leicht verflüssigen läßt. Es verbrennt mit rotvioletter Flamme und entsteht durch Erwärmen von Kupfer(II)-sulfatlösung mit Kaliumzyanid.

Dizyandiamid, $HN{=}C\begin{smallmatrix}\diagup NH_2\\ \diagdown NHCN\end{smallmatrix}$, das Dimere des Zyanamids $H_2N{-}CN$. D. ist eine farblose, amorphe Substanz (F. 205 °C), die durch Einleiten von Kohlendioxid in eine wäßrige Suspension des Kalziumsalzes des Zyanamids hergestellt wird. D. dient hauptsächlich als Ausgangsprodukt für die **Dizyandiamidharze** (d. s. Duroplaste aus der Gruppe der Aminoplaste), die vor allem als Preßmassen und Lackrohstoffe



1 Trockendock

verwendet werden. Durch Erhitzen von D. mit Ammoniak erhält man → Melamin.

DK, 1) Abk. für → Dezimalklassifikation. 2) Abk. für Dielektrizitätskonstante, → Dielektrikum. 3) Abk. für Dieselkraftstoffe, → Kraftstoffe.

dl, Kurzz. für Deziliter, → Liter.

dm, Kurzz. für Dezimeter, → Meter.

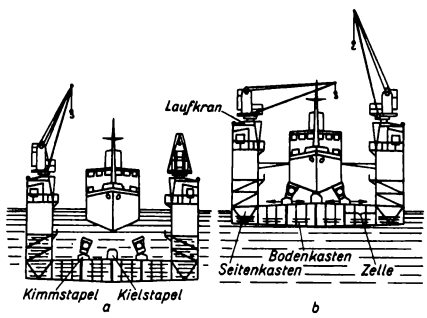
DME, ein System zur → Funkortung.

DNOC-Mittel, den stark gelb gefärbten Wirkstoff 4,6-Dinitro-o-kresol bzw. dessen Natriumsalz enthaltende Mittel zur Unkraut- und zur Schädlingsbekämpfung im Obstbau.

Dobel, → Dübel.

Dochtkohle, Brennkohle für → Bogenlampen in Form eines Zylinders. Der Mantel besteht aus fester Kohle, das Innere (Docht oder Kern) aus weicher Kohle, die bei Effektkohlen mit einem Metallsalz getränkt ist.

Dock, 1) eine Anlage, die der Trockenstellung von Schiffen zwecks Instandsetzung dient. D.s werden vielfach auch beim Schiffsneubau verwendet. **Trockendocks** (Abb. 1) sind schleusenähnliche, feste, gegen das Wasser durch Tore oder Pontons verschließbare Becken (Kammern), früher aus Mauerwerk, heute aus Beton. Bei geöffnetem Tor fährt das instandzusetzende Schiff ein. Nach dem Schließen des D.s wird das Wasser ausgepumpt (gelenzt), wobei sich das Schiff auf feste Stützlager, die *Kiel-* und *Kimmstapel*, absetzt. Es wird meist durch Streben (Dockstützen) seitlich gegen die Wände abgestützt. Nach Abschluß der Instandsetzung oder des Baus des Schiffes wird das D. geflutet, der Verschluß geöffnet und das Schiff ausgefahren. **Schwimmdocks** (Abb. 2) sind stählerne Schwimmkörper. Die gebräuchlichste Form ist das aus einem Bodenkasten und zwei Seitenkästen bestehende U-Dock. Die Kästen sind durch Schotte in Zellen unterteilt. Zum Docken von Schiffen wird das Schwimmdock durch Fluten der Zellen mit Wasser abgesenkt und nach Einschwimmen des



2 Schwimmdock (Querschnitt): *a* abgesenkt, *b* ausgetaucht

Schiffes gelenzt, so daß das D. mit dem Schiff aus dem Wasser gehoben wird. Kleinere D.s werden in größeren gedockt, größere sind in Sektionen zerlegbar und selbstdockend. — Alle D.s sind mit Hebeanlagen, Strom- und Drucklufterzeugern und Verholeinrichtungen ausgerüstet. Auf Grund der Entwicklung des Schiffbaus (200 000-t-Tanker, Japan) werden ständig größere D.s gebaut. Die größten Schwimmdocks haben eine Tragfähigkeit von 60 000 bis 70 000 t.

2) ein durch Schleusen oder Docktore vom offenen Wasser abgeschlossenes Hafenbecken, in dem Laden und Löschen der Schiffe ohne Einfluß der Gezeiten durchgeführt werden können.

Docking, → Raumfahrt.

Dodekaeder *n*, **Zwölfflächner,** ein von zwölf Flächen begrenzter Körper. Ein D., das von zwölf gleichseitigen kongruenten Fünfecken begrenzt wird, heißt **Pentagondodekaeder** und ist einer der fünf regelmäßigen oder platonischen → Körper. Man unterscheidet noch andere Formen des D.s, wie Rhombendodekaeder, Deltoiddodekaeder, die z. B. in der Kristallographie eine Rolle spielen.

n-Dodekanol, ein → Fettalkohol.

n-Dodezylalkohol, ein → Fettalkohol.

Dogger, → Jura.

Dokimasie, Dokimastik, svw. Untersuchung, Probierkunde. **Dokimastische Analyse,** ein Verfahren zur Bestimmung und Trennung besonders von Edelmetallen auf trockenem Wege.

Dokumator, ein Lesegerät für Mikrofilme, → Bildwerfer.

Dolan, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Doline, eine → Karsterscheinung.

Dolomit, $CaMg[CO_3]_2$, ein gesteinsbildendes Mineral, wobei das Magnesium z. T. durch Eisen oder Mangan ersetzt sein kann; trigonal, je nach Zusammensetzung farblos bis braun, Härte nach Mohs 3,5 bis 4, D. 2,85 bis 2,95 g cm^{-3}. Durch Mischkristallbildung bestehen Übergänge zu **Ankerit** und **Braunspat.** D. kommt in Chlorit- und Talkschiefern, Ankerit und Braunspat auf Erzgängen vor. D. ist der Hauptgemengteil des Gesteins Dolomit und des Dolomitmarmors, die weit verbreitet sind, besonders in den Kalkalpen. Durch Auslaugung porös gewordener D. wird **Rauchwacke, Rauhwacke** oder **Zellendolomit** genannt. D. wird als Baustoff, für Bausteine, Straßenschotter, zur Auskleidung von Schmelzöfen und in der Metallurgie als Flußmittel verwendet, ferner als Düngemittel.

Dolomiterzeugnisse, → feuerfeste Baustoffe.

Donarite, → Ammonsalpetersprengstoffe.

Donator, in der Chemie eine Verbindung oder ein System, das unter bestimmten Bedingungen charakteristische Reste oder Ladungsteilchen, z. B. Methylgruppen, Protonen oder Elektronen, abgibt, die gleichzeitig von einer anderen Verbindung oder einem anderen System, dem **Akzeptor,** aufgenommen werden. Nach der → Säure-Base-Theorie z. B. ist eine Säure als Protonendonator aufzufassen, das das Proton aufnehmende Wasser als Protonenakzeptor oder Base.

Donner, das dem → Blitz bei einem Gewitter folgende rollende oder krachende Geräusch. Es entsteht durch plötzliche Erhitzung und darauffolgende Abkühlung der Luft in der Blitzbahn. Hierbei wird die Luft explosionsartig auseinandergetrieben und stürzt unmittelbar danach wieder in den Raum der Blitzbahn zurück. Wenn die dabei erzeugten Schallwellen mehrfach reflektiert werden, entsteht das charakteristische Rollen des D.s. Der D. ist im allgemeinen bis etwa 30 km hörbar. Um die Entfernung des Gewitterortes zu finden, zählt man die Sekunden, die zwischen Blitz und Donner vergehen; wird diese Zahl durch 3 geteilt, so erhält man annähernd die gesuchte Entfernung in km, da der Schall rund 333 m/s zurücklegt.

Lit. → Gewitter.

Doppelbindung, Zweifachbindung, die homöopolare Verknüpfung von zwei Atomen, besonders von C-, O-, S- und N-Atomen, durch zwei Valenzen, → Bindung 1), → Kohlenstoffverbindungen.

Doppelbrechung, eine Eigenschaft aller nichtkubischen Kristalle, einen Lichtstrahl in zwei Anteile, den ordentlichen und den außerordentlichen Strahl, zu zerlegen, die beim Verlassen des Kristalls senkrecht zueinander polarisiert sind. Während die Ausbreitungsgeschwindigkeit des ordentlichen Strahls nach allen Richtungen im Kristall gleich ist, ist sie beim außerordentlichen Strahl richtungsabhängig. Lediglich in Richtung der kristallographischen Achse sind die Geschwindigkeiten beider Strahlen gleich; diese ausgezeichnete Richtung heißt *optische Achse.* Man unterscheidet zwischen optisch ein- und zweiachsigen Kristallen. Optisch einachsig sind alle hexagona-

len und tetragonalen Kristalle, optisch zweiachsig dagegen die rhombischen und monoklinen Kristalle. Kristalle des regulären (kubischen) Systems verhalten sich wie amorphe (nicht kristalline) Körper. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des außerordentlichen Strahles weicht bei optisch einachsigen Kristallen am stärksten in senkrechter Richtung zur optischen Achse von der des ordentlichen Strahles ab. Sie kann dabei kleiner sein als die des ordentlichen Strahles (*positiv einachsiger Kristall*, z. B. Quarz) oder größer als die des ordentlichen Strahles (*negativ einachsiger Kristall*, z. B. Kalzit). (Abb.)

Für die Brechzahlen doppelbrechender Kristalle gilt Entsprechendes wie für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. — Wenn n_o die Brechzahl des ordentlichen Strahles und n_a die des außerordentlichen Strahles ist, so gilt in Richtung der optischen Achse $n_o = n_a$, in senkrechter Richtung zur optischen Achse für positiv einachsige Kristalle $n_o < n_a$ und für negativ einachsige Kristalle $n_o > n_a$.

Manche Substanzen, die sonst nicht doppelbrechend sind, werden es in einem elektrischen Feld (→ Kerr-Effekt) oder in einem magnetischen Feld (Cotton-Mouton-Effekt). Ferner kann D. durch mechanische Beanspruchung des betreffenden Materials hervorgerufen werden (Spannungsdoppelbrechung). Auch eine Strömung erzeugt diesen Effekt (Strömungsdoppelbrechung).

Doppelbüchse, ein → Jagdgewehr.

Doppelendprofiler, Handelsbezeichnung für eine Holzbearbeitungsmaschinenkombination für die industrielle Großserienfertigung von Möbeln, Türen und Fenstern. Der D. führt in einem Arbeitsgang das Schneiden von Breite, das Zapfenschneiden, Schlitzen, Falzen und Profilieren mit einer Paßgenauigkeit bis zu ±0,1 mm aus. Mit Hilfe von Zusatzaggregaten können auch Dübellöcher, Gratnuten und sonstige Bohrungen sowie Rundungen ausgetragen werden.

Doppelgas, → Wassergas.

Doppelkäfigläufer, → elektrische Maschine.

Doppelkolbenmotor, → Verbrennungsmotor.

Doppelkurbel, ein aus der → Viergelenkkette durch Gestellwechsel entwickeltes → Kurbelgetriebe, das nur Rundlingspaare (→ Elementenpaar) besitzt. Das kleinste Glied a (Abb.) wird zum Gestell. Ist Glied b Antriebsglied (Kurbel), kann auch Glied a voll umlaufen, oder umgekehrt. Bei gleichförmig umlaufendem → Antrieb erhält man ungleichförmig umlaufenden → Abtrieb. In einer **durchschlagenden D.** sind die Gliedsummen paarweise gleich und Hilfsverzahnungen notwendig (→ Momentanpol).

Doppelmikroskop, eine von E. Lau vorgeschlagene mikroskopische Anordnung, bei der an Stelle des Okulars ein zweites Mikroskop wirksam ist und damit eine erhebliche Übervergrößerung erreicht wird (bis 10000fach). Die extrem kleine bildseitige Apertur wird durch eine in der Bildebene des ersten Objektivs angebrachte rotierende Mattscheibe wirksam vergrößert, dabei werden die entoptischen Störungen in Optik und Auge beseitigt. Die übervergrößerten Bilder sind völlig klar und ruhig, so daß die an der Grenze des Auflösungsvermögens des Objektivs liegenden Details der Beobachtung erst wirklich zugänglich werden.

Lit. Brockhaus ABC der Optik (Leipzig 1961).

Doppeln, in der Textiltechnik svw. → Fachen.

Doppelsalze, → Koordinationslehre.

Doppelschicht, → elektrische Doppelschicht.

Doppelschlußmaschine, eine → elektrische Maschine.

Doppelschwinge, ein aus der Viergelenkkette entwickeltes → Kurbelgetriebe, das nur Rundlingspaare (→ Elementenpaar) besitzt. Die im Gestell c drehbar gelagerten Glieder d und b können nur Schwingbewegungen ausführen (Abb.). Das kürzeste Glied a liegt als Koppel dem Gestell c gegenüber. D.n werden z. B. beim Wippkran verwendet.

Doppelspat, svw. → Kalzit.

Doppelstern, zwei Sterne, die auf Grund der gegenseitigen Anziehung eine physische Einheit bilden **(physischer D.)**. Sie bewegen sich nach den Keplerschen Gesetzen um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Man unterscheidet 1) **visuelle D.e,** deren Komponenten im Fernrohr getrennt und deren Umläufe visuell verfolgt werden können; 2) **spektroskopische D.e,** die optisch nicht mehr trennbar sind, aber durch periodische Linienverschiebungen in ihren Spektren auf Grund des Doppler-Effekts als D.e erkannt werden; 3) **photometrische D.e,** deren Bahnebene mit der Sichtlinie Beobachter — Gestirn nahezu zusammenfällt, wobei durch gegenseitige Bedeckung der Komponenten die Helligkeit des Systems periodisch schwankt **(Bedeckungsveränderliche)**.

D.e treten relativ häufig auf; etwa 25 % aller Sterne sind D.e oder Mehrfachsterne.

Die Untersuchung der Bahnen von D.en hat große Bedeutung, weil bei bekannter Entfernung des Systems die Bahndurchmesser bestimmt werden können. Aus diesen und der Umlaufzeit ergibt sich mit dem 3. Keplerschen Gesetz eine Möglichkeit zur Massebestimmung der Komponenten.

D.e, die nur durch die Projektion an der Himmelskugel als solche erscheinen, heißen **scheinbare** oder **optische D.e.**

Doppelsteuerröhren, → Elektronenröhre.

doppelte Umsetzungen, solche Reaktionen, bei denen auf Grund verschiedener Löslichkeitsverhältnisse oder verschiedener Säure- bzw. Basenstärke unter Ionenaustausch die Bildung eines Stoffes besonders begünstigt ist, z. B. diejenige von Natriumsulfat: $H_2SO_4 + 2\,NaCl \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,HCl$.

Doppeltonfarben, gebrochene Buntdruckfarben zum Druck von Autotypien mit bindemittellöslichem Farbstoffzusatz, der während des Trockenprozesses der Drucke in das Papier ausläuft und um die Rasterpunkte einen Hof in der Eigenfarbe bildet, was den *Doppeltoneffekt* (Zweifarbigkeit) bewirkt.

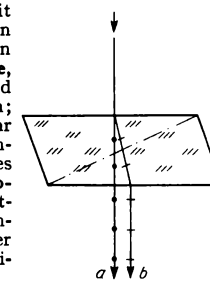
doppeltwirkend, Bezeichnung für Kraftmaschinen (Kolbenmaschinen), bei denen der Kolben abwechselnd von der einen und der anderen Seite durch ein Arbeitsmedium (Dampf, Verbrennungsgas, Druckluft) angetrieben wird.

Doppelverhältnis, in der Geometrie der Quotient zweier Streckenverhältnisse zwischen vier Punkten einer Geraden bzw. zweier Winkelverhältnisse zwischen vier Geraden durch einen Punkt. Sind A, B, C, D die vier Punkte, dann ist ihr D. $(ABCD) = \frac{\overline{AC}}{\overline{CB}} : \frac{\overline{AD}}{\overline{DB}}$. Die Punkte C und D teilen die Strecke $\overline{AB}$ harmonisch, wenn $(ABCD) = -1$ ist. Das D. spielt eine wichtige Rolle in der projektiven und der nichteuklidischen Geometrie. Es ist invariant gegenüber projektiven Abbildungen.

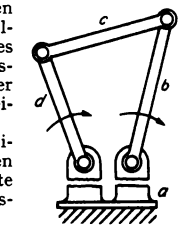
Doppelzentner, Kurzz. dz, alte, nicht mehr zulässige Masseeinheit. Sie ist durch Dezitonne, Kurzz. dt, zu ersetzen. $1\,dz = 1\,dt = 10^{-1}\,t = 100\,kg$.

Döpper *m*, in den Druckluft-Niethammer oder die Nietmaschine eingesetztes hammerkopfartiges Werkzeug, unter dessen Schlägen der Schließkopf des Nietes gebildet wird.

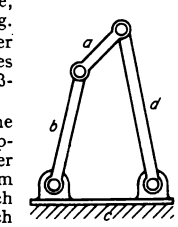
Doppler-Effekt, Dopplersches Prinzip, eine wichtige Erscheinung bei Ausbreitung und Empfang von Wellen. Der D.-E. tritt auf, wenn sich der Abstand zwischen Beobachter und Wellenzentrum einer ruhenden Schall- oder Lichtquelle rasch ändert. Nähert sich z. B. ein Beobachter rasch einer ruhenden Schallquelle oder Lichtquelle,



Doppelbrechung. *a* ordentlicher Strahl, —·—·— Schwingungsebene senkrecht zur Zeichenebene; *b* außerordentlicher Strahl, —|—|— Schwingungsebene parallel zur Zeichenebene



Doppelkurbel. *a* Gestell, *b*, *d* Kurbeln, *c* Koppel



Doppelschwinge

so ist die Zahl der Schwingungen je Sekunde, die der Beobachter wahrnimmt, größer, als wenn er in Ruhe wäre; der Ton erscheint ihm infolgedessen höher, das Licht nach höheren Frequenzen verschoben. Das Umgekehrte gilt bei Entfernung des Beobachters: Der Ton erscheint tiefer, das Licht nach Rot verschoben. Für die vom Beobachter festgestellte Frequenz f gilt: $f = f_0\left(1 \pm \frac{u}{c}\right)$; dabei ist f_0 = wahre Frequenz der Schwingungen, u = Geschwindigkeit des Beobachters, c = Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle; positives Vorzeichen bedeutet Nähern, negatives Entfernen. Bei ruhendem Beobachter und bewegtem Wellenzentrum (Geschwindigkeit v) ergeben sich näherungsweise die gleichen Erscheinungen; solange $v \ll c$ ist, gilt die obige Formel, indem v für u eingesetzt wird.

Der D.-E. ist z. B. deutlich wahrnehmbar bei im Tiefflug vorüberfliegenden Flugzeugen oder bei Rennwagen. Er kann zur Geschwindigkeitsmessung verwendet werden, z. B. Geschwindigkeitskontrolle von Kraftfahrzeugen. Der D.-E. von Lichtwellen ist nur bei sehr großen Relativgeschwindigkeiten feststellbar, z. B. bei Sternen als → Rotverschiebung von deren Spektrallinien; er dient zur Bestimmung von Geschwindigkeit und Entfernung der Sterne, → Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung. Die Wärmebewegung lichtemittierender Atome in verdünnten Gasen führt zu einer Verbreiterung der Spektrallinien, die nach ihrer Ursache **Doppler-Verbreiterung** genannt wird. — Auch bei Rundfunkwellen im UKW-Bereich wird der D.-E. festgestellt, z. B. mit Funkmeßgeräten. Man kann mit Hilfe des D.-E.s die Geschwindigkeit künstlicher Erdsatelliten oder Raumsonden bestimmen.

Doppler-Navigator, ein Flugzeugbordgerät zur → Funkortung.

Doppler-Verfahren, ein Verfahren der → Funkortung.

Doppler-VOR, ein Drehfunkfeuer, → Funkortung I 1).

Dorn, ein zylindrisches oder schwach kegelstumpfförmiges Werkzeug zum Aufweiten von Löchern, Biegen von Stäben, Ziehen von Rohren (**Ziehdorn**), Aufnehmen eines Werkstücks während der Bearbeitung (z. B. **Spanndorn**), zum Ausfüllen eines Werkstücks beim Hohlschmieden u. a. Mit der **Dornpresse** werden D.e oder Buchsen in Bohrungen oder Buchsen auf Wellen gepreßt oder die genannten Teile voneinander gelöst.

Dornostrahlung, → Ultraviolett.

Dortmundbrunnen, → Abwasser.

Dosimeter, → Dosimetrie.

Dosimetrie, Kurzbezeichnung für die Messung der Strahlungsdosis. Die Aufgabe der D. ist, die Energie zu bestimmen, die von einer ionisierenden Strahlung an eine bestimmte Menge einer bestrahlten Substanz abgegeben wird. Die Einheiten der ermittelten Strahlungsdosis sind → Rad und → Rep. Die Verfahren und die apparativen Hilfsmittel zur D. sind sehr vielfältig, da einerseits der Bereich von etwa 10^{-3} bis 10^{9} Rad zu überstreichen ist und andererseits auch die Besonderheiten der verschiedenen Arten der ionisierenden Strahlung zu berücksichtigen sind. Die Geräte, die zur D. verwendet werden, bezeichnet man als **Dosimeter**. Das wichtigste Dosimeter ist die → Ionisationskammer, die für Strahlungsdosen bis zu einigen hundert Rad eingesetzt werden kann. Die D. bedient sich außerdem des Filmschwärzungseffektes oder anderer strahlungsinduzierter chemischer Vorgänge, wie der kolorimetrisch nachweisbaren Oxydation von Fe^{2+} zu Fe^{3+} (Fricke-Dosimeter), der Verfärbung bestimmter Gläser u. dgl. In den letzten Jahren hat die Ausnutzung des Anregungseffektes ionisierender Strahlung Bedeutung erlangt; hierbei wird die prompte Emission geeigneter Substanzen im Szintillationsdosimeter oder deren verzögerte optische Emission im Lumineszenzdosimeter zur Messung herangezogen.

Dosis, → Strahlungsdosis.

Dotierung, das Einbringen von Fremdatomen in einen Halbleiter, um einen bestimmten Leitungstyp (n- oder p-Leitung) zu erzeugen. Die D. geschieht durch Hinzufügen zur Schmelze oder durch Eindiffundieren bei höheren Temperaturen. Sie ist zur Herstellung von Halbleiterbauelementen, z. B. von Transistoren, von großer Bedeutung.

Doublé, Dublee, eine durch Plattieren mit Gold überzogene Kupfer- oder Silberlegierung. D. wird z. B. verwendet für Schmuckgegenstände, Uhrgehäuse und Brillengestelle.

Dovesches Gesetz, ein von dem deutschen Meteorologen Dove entdecktes Gesetz. Es besagt, daß sich der Wind stets mit der Sonne dreht, und zwar auf der Nordhalbkugel von O über S nach W und N, auf der Südhalbkugel von O über N nach W und S. Voraussetzung ist, daß sich der Beobachter äquatorwärts vom Kern des Tiefdruckgebiets befindet.

Dow-Ätzverfahren, → Ätzen.

dpt, Kurzz. für → Dioptrie.

dptr, Kurzz. für → Dioptrie.

Draggen *m*, ein Schiffsanker, → Anker.

Dragline, svw. Schleppschaufelbagger, → Bagger.

Draht, gezogenes Halbzeug von rundem oder anderem Querschnitt (**Formdraht**) bis zu 20 mm Durchmesser aus vorgewalzten Metallknüppeln oder aus versponnenen Plasten.

1) **Metalldraht** wird im Walzwerk auf der Feinstraße aus Knüppeln (Stahl, Kupfer, Messing, Aluminium, Silber, Gold) warm gewalzt. Zur Herstellung dünnerer Drähte wird so vorgewalzter D. nach zwischengeschalteten Wärmebehandlungen und chemischer oder mechanischer Entzunderung in der Drahtzieherei auf einzelnen Ziehscheiben oder Mehrfachziehmaschinen unter fortlaufender Querschnittsverminderung auf den betreffenden Enddurchmesser kalt gezogen. D. aus schwer schmelzenden Metallen, z. B. Wolfram und Molybdän, wird aus pulvermetallurgisch gefertigten Stäben hergestellt, die nach dem Sintern auf Maschinenhämmern bis etwa 2 mm Durchmesser gehämmert und dann auf den jeweiligen Durchmesser (in der Glühlampenindustrie unterste Grenze etwa 0,01 mm Durchmesser) gezogen werden. Äußerst feiner D. wird mit einem anderen Metall überzogen, das man nach dem Fertigziehen wieder abätzt.

Das Ziehen von Drähten aus weichen Werkstoffen, z. B. Kupfer, Messing, geschieht durch ein *Zieheisen* aus Stahl oder durch einen *Ziehstein* aus Hartmetall bzw. bei einem geforderten Enddurchmesser von $< 0{,}2$ mm und bei harten Metallen (Molybdän, Wolfram, Chrom, Nickel) aus Rohdiamant in Messing- oder Stahlfassung. Das Zieheisen oder der Ziehstein ist von einem Gehäuse umgeben, das zur Ableitung der beim Ziehen entstehenden Reibungswärme von Kühlwasser durchströmt wird. Zur Herstellung von Profildrähten wird vorgewalzter D. durch verstellbare Ziehmatrizen gezogen, deren Ziehbacken Hartmetallauflagen tragen; vielfach wird auch das Kaltwalzen angewendet. Je nach der geforderten Oberflächenbeschaffenheit wird der D. durch pulverförmige Ziehseife (Trockenzug), Ziehfett (Schmierzug) oder eine Ziehemulsion gezogen (Naßzug). Durch die Kaltverformung beim Ziehen steigt die Zugfestigkeit.

Zum Schutz vor Korrosion wird D., der als Geflecht-, Telegrafen-, Signal-, Seil- oder Stacheldraht verwendet werden soll, verzinkt.

Flächenförmige Verbindungen aus D. sind **Drahtgewebe**, bei dem sich die Drähte rechtwinklig kreuzen, und **Drahtgeflecht**, bei dem die Drähte an den Kreuzungspunkten miteinander verknüpft sind. Beide werden maschinell hergestellt und zur Abgrenzung und Abtrennung (z. B. für Zäune) sowie für Siebe, Drahtglas u. a. verwendet. Sind die Drähte an den Kreuzungspunkten punktgeschweißt, so spricht man von **Drahtmatten**, die z. B. in der Bauindustrie Anwendung finden.

2) **Plastdraht** wird vor allem aus Polyamid hergestellt. Dazu wird Kaprolaktam bei 260 °C aufgeschmolzen, durch eine Spinndüse gedrückt und auf ein Mehrfaches seiner ursprünglichen Länge gestreckt, da der D. zunächst stets dicker angefertigt wird, als der Enddurchmesser betragen soll. Polyamiddraht wird als Rund-, Flach- und Profildraht geliefert. Auch Gewebe und Geflechte werden heute vielfach aus Plastdraht hergestellt, und zwar meist maschinell.

Drahtfunk, die hochfrequente Drahtübertragung als leitungsgerichteter Rundfunk. Da mit höheren Frequenzen die Leitungsdämpfung sehr stark ansteigt, arbeitet man mit Frequenzen zwischen 150 und 300 kHz (Langwellenbereich). Der Sendebetrieb erfolgt im allgemeinen auf 3 oder 4 Frequenzen je Leitung; die Wahl muß dabei so vorgenommen werden, daß innerhalb des jeweiligen Versorgungsbereiches Störungen durch örtlich benachbarte drahtlose Langwellensender nicht auftreten können. Bei größerer Entfernung werden Verstärker eingeschaltet, und zwar in jeden Frequenzkanal einer oder ein Breitbandverstärker für sämtliche Frequenzen zugleich. Durch Amts- und Teilnehmerweichen (Drossel- und Kondensatorketten) erfolgt eine elektrische Trennung niederfrequenter Fernsprechgeräte und hochfrequenter Drahtfunkeinrichtungen.

Drahtgurtförderer, ein → Bandförderer.

Drahtseil, → Seil.

Drahtseilbahn, svw. → Seilschwebebahn.

Drainage, svw. → Dränage.

Draisine, ein leichtes, 3- oder 4rädriges Schienenfahrzeug zur Personenbeförderung. Die D. wird durch einen Dieselmotor angetrieben (früher auch Antrieb durch Muskelkraft) und dient zum Überwachen von Eisenbahnstrecken.

Drall, 1) Waffentechnik: Bezeichnung für die Gesamtheit der in die Wand des Laufs bzw. Rohrs von gezogenen Feuerwaffen (Handfeuerwaffen mit Ausnahme von Flinten; Geschütze mit Ausnahme der meisten Granatwerfer) schraubenförmig eingeschnittenen Vertiefungen, der *Züge*. Die stehengebliebenen Teile heißen *Felder*. Diese schneiden sich in den Führungsring des Geschosses bzw. in dessen Mantel ein und erteilen auf diese Weise dem Geschoß einen ebenfalls als D. bezeichneten Drehimpuls um die Längsachse (→ Bewegung). Dadurch wird ein Überschlagen des Geschosses verhindert, → Ballistik. (Abb.)

Ein Maß für den D. ist der **Drallwinkel**, d. i. der Winkel, den die Züge mit der Seelenachse des Laufes bzw. Rohres bilden. Die Länge des D.s ist die in Kaliber gemessene Strecke, auf der das Geschoß eine Umdrehung macht. Entsprechend der Drehrichtung spricht man von **Rechtsdrall** und **Linksdrall**.

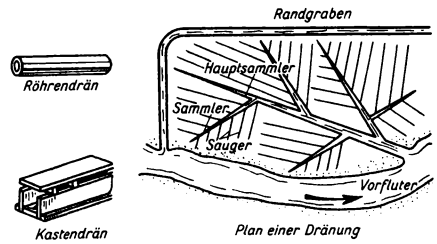
2) Physik: → Bewegung, → Spin.

Dralon, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Dränage, 1) im Grundbau meist an der Unterkante unterirdischer Räume verlegte Rohre, die Grund- oder Sickerwasser auffangen und von Bauwerken oder Bauwerksteilen fernhalten. Verwendet werden Tonrohre oder gelochte Steinzeugrohre. Die Rohrdurchmesser hängen von der Menge des abzufangenden Wassers und von der Länge der Dränageleitung ab. Die Rohre sind mit genügendem Gefälle zu verlegen und in einen Vorfluter zu leiten. Damit keine Verschlammung eintritt, sind sie mit abgestuftem Kies und Sand zu ummanteln. Zur Reinigung der D.n sind in Abständen, vor allem aber an Knickpunkten, Schächte anzuordnen.

2) veraltete Bezeichnung für → Dränung.

Dränung, früher **Dränage**, ein System einheitlich verbundener, unterirdisch verlegter Hohlstrecken, der Dräns, die der Bodenentwässerung, selten der Bewässerung dienen, gleichzeitig den Luft- und Wasserhaushalt des Bodens regeln und damit den Boden verbessern. Die D. ist ein wichtiges Teilgebiet der → Melioration. Als **Dräns** oder **Dränstränge** dienen in der Regel Dränrohre, die meistens Tonrohre, neuerdings auch Plastrohre sind, seltener Holzkästen, oder einfache Hohlgänge im Boden, die mit dem Maulwurfpflug gezogen werden (**Maulwurfdränung**).



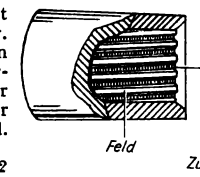
Plan einer Dränung

Das **Dränsystem** besteht aus den Saugern, die das Bodenwasser aufnehmen, und den Sammlern, die das Wasser aus den Saugern sammeln und durch den Dränauslauf in den → Vorfluter ableiten.

Die in parallelen Reihen verbundenen *Sauger* (*Saug-Nebenstränge*) bestehen aus Tonröhren von 50 bis 65 mm innerem Durchmesser und werden mit dem Legehaken in die als halbzylindrische Rinne ausgearbeitete, mit leichtem Gefälle angelegte Sohle des schmalen **Drängrabens** verlegt. Dieser wird mit dem Dränspaten oder mit Grabenfräsen oder Grabenbaggern ausgehoben. Der Abstand der Saugstränge voneinander beträgt je nach Bodenart 7 bis 30 m. Das Bodenwasser gelangt durch die Stoßfugen in die Saugröhren.

Für die *Sammler* (*Hauptstränge*) verwendet man Tonrohre mit 65 bis 210 mm Durchmesser. Der Winkel, den die Sauger mit den Sammlern bilden, muß kleiner sein als 90°, um Wasserstauung zu verhindern. Der Anschluß der Sauger an die Sammler erfolgt durch Anhacken der Rohre, soweit keine Formstücke vorhanden sind. Die Sauger sollen auf die Sammler münden.

Lit. Janert: Lehrbuch der Bodenmelioration (Bd 2 Berlin 1961).

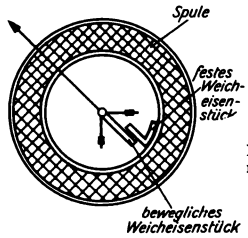


Gezogenes Rohr (zu Stichwort Drall)

Drechseln, das Bearbeiten von Holz, Plastwerkstoffen, Horn, Elfenbein, Perlmutter, Bernstein u. dgl. zu Gegenständen von rundem Querschnitt, z. B. zu Möbelteilen, Griffen, Knöpfen, Stöcken. Das D. entspricht dem Drehen von Metall und wird auf einer Drechslerdrehbank oder einer anderen Drehmaschine mit Drehröhre, Drehmeißel, Abstech- und Ausdrehstahl u. a. vorgenommen.

Dreheiseninstrument, Weicheiseninstrument, ein elektrisches Meßinstrument, das als Strommesser und Spannungsmesser für Wechselstrom, seltener für Gleichstrom verwendet wird. Der Zeigerausschlag ist eine Funktion des Effektivwertes des Stromes. Der Strom durchfließt eine feststehende Spule und erzeugt ein magnetisches Feld. Beim **Rundspulinstrument** werden zwei Weicheisenstücke, von denen das eine mit dem beweglichen Organ und das andere mit der Spule fest verbunden ist, gleichgerichtet von dem Spulenfeld aufmagnetisiert, so daß sie sich abstoßen. Bei dem weniger gebräuchlichen **Flachspulinstru-**

ment wird die Kraftwirkung des Spulenfeldes auf ein darin befindliches Weicheisenstück ausgenützt, die dieses in Richtung des stärkeren Feldes zieht.



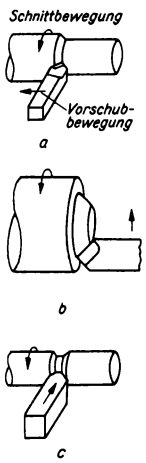
Dreheisenrundspulinstrument im Schnitt

Das Rückstellmoment erzeugt eine Feder. Das bewegliche Organ besitzt Luftdämpfung und ist spitzen- oder spannbandgelagert. Vorteilhaft sind der einfache und robuste mechanische Aufbau und die hohe elektrische Überlastbarkeit, nachteilig die verringerte Genauigkeit bei Gleichstrommessungen, die von der Hysterese des Weicheisens verursacht wird, und die geringe Empfindlichkeit. Das D. ist das am meisten verwendete Betriebsinstrument der Starkstromtechnik. Es kann bis zu Frequenzen von einigen hundert Hz verwendet werden. Der Leistungsbedarf des Meßwerkes bei Vollausschlag beträgt etwa 0,5 W. Es kann als Strommesser für etwa 50 mA bis 1000 A und als Spannungsmesser für etwa 1 V bis 100 V Vollausschlag ausgelegt werden. Feinmeßinstrumente erreichen die Genauigkeitsklasse 0,2. Übliche Betriebsinstrumente haben Klasse 1,5.

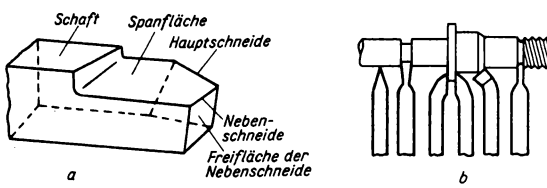
Drehen, ein Verfahren der spanenden Formung, bei dem das Werkstück die Schnittbewegung (Drehbewegung) und das Werkzeug (Drehmeißel) die Vorschubbewegung ausführt, wobei ein Span vom Werkstück abgetrennt wird. Das Drehen kann grundsätzlich bei allen festen Werkstoffen angewendet werden. Im folgenden ist als Wichtigstes das D. von Metallen behandelt.

Nach der Bewegungsrichtung des Werkzeugs unterscheidet man als wichtigste Arten des D.s zwischen **Langdrehen** mit Bewegen des Werkzeuges parallel zur Drehachse und **Plandrehen** und **Einstechen** mit Bewegen des Meißels senkrecht zur Drehachse. Beim Plandrehen erzielt man dadurch eine ebene Fläche, beim Einstechen eine Rille. Dient das Einstechen zum Trennen des Werkstücks, so spricht man von → Abstechen. Weitere Arbeiten sind das **Innendrehen** oder **Ausdrehen** des Werkstückinnern und das **Nachformdrehen** (→ Nachformen).

Die **Drehmeißel** bestehen grundsätzlich aus dem Schaft mit quadratischem, rechteckigem oder rundem Querschnitt und dem Kopf mit den Schneiden. Die der Vorschubrichtung zugewandte Schneide ist die Hauptschneide, die abgewandte die Nebenschneide. Die sich an die Schneiden nach unten anschließenden Flächen nennt man Freiflächen, die von den beiden Schneiden eingeschlossene Fläche Spanfläche. Die Winkel werden wie am Keil bezeichnet. Die Drehmeißel können gerade, gebogen und abgesetzt sein; die Form hängt wie die Kopfform von der erforderlichen Dreharbeit ab. Die Schneide der besonders auf Revolverdrehmaschinen und Drehautomaten benutzten **Formmeißel** entspricht der gewünschten äußeren Form des Werkstücks; Formmeißel haben keine Nebenschneide. Bei dem von dem sowjetischen Dreher Kolessow eingeführten **Kolessow-Meißel** hat die Nebenschneide einen Einstellwinkel von 0°. Sie schlichtet die beim D. entstandene neue Werkstückoberfläche nach, so daß hierfür kein besonderer Arbeitsgang erforderlich ist. Der Übergang von der Haupt- zur Nebenschneide in Form einer Fase vermindert den Verschleiß gegenüber einer Schneidenecke. Die **Ryshkow-Fase** ist eine künstliche Schneidenabstumpfung, da die Schneidkante sowohl nach der Span- als auch nach der Freifläche hin angefast wird. Der Anschliff wirkt schwingungsdämpfend, wodurch der Werkzeugverschleiß vermindert und die Oberflächengüte des Werkstücks verbessert werden.



1 Dreharbeiten: *a* Langdrehen, *b* Plandrehen, *c* Einstechdrehen mit Formmeißel



2 Drehen: *a* Schneiden und Flächen an einem Drehmeißel, *b* Drehmeißelformen

Je nach den Fertigungsbedingungen (Werkstoffart, Schnittgeschwindigkeit, Vorschub u. a.) verwendet man Drehmeißel aus → Werkzeugstahl oder → Schnellarbeitsstahl, mit aufgesetzten Hartmetallplatten oder Keramikplatten (→ Hartmetall, → Schneidkeramik) oder auch mit Drehdiamanten.

Das D. kann auf **Drehmaschinen** unterschiedlicher Bauart durchgeführt werden. Ihre Hauptelemente sind der Maschinenständer mit Bett und Führung, Teile zur Aufnahme und Bewegung des Werkstückes, Teile zur Aufnahme und Bewegung der Werkzeuge, das Getriebe zur Veränderung der Geschwindigkeit von Werkstück und Werkzeug und die Steuereinrichtungen für den Fertigungsablauf bei halb- und vollautomatischen Drehmaschinen. Die Dreh- oder Hauptspindel wird vom Antriebsmotor über das stufenlose oder gestufte Hauptgetriebe angetrieben. Die Vorschubbewegung wird vom Hauptgetriebe abgeleitet und über das stufenlose oder gestufte Vorschubgetriebe auf eine Leit- und Zugspindel übertragen, die den Werkzeugschlitten bewegt (**Leit-** und **Zugspindeldrehmaschine**). Das Werkstück wird entweder in die auf der Hauptspindel befindliche Spanneinrichtung (Drei- bzw. Vierbackenfutter, Planscheibe, Spannzange, → Werkstückspanner) oder zwischen den Spitzen gespannt, die sich in der Hauptspindel und in der Pinole des → Reitstocks befinden. Die erforderliche Drehmomentübertragung kann im einfachsten Falle durch ein auf das Werkstück geklemmtes Drehherz erreicht werden, wodurch eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Hauptspindel und Werkstück hergestellt wird. Schließlich kann man das Werkstück auch zwischen Radialspanneinrichtungen und Reitstockspitze spannen. Beim D. von langen, schlanken Werkstücken werden diese durch Setzstöcke (Lünetten) abgestützt. Der Drehmeißel wird in dem auf dem Schlitten befestigten Meißelhalter mit Druckschrauben festgeklemmt (→ Werkzeugspanner). Der Werkzeugschlitten ist meist als Kreuzschlitten ausgeführt, wobei der Bettschlitten parallel zur Drehachse der Maschine, der Unterschlitten senkrecht dazu und der Oberschlitten parallel oder nach Umstellung in einem bestimmten Winkel zur Drehachse (Kegeldrehen) bewegt werden kann.

Außer der beschriebenen Leit- und Zugspindeldrehmaschine, mit der alle genannten Dreharbeiten ausgeführt werden können, gibt es noch eine große Zahl von Drehmaschinen für Sonderzwecke. Die **Mechanikerdrehmaschine** hat keine Leit- und Zugspindel, der Vorschub geschieht über Handkurbel und Transportspindel oder über Handhebel und Zahnstange, der Antrieb meist durch Riemen über Stufenscheiben. Die **Nachdrehmaschine** kann mit aufsetzbarem Revolver-

kopf und Handhebelvorschub versehen werden, sie dient zum D. kleiner Teile und zum Nachbearbeiten von Revolver- und Automatenteilen. Alle genannten Drehmaschinen sind **Spitzendrehmaschinen**, d. h., das Werkstück wird zwischen Spitzen gespannt.

Zum Plandrehen großer und sperriger Werkstücke verwendet man die **Plandrehmaschine (Kopfdrehmaschine)**, bei der eine senkrecht angeordnete Planscheibe als Spannvorrichtung dient, die gegebenenfalls durch einen Reitstock ergänzt wird (kombinierte Plan- und Spitzendrehmaschine). Liegt die Planscheibe waagerecht, so spricht man von einer **Karusselldrehmaschine.** Der Werkzeugschlitten mit dem Meißelhalter, der auch als Revolverkopf (s. u.) ausgebildet sein kann, bewegt sich an einem über der Scheibe angeordneten Querträger. Dieser ist seinerseits an einem oder zwei Ständern auf- und abfahrbar (Zweiständerkarusselldrehmaschine). Es gibt auch Maschinen mit zwei Werkzeugschlitten. Die **Vielmeißeldrehmaschine** ist vorn und hinten mit Werkzeugträgern ausgerüstet, die gleichzeitig arbeiten können und mit mehreren Meißeln bestückt sind. Die besonders in der Serienfertigung benutzte **Revolverdrehmaschine** hat an Stelle des Reitstockes einen Revolverkopf, der mehrere Werkzeuge trägt (z. B. außer für D. auch für Bohren, Reiben, Senken, Gewindeschneiden u. a.). Nach der Form ihrer Anordnung unterscheidet man Sternrevolver mit senkrechter Achse und Trommelrevolver mit waagerechter Achse. Die Werkzeuge können nacheinander oder gleichzeitig in Arbeitsstellung gebracht werden; da mit Anschlägen gearbeitet wird, braucht nicht jedes Teil gemessen und geprüft zu werden.

Drehmaschinen, die alle Arbeitsstufen selbsttätig ausführen, bezeichnet man als **Drehautomaten.** Die verschiedenen Bewegungen (Einspannen und Vorschub des Werkstückes, Wechsel und Vorschub der Werkzeuge sowie Ausspannen) werden durch eine Steuerwelle über Kurvengetriebe gesteuert. Form- und Schraubendrehautomaten (einfacher Aufbau) werden zur Fertigung von Schrauben, Stiften, Bolzen usw. eingesetzt, Langdrehautomaten für die Bearbeitung langer, dünner Formteile. Das Werkstück wird axial bewegt, die Werkzeuge radial. **Revolverdrehautomaten,** bei denen die verschiedenen Werkzeuge in einem drehbaren Revolverkopf eingespannt werden, können **Einkurvenautomaten** sein (der Revolverkopf wird nur von einer Kurve bewegt, die bei jedem Werkzeug eine volle Umdrehung ausführt). Bei **Mehrkurvenautomaten** wird jedes im Revolverkopf aufgenommene Werkzeug von einer besonderen, auf dem Umfang einer Kurventrommel aufgenommenen Kurve bewegt. Bei Revolverdrehautomaten mit Schnellschaltwelle dient die Steuerwelle zur Bewegung des Revolverkopfes und der Seitenschlitten. Alle Hilfszeiten werden von Kurven, die auf der Schnellschaltwelle angeordnet sind, ausgeführt; dadurch wird eine Verkürzung der Hilfszeiten erreicht. Nach der Anzahl der vorhandenen Arbeitsspindeln unterscheidet man Einspindel- und Mehrspindeldrehautomaten. Je nachdem, ob Werkstoffvorschub, Ein- und Ausspannen von Hand oder automatisch erfolgen, spricht man ferner von Halb- und Vollautomaten.

Von den Sonderdrehmaschinen dient die **Blockdrehmaschine** zum Entfernen der Gußhaut von Metallblöcken, die **Radsatzdrehmaschine** zum Drehen von Rädern für Schienenfahrzeuge, die **Kurbelwellendrehmaschine** zum Bearbeiten exzentrisch liegender Lagerstellen an Kurbelwellen in einer Aufspannung, die **Hinterdrehmaschine** zum Hinterdrehen, z. B. beim Herstellen unrunder Werkstücke. Die **Bohr-, Dreh-** und **Abstechmaschine** stellt eine Werkzeugmaschine dar, auf der die drei genannten Arbeiten unabhängig voneinander gleichzeitig durchgeführt werden können. Sie ist hierfür mit zwei Werkzeug- und einem Bohrschlitten ausgerüstet. Die Maschine wird wirtschaftlich eingesetzt zur Vor- und Fertigbearbeitung von Ringen, Zahnrädern, Naben, Kupplungsteilen u. dgl. aus gewalztem oder geschmiedetem Stangenmaterial.

Lit.: Rabe: Dreherei (2. Aufl. Leipzig 1952); Dreher-Fachkunde (Leipzig 1965); Schule des Drehers (Berlin 1967).

Drehfeld, 1) Magnetismus: **magnetisches D.,** ein Magnetfeld, das sich um eine Achse dreht, normalerweise bei konstantem Betrag der Feldstärke und mit konstanter Winkelgeschwindigkeit. In elektrischen Maschinen ist das D. eine Form des Luftspaltfeldes, bei der im Luftspalt zwischen Ständer und Läufer eine sinusförmige Induktionsverteilung mit konstanter Geschwindigkeit umläuft. Praktisch erzeugt man ein D. durch geeignete Überlagerung der periodisch veränderlichen Magnetfelder einer Anzahl (meist drei) zu einer Wicklung zusammengeschalteter Spulen oder Spulengruppen (Wicklungsstränge), die von ebenso vielen gegeneinander phasenverschobenen Wechselströmen durchflossen werden (→ Dreiphasenstrom). Die Phasenverschiebung beträgt 360°/Zahl der Wicklungsstränge. Auf diese Weise entstehen die D.er in großen und mittleren Synchron- und Asynchronmaschinen. Ein D. läßt sich auch durch Zweiphasenwicklungen mit zwei gegeneinander phasenverschobenen Feldern erzeugen (Zweiphasenstrom) oder aber mit Hilfe von Einphasenwechselstrom und einem einzigen Wicklungsstrang. Das von ihm herrührende Wechselfeld spaltet man in zwei Teile auf und umgibt den einen Feldteil mit einer Kurzschlußwindung. Es entsteht dann in dieser ein Kurzschlußstrom, der ein zusätzliches Magnetfeld erzeugt, das sich dem die Kurzschlußwindung durchsetzenden Feldteil überlagert. Der Kurzschlußstrom ist ungefähr phasengleich mit der vom Magnetfeld in der Kurzschlußwindung erzeugten Spannung und eilt deshalb dem Magnetfeld um ein Viertel einer Periode nach. Dadurch entsteht zwischen dem unbelasteten und dem durch die Kurzschlußwindung belasteten Feldteil eine Phasenverschiebung, die genügt, um ein D. zu bewirken. Diese Anordnung verwendet man bei Synchron- oder Asynchronmotoren sehr geringer Leistung. Bei größeren Einphasenwechselstrommotoren verwendet man zwei Wicklungsstränge und schaltet einen Kondensator in Reihe mit einem von ihnen. Dadurch fließen in den beiden Wicklungssträngen gegeneinander phasenverschobene Ströme, so daß ein D. entstehen kann.

2) Elektrizitätslehre: **elektrisches D.,** ein elektrisches Feld, das sich um eine Achse dreht. Es läßt sich in analoger Weise wie das magnetische D. erzeugen, und zwar werden mehrere Plattenpaare von gegeneinander phasenverschobenen Wechselspannungen gespeist.

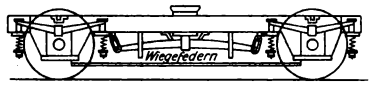
Drehfeldanzeiger, → Synchronoskop.

Drehfläche, → Rotation.

Drehflügler, svw. → Rotorflugzeuge.

Drehgestell, bei Schienenfahrzeugen ein kleines, gegenüber dem Hauptrahmen drehbares Fahrgestell. Es ermöglicht infolge der guten Führung einen ruhigen Lauf der Fahrzeuge, vor allem in den Gleiskrümmungen. Das normale D. für Eisenbahnfahrzeuge besitzt 2 oder 3 Treib- oder Laufachsen und dreht sich um eine mittlere senkrechte Achse (Drehzapfen). Sonderformen: Beim **Jakobsdrehgestell** stützen sich zwei Fahrzeuge auf zwei an den Enden befindliche Drehzapfen gemeinsam ab; Anwendung bei → Gliederzügen. Im **Krauß-Helmholtz-D.** sind eine Treib- und eine Laufachse gemeinsam gelagert. Der Drehpunkt befindet sich nahe an der Treibaches;

Anwendung bei Lokomotiven. Bei Straßenbahnen bezeichnet man die gleiche Anordnung als **Maximum-D.** Ähnlich ist auch das **Krauß-Lotter-D.**, in dem eine Laufachse und zwei Treibachsen gelagert sind. Das einachsige **Bissel-D.** besteht aus einer an einer Deichsel befestigten Laufachse und wird zur besseren Führung von Lokomotiven verwendet. Das Gegenstück zum Bissel-D. ist die → Adamsachse.



Drehgestell

Drehhacke, → Hackmaschinen.

Drehherz, → Drehen.

Drehkolbenmotor, ein → Rotationskolbenmotor.

Drehkolbenpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Drehkörper, → Rotation.

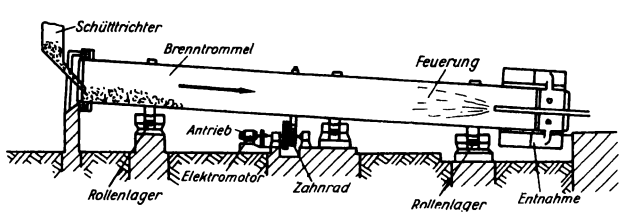
Drehmagnetinstrument, ein elektrisches Meßinstrument, das als Strommesser und als stromverbrauchender Spannungsmesser für Gleichstrom verwendet wird. Der Ausschlag ist abhängig vom Strom, der durch eine feste Spule fließt. Ein Dauermagnet befindet sich in ihrem Magnetfeld und wird davon ausgelenkt. Die Abweichung wird auf den Zeiger übertragen. Das D. ist somit die Umkehrung des → Drehspulinstruments mit festem Dauermagneten und beweglicher Spule. Es zeigt einen einfacheren und robusteren Aufbau als dieses, jedoch wesentlich geringere Empfindlichkeit. Das Rückstellmoment wird von dem Feld eines zusätzlichen, festen Dauermagneten erzeugt. Der Leistungsbedarf des Meßwerkes bei Vollausschlag beträgt 10 bis 100 mW (Milliwatt). Die Wirkung äußerer Magnetfelder wird durch einen weichmagnetischen Schirm verringert. Das D. gewinnt zunehmende Bedeutung als Betriebsinstrument für die Gleichstromtechnik.

Drehmeißel, → Drehen.

Drehmoment, in der Mechanik das Produkt aus Kraft und Kraftarm oder Hebelarm (das ist der kürzeste Abstand der in Kraftrichtung verlaufenden Geraden von der Achse) bei einer an einem drehbaren starren Körper angreifenden Kraft. Das D. ist ein Vektor, der auf der durch Kraftrichtung und Kraftarm gehenden Ebene senkrecht steht; er ist gleich der (durch das D.) in der Zeiteinheit hervorgerufenen Änderung des Dralls. **Momentensatz:** Wirken mehrere Kräfte auf einen Körper, die nicht durch einen Punkt gehen, so ist für jede beliebige Achse das Moment der Resultierenden gleich der Summe der Momente der Komponenten für dieselbe Achse. Im Falle des Gleichgewichtes muß die **Momentengleichung** erfüllt sein: Die Summe aller D.e ist Null.

Drehmomentwandler, svw. → Strömungsgetriebe.

Drehofen, 1) **Drehrohrofen** (Tafel 23), ein Industrieofen zur kontinuierlichen Durchführung chemischer Reaktionen. Er wird z. B. in der Zement- und in der Kalkindustrie verwendet, ferner in der Metallurgie zum Glühen der Halb- bzw. Fertigfabrikate. Der Drehrohrofen besteht aus einem langen, etwas geneigten Stahlrohr, das von einem Elektromotor langsam um seine Längsachse gedreht wird. Das Reaktionsgut wird an der höher gelegenen Seite aufgegeben, durch die Drehung sowie Neigung langsam ans andere Rohrende befördert und dort abgezogen. Die Brenngase werden im Gegenstrom durch den Drehrohrofen geführt. Drehrohröfen können bis zu 160 m lang sein und Durchmesser bis zu 4 m haben.



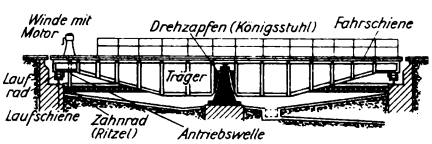
Drehrohrofen im Schnitt

2) **Drehrostofen,** ein kontinuierlich arbeitender Schachtofen (also senkrechter Drehofen) zum Brennen von Kalk. Er hat einen drehbaren Rost, durch den die Asche laufend aus dem Ofen entfernt wird.

3) **Drehrostgenerator,** ein → Generator.

Lit. Braun: Die Öfen der Eisenhüttenwerke (Bd 2 Leipzig 1958).

Drehscheibe, eine Vorrichtung zum Umsetzen von Schienenfahrzeugen aus einem Gleis in ein anderes sowie zum Wenden der Fahrzeuge. Sie besteht aus einem brückenartigen Träger, auf dem die Fahrschienen ruhen; der Träger kann sich innerhalb einer kreisrunden Grube um einen mittleren Zapfen, den Königsstuhl, drehen und stützt sich am Außenrand auf einen kreisförmigen, in der Grube liegenden Schienenstrang mittels Laufrädern ab. Das Drehen erfolgt meist durch einen Elektromotor, seltener durch einen Druckluftmotor oder mittels Handwinde; dabei rollt ein kleines Zahnrad auf einem Zahnkranz ab, der am Rand der Grube fest eingebaut ist. Neuere Ausführungen ohne Zahn-



Drehscheibe

kreuz benutzen den Reibungswiderstand der Laufräder zum Antrieb. Bei großem Durchmesser (bis 23 m) sind D.n als **Gelenkdrehscheiben** gebaut, um eine gleichmäßige Verteilung der Last auf die einzelnen Stützpunkte zu gewährleisten.

Lit. Fechner, Gose, Stroesner: Die Bahnbetriebswerke und ihre technischen Anlagen (Berlin 1962).

Drehschieberpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Drehspiegel, ein um die senkrechte Achse rasch drehbarer, etwa 4- oder 6seitiger Prismenspiegel, mit dem ein Gegenstand betrachtet wird, bei dem sich schnelle Veränderungen abspielen. Man sieht so die zeitlich aufeinanderfolgenden Zustände räumlich nebeneinander. Dieser D. wird beim Zeitdehner und beim Fernsehen verwendet. Als D. bezeichnet man auch den drehbaren Spiegel bei Meßinstrumenten, z. B. Spiegelgalvanometer, zum Sichtbarmachen sehr kleiner Ausschläge.

Drehspulinstrument, ein elektrisches Meßinstrument, das den arithmetischen Mittelwert des durchfließenden Stromes anzeigt. Es ist somit als Strommesser und als stromverbrauchender Spannungsmesser bei Gleichstrom verwendbar. Mit Hilfe von Meßgleichrichtern (→ Gleichrichter-Meßinstrument) oder → Thermoumformern kann auch bei Wechselstrom gemessen werden. Über hochempfindliche Ausführungen → Galvanometer.

Beim D. erzeugt ein Dauermagnet M einen Magnetfluß, der durch Polschuhe P und einen Kern K aus Weicheisen in dem Arbeitsluftspalt L konzentriert und gleichmäßig verteilt wird. Die vom Meßstrom durchflossene Spule S erfährt ein Drehmoment nach dem elektrodynamischen Kraftgesetz. Die Spule ist spitzen- oder spann-

bandgelagert. Die Stromzuführung erfolgt im ersten Fall über zwei Spiralfedern oder im zweiten Fall über die Spannbänder. Die Spiralfedern bzw. die Spannbänder liefern auch das Rückstellmoment. Durch eine Kurzschlußwindung auf den Spulenrahmen erfolgt eine Wirbelstromdämpfung. (Abb.)

Eine moderne platzsparende Ausführung ist das *Kernmagnetinstrument*, bei dem sich der Dauermagnet innerhalb des Kerns befindet und außerhalb der Spule nur ein zylindrischer Weicheisenrückschluß angebracht ist.

Das D. ist das wichtigste Betriebsinstrument der Gleichstromtechnik. Der Leistungsbedarf bei Vollausschlag beträgt 0,01 bis 1 mW. Die Spule kann für 10 μA bis 1 A bzw. 1 mV bis 1 V bei Vollausschlag ausgelegt werden. Die Genauigkeitsklasse 0,1 wird erreicht.

Drehstab, svw. → Drillstab.

Drehstrom, im Sprachgebrauch übliche Bezeichnung für → Dreiphasenstrom.

Drehstrommaschine, eine → elektrische Maschine.

Drehstrom-Nebenschlußmaschine, → elektrische Maschine.

Drehstrom-Reihenschlußmaschine, → elektrische Maschine.

Drehtransformator, Induktionsregler, eine als → Stelltransformator eingesetzte, stillstehende Asynchronmaschine mit Schleifringläufer (→ elektrische Maschine, → Transformator), deren Läufer über ein selbsthemmendes Getriebe von außen verdreht werden kann. Der D. wird im allgemeinen dreiphasig ausgeführt und in Zusatzschaltung eingesetzt. Dabei liegt die Läuferwicklung am Primärnetz, die Ständerwicklung arbeitet als Zusatzwicklung und ist in Reihe mit dem Primärnetz geschaltet. Das Drehfeld induziert in der Ständerwicklung Spannungen, deren Phasenlage bei konstanter Amplitude durch Verdrehen des Läufers beliebig eingestellt werden kann. Dadurch kann die Sekundärspannung U_2 im Extremfall um die Ständerspannung größer oder kleiner als die Primärspannung U_1 gemacht werden. Im allgemeinen tritt eine gewisse Phasenverschiebung zwischen Sekundär- und Primärspannung auf; sie wird durch Kombination zweier D.en vermieden **(Doppeldrehtransformator).** (Abb.)

D.en dienen zur Spannungsstellung im Energieversorgungsnetz, zur Steuerung von Umformern und Prüftransformatoren sowie zur Drehzahlstellung von Drehstrom-Kommutatormaschinen.

Drehung, svw. → Rotation.

Drehungsfreiheit, → Hydrodynamik.

Drehungsvermögen, svw. → optische Aktivität.

Drehwaage, Torsionswaage, ein empfindliches Gerät zur Messung anziehender oder abstoßender Kräfte. Sie besteht aus einem an einem dünnen Draht waagerecht aufgehängten Waagebalken, an dessen Enden je eine kleine Massekugel befestigt ist. Greift an den Kugeln eine äußere Kraft an, so dreht sich der Waagebalken unter der Einwirkung des äußeren Drehmomentes so lange, bis das infolge der Verdrillung des Aufhängedrahtes entgegenwirkende Drehmoment dem von außen wirkenden Drehmoment gleich geworden ist. Aus der Gleichgewichtsstellung kann die Größe der äußeren Kraft ermittelt werden. Auf diese Weise lassen sich ganz geringe Kräfte bestimmen. Mit der nach diesem Prinzip konstruierten **Cavendishschen D.** bestimmte Cavendish 1798 die Gravitationskonstante (→ Massenanziehung). Bei der **Eötvösschen D.** sind die kleinen Massen in verschiedener Höhe am Waagebalken befestigt. Sie dient zur Messung der Änderungen des Schwerefeldes der Erde, die meist ihre Ursache in Störungen im Aufbau der Erdkruste haben. Die Eötvössche D. wird darum in der angewandten Geophysik beim Aufsuchen von Lagerstätten in der oberen Erdkruste verwendet. Die **Coulombsche D.** (1735 entwickelt) dient zur Messung elektrischer Anziehungs- und Abstoßungskräfte.

Drehwert, → optische Aktivität.

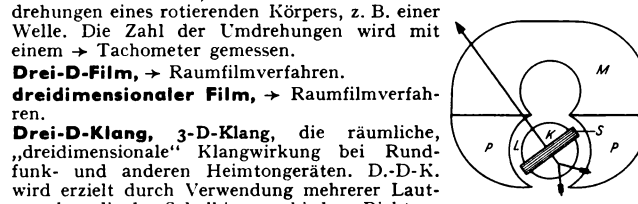
Drehzahl, die Anzahl n der in der Zeiteinheit t, meist in einer Minute, durchlaufenen vollen Umdrehungen eines rotierenden Körpers, z. B. einer Welle. Die Zahl der Umdrehungen wird mit einem → Tachometer gemessen.

Drei-D-Film, → Raumfilmverfahren.

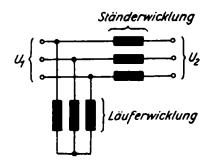
dreidimensionaler Film, → Raumfilmverfahren.

Drei-D-Klang, 3-D-Klang, die räumliche, „dreidimensionale" Klangwirkung bei Rundfunk- und anderen Heimtongeräten. D.-D-K. wird erzielt durch Verwendung mehrerer Lautsprecher, die den Schall in verschiedene Richtungen abstrahlen. Der dadurch entstehende pseudostereophone Effekt unterscheidet sich von der echten → Stereophonie durch das Fehlen der originalgetreuen räumlichen Zuordnung der Schallherkunftsrichtungen.

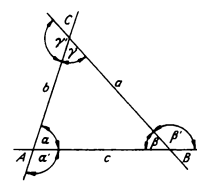
Dreieck, Zeichen △, ein von drei sich schneidenden Geraden begrenzter Teil der Ebene **(ebenes Dreieck).** Die drei Schnittpunkte A, B, C der Geraden nennt man die *Ecken* des D.s, die drei Verbindungslinien der Schnittpunkte $\overline{AB} = c$, $\overline{BC} = a$, $\overline{AC} = b$ sind die *Seiten* des D.s. Der durch ein D. begrenzte Teil der Ebene heißt *Fläche* des D.s. Nach der Länge der Seiten unterscheidet man: a) **gleichseitige D.e** (3 gleichlange Seiten), b) **gleichschenklige D.e** (2 gleichlange Seiten, die man als **Schenkel** bezeichnet, die dritte Seite als *Grundlinie* oder *Basis*), c) **ungleichseitige D.e** (alle Seiten verschieden lang). Nach der Größe der Winkel unterscheidet man: a) **spitzwinklige D.e** (alle Winkel kleiner als 90°), b) **rechtwinklige D.e** (ein Winkel ist 90°; die beiden den rechten Winkel einschließenden Seiten heißen *Katheten*, die ihm gegenüberliegende Seite *Hypotenuse*), c) **stumpfwinklige D.e** (ein Winkel ist größer als 90°). Die von jeweils zwei Dreieckseiten eingeschlossenen Winkel im Inneren des D.s $\sphericalangle BAC = \sphericalangle\alpha$, $\sphericalangle CBA = \sphericalangle\beta$, $\sphericalangle ACB = \sphericalangle\gamma$ heißen *Innenwinkel*; ihre Summe beträgt stets 180°. Gleichen Winkeln liegen gleiche Seiten, dem größeren (kleineren) Winkel liegt die größere (kleinere) Seite gegenüber. Werden die drei Seiten über die Eckpunkte hinaus verlängert, erhält man jeweils als Winkel zwischen einer Seite und der Verlängerung der anderen die drei *Außenwinkel* α', β', γ' des D.s; ihre Summe beträgt 360°. Ein Außenwinkel ist gleich der Summe der beiden nicht anliegenden Innenwinkel. Die Summe (Differenz) zweier Dreieckseiten ist stets größer (kleiner) als die dritte Seite.



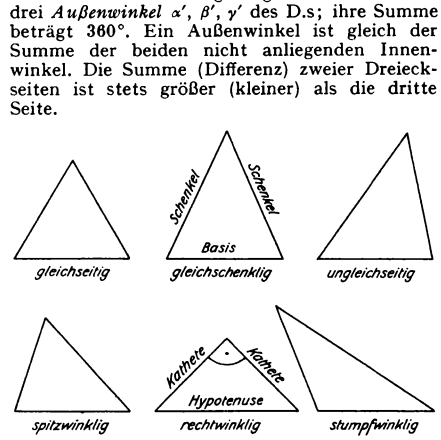
Drehspulinstrument



Schaltung des dreiphasigen Einfach-Drehtransformators. U_1 Primärspannung, U_2 Sekundärspannung



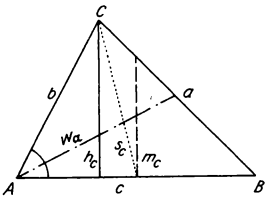
1 Das Dreieck ABC. A, B, C Eckpunkte; a, b, c Seiten; α, β, γ Innenwinkel; α', β', γ' Außenwinkel



2 Formen der Dreiecke

Die ausgezeichneten Linien des D.s sind 1) die **Höhe,** d. i. das von einer Ecke auf die gegenüberliegende Seite gefällte Lot. Die drei

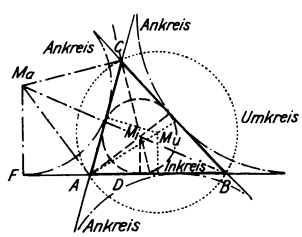
Höhen eines D.s h_a, h_b, h_c schneiden sich in einem Punkt, dem *Höhenschnittpunkt*; 2) die **Seitenhalbierende (Mittellinie, Schwerlinie)**, d. i. die Verbindungslinie eines Eckpunktes mit dem Mittelpunkt der gegenüberliegenden Seite. Die drei Seitenhalbierenden eines D.s schneiden sich



3 Höhe h_c, Seitenhalbierende s_c, Mittelsenkrechte m_c und Winkelhalbierende w_α eines Dreiecks

im *Schwerpunkt* der Dreiecksfläche und teilen sich gegenseitig im Verhältnis 2:1 (von der Ecke aus); 3) die **Winkelhalbierende**, d. i. die einen Innenwinkel halbierende Gerade. Der Schnittpunkt der drei Winkelhalbierenden w_α, w_β, w_γ, der von den drei Seiten gleich weit entfernt ist, ist der Mittelpunkt des Inkreises; 4) die **Mittelsenkrechte**, d. i. die im Mittelpunkt einer Seite errichtete Senkrechte. Der Schnittpunkt der drei Mittelsenkrechten m_a, m_b, m_c, der von den drei Eckpunkten gleich weit entfernt ist, ist der Mittelpunkt des Umkreises. Alle durch ein D. verlaufenden Geraden bezeichnet man als *Transversalen*. Höhenschnittpunkt, Schwerpunkt sowie die Mittelpunkte von Inkreis und Umkreis nennt man die ausgezeichneten oder merkwürdigen Punkte des D.s

Der *Umkreis* eines D.s ist der einem D. umbeschriebene, durch seine Eckpunkte gehende Kreis. Der *Inkreis* ist einem D. derart einbeschrieben, daß er die Seiten berührt, d. h., die Dreieckseiten sind Tangenten des Inkreises. Die drei *Ankreise* berühren je eine Dreieckseite von außen; ihre Mittelpunkte liegen jeweils auf dem Schnittpunkt der Winkelhalbierenden eines Innenwinkels mit den Winkelhalbierenden der Außenwinkel der beiden anderen Innenwinkel.



4 Inkreis, Umkreis und Ankreis eines Dreiecks. M_i Mittelpunkt des Inkreises, M_u Mittelpunkt des Umkreises, M_a Mittelpunkt des Ankreises

Die Seiten und die Innenwinkel eines D.s bezeichnet man als seine Stücke. Ein Dreieck ist durch drei voneinander unabhängige Stücke bestimmt, die nach ihrer Größe und Lage eine eindeutige Lösung zulassen. D.e nennt man *kongruent* (Zeichen $\cong$), wenn sie in Größe und Gestalt übereinstimmen (→ Kongruenz), D.e heißen *ähnlich* (Zeichen $\sim$), wenn sie nur in ihrer Gestalt übereinstimmen (→ Ähnlichkeit).

Die Aufgabe, aus drei gegebenen, unabhängigen Stücken eines D.s die übrigen Stücke und seinen Flächeninhalt zu berechnen, ist Gegenstand der ebenen → Trigonometrie, die Berechnung nichtebener D.e ist Inhalt der sphärischen Trigonometrie. Ein **sphärisches** oder **Kugeldreieck** ist ein Teil der Kugeloberfläche, der von drei Bogen größter Kugelkreise begrenzt wird (→ Kugel).

Einige wichtige Formeln für das D.: a) allgemeines D.: *Umfang* $U = 3s = a + b + c$; *Fläche* $A = \frac{1}{2} g \cdot h = \frac{1}{2} a \cdot h_a = \frac{1}{2} b \cdot h_b = \frac{1}{2} c \cdot h_c$; $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$; b) gleichseitiges D. (Seitenlänge a): $h = \frac{a}{2}\sqrt{3}$; $A = \frac{a^2}{4}\sqrt{3}$; c) rechtwinkliges D. (Katheten a, b): $A = \frac{1}{2} a \cdot b$; $a^2 + b^2 = c^2$ (→ pythagoreischer Lehrsatz).

Dreieckschaltung, → Dreiphasenstrom.

Dreiecksmessung, svw. → Triangulation.

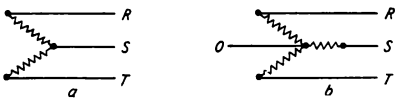
Dreifachbindung, die homöopolare Verknüpfung von zwei Atomen, besonders von C- und N-Atomen, durch drei Valenzen, → Bindung 1), → Kohlenstoffverbindungen.

Dreifingerregel, eine einfache Gedächtnishilfe für die Richtungsbeziehungen bei der magnetischen Induktion. Die **Rechtehandregel** oder **Dynamoregel** gibt die Richtung der durch Induktion in einem Draht erzeugten Spannung an. Mittelfinger, Zeigefinger und Daumen der rechten Hand werden rechtwinklig zueinander gehalten und der Zeigefinger in Richtung der magnetischen Feldlinien, also vom Nord- zum Südpol, der Daumen in Richtung der Bewegung des Leiters gestellt. Der Mittelfinger gibt dann die Richtung der induzierten Spannung an, die in dieser Richtung einen positiven Strom antreibt. Benutzt man die linke Hand, dann geben die Finger die entsprechenden Richtungen beim Motor an (**Linkehandregel**). Diese Regeln lassen sich zu folgender D. (der rechten Hand) vereinigen: Hält man den Zeigefinger in Richtung der magnetischen Feldlinien und den Daumen in Richtung der Ursache (Bewegung oder Strom), so gibt der Mittelfinger die Richtung der Wirkung (Strom oder Bewegung) an.

Dreikörperproblem, Mehrkörperproblem, die Aufgabe, von drei oder mehr verschiedenen Massenpunkten, die gemäß dem Gesetz der allgemeinen Massenanziehung aufeinander wirken und deren Anfangslagen und Anfangsgeschwindigkeiten bekannt sind, den zeitlichen Verlauf der Bewegung zu bestimmen. Das vor allem für die Astronomie wichtige Problem ist allgemein nicht lösbar. Von 18 Integralen, die beim D. gefunden werden müssen, sind 10 bekannt (6 Schwerpunktintegrale, 3 Flächenintegrale, 1 Energieintegral). Darüber hinaus sind nur Spezialfälle, z. B. die von Lagrange gefundenen (Librationspunkte), exakt lösbar. In allen allgemeinen Fällen (Astronomie: Sonnensystem, → Himmelsmechanik; Atomphysik: Heliumatom und höhere Atome) sucht man durch Störungsrechnung oder numerische Integration Näherungslösungen zu gewinnen.

Dreiphasenstrom, ein aus drei gegeneinander um 120° phasenverschobenen Wechselströmen gleicher Amplitude und Frequenz bestehendes Stromsystem. Man nennt dieses System auch **Drehstrom**, besser **Drehstromsystem**, weil in den meisten Fällen mit seiner Hilfe ein magnetisches → Drehfeld erzeugt wird. D. ist also nicht etwa eine dritte Stromart neben Gleich- und Wechselstrom. Man erzeugt den D., indem in einem Generator die Wicklungen der drei Stränge in Winkeln von $\frac{120°}{p}$ zueinander angeordnet werden (p = Polpaarzahl). Die drei entstehenden, voneinander unabhängigen Wechselspannungen sind dann um je 120° phasenverschoben. Das gilt bei symmetrischer Belastung auch für die Ströme. Man bezeichnet die drei Phasen mit R, S, T, wobei die entsprechenden Leitungen mit den Farben gelb, grün, violett gekennzeichnet werden. Die drei Wicklungen (Stränge) eines Drehstrom-

systems können in Dreieck oder Stern geschaltet werden. Bei der *Dreieckschaltung* (Abb. a) sind die drei Wicklungen hintereinandergeschaltet; von den drei Eckpunkten gehen die drei Leiter ab. Bei der *Sternschaltung* sind die drei Wicklungen mit je einem Ende in einem Punkt (Sternpunkt) verbunden; von den freien Enden gehen die Leiter ab (Abb. b). Zusätzlich kann vom Sternpunkt ein → Mittelpunktsleiter Mp ausgehen, wobei dieser bei ungleicher Belastung der drei Leiter den Differenzstrom ableitet. Man bezeichnet ein solches System als *Vierleitersystem*. Ein geerdeter Mittelpunktsleiter wird als *Nulleiter* bezeichnet. Während bei der Dreieckschaltung nur die Spannungen U_{RS}, U_{ST} und U_{TR} (zwischen den Leitern) auftreten, die untereinander im Betrag gleich sind (verkettete Spannung), gibt es bei der Sternschaltung noch die Spannungen U_{OR}, U_{OS} und U_{OT} zwischen den jeweiligen Leitern und dem Sternpunkt (Sternspannung). Beim D. ist immer die Leiterspannung $= \sqrt{3} \cdot$ Sternspannung. Zum Beispiel ist bei einer Sternspannung von 220 V die Leiterspannung 380 V. Das bedeutet, als Spannung von 220 V des normalen Lichtnetzes kann die Sternspannung eines Drehstromsystems mit einer Leiterspannung von 380 V verwendet werden. Einsträngig, d. h. zwischen je einer Phase und dem Nulleiter, werden Geräte mit geringerer Leistung, wie Haushaltsgeräte, Glühlampen u. ä., angeschlossen. Ein Anschluß an alle drei Stränge erfolgt bei Verbrauchern großer Leistung und im besonderen bei Drehstrommotoren (→ elektrische Maschine). Der Nulleiter wird oft mit dem Gehäuse des angeschlossenen Verbrauchers verbunden. Dadurch wird verhindert, daß bei Gehäuseschluß unzulässig hohe Spannungen an blanken äußeren Teilen auftreten.



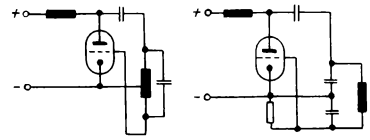
a Dreieckschaltung, *b* Sternschaltung

Die Leistung eines Drehstromsystems ergibt sich aus der Summe der Leistungen der drei Stränge. Bei symmetrischer Belastung gilt für die gesamte Wirkleistung $P_W = 3\,U\,I\cos\varphi$, wobei U der Effektivwert der Spannung über einem Strang, I der Effektivwert des Stromes durch diesen Strang und φ der Phasenwinkel (→ Leistungsfaktor) dieses Stranges ist. Für die Energieerzeugung werden Drehstromgeneratoren bis 20000 V gebaut. Für die Fernübertragung wird diese Spannung teilweise bis auf 380000 V und mehr hochtransformiert und muß dann zur Verteilung in der Nähe der Verbraucher zurücktransformiert werden. — D. wird heute bei dem überwiegenden Teil aller Energieversorgungsanlagen benutzt. Dies erklärt sich aus den besonderen Vorteilen, die der D. bietet: 1) Alle Mehrphasensysteme, und somit auch der D., ermöglichen die einfachste Erzeugung eines Drehfeldes und damit den Bau besonders leistungsfähiger, robuster und betriebssicherer Elektromotoren. 2) Von allen Mehrphasensystemen benötigen das Zwei- und Dreiphasensystem die geringste Zahl an Leitungen, normalerweise nämlich drei, wobei diese beim D. besser ausgenutzt werden als beim Zweiphasensystem. Der D. ist dadurch wirtschaftlicher. 3) Die Umformung von D. in Gleichstrom ergibt eine wesentlich kleinere Welligkeit als bei Verwendung von einphasigem Wechselstrom.

Dreipunktboot, ein → Motorboot.

Dreipunktkupplung, → Anbausystem.

Dreipunktschaltung, eine Rückkopplungsschaltung zur Erregung eines Parallelschwingkreises. Man unterscheidet zwischen **induktiver D. (Hartleyschaltung),** bei der die Rückkopplungsspannung an einem induktiven Spannungsteiler (Spule mit Abgriff), und **kapazitiver D. (Colpittsschaltung),** bei der die Rückkopplungsspannung an einem kapazitiven Spannungsteiler (Reihenschaltung von Kondensatoren) abgegriffen wird.



Hartleyschaltung *Colpittsschaltung*

Dreisatz, Regeldetri, ein im elementaren Rechnen (besonders im Zinsrechnen) übliches Verfahren, um aus drei gegebenen Größen einer Verhältnisgleichung die vierte zu finden. Dabei wird stets zunächst auf die Einheit geschlossen, dann auf die gesuchte Vielheit. Beispiel: a) 5 m Stoff kosten 28 M; wieviel kosten 6 m? Die Berechnung erfolgt in drei Sätzen:

5 m kosten 28 M

$$1\text{ m kostet } 28 : 5 = \frac{28}{5}\text{ M}$$

$$6\text{ m kosten } \frac{28}{5} \cdot 6 = \frac{28 \cdot 6}{5} = 33{,}60\text{ M}$$

b) Zur Herstellung einer bestimmten Stoffmenge benötigen 5 Maschinen 20 Stunden; wieviel Zeit benötigen 6 Maschinen?

5 Maschinen benötigen 20 Stunden

1 Maschine benötigt $20 \cdot 5$ Stunden

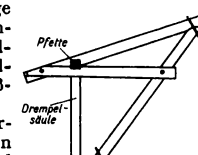
$$6\text{ Maschinen benötigen } \frac{20 \cdot 5}{6} = 16\frac{2}{3}\text{ Stunden.}$$

Im Beispiel a) handelt es sich um einen D. mit geradem, im Beispiel b) um einen D. mit ungeradem Verhältnis (→ Proportionalität). Eine Verallgemeinerung der Dreisatzrechnung ist die **Schlußrechnung.** Sie befaßt sich mit *zusammengesetzten Dreisätzen,* bei denen die gesuchte Größe von mehr als drei, aber stets einer ungeraden Anzahl von Größen abhängt und eine entsprechende Anzahl von Sätzen für die Lösung erforderlich sind. Zum Unterschied von dieser *zusammengesetzten Schlußrechnung* heißt die Dreisatzrechnung auch *einfache Schlußrechnung.*

Dreiteilung des Winkels, → Winkeldreiteilung.

Drell, Drillich, Zwillich, ein sehr festes und dichtes Baumwoll-, Halbleinen- oder Leinengewebe in Köper- oder Atlasbindung, vielfach mit Längsstreifen. Es wird für Matratzenbezüge, Bettzeug und Berufskleidung verwendet.

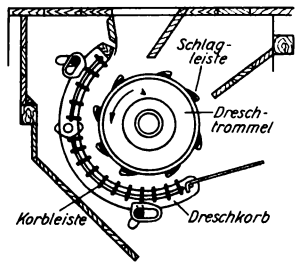
Drempel, Kniestock, von der Dachbalkenlage an hochgeführte Außenwand. Sie soll den Dachraum vergrößern. Die Fußpfetten **(Drempelpfetten)** ruhen bei Dächern mit D. auf **Drempelsäulen,** die sich auf das Ende der Dachgeschoßbalken oder eine Schwelle stützen.



Drempel als Fachwerkwand

Dreschmaschine, eine feststehende oder fahrbare Maschine zum Dreschen (Entkörnen) von Getreide sowie von Hülsen- und Ölfrüchten und Feinsämereien. Die Ähren, Schoten, Kapseln u. a. werden zwischen einer schnellaufenden Dreschtrommel und einem feststehenden, die Trommel teilweise umschließenden Dreschkorb durch Schlag oder Reibung entkörnt. Das Einlegen der Garben kann quer **(Breitdrescher)** oder in Längsrichtung zur Trommel **(Schmaldrescher)** erfolgen. Bei den vorwiegend verwendeten **Schlagleistendreschern** ist der Trommelumfang mit längsseitig gerippten, der verstellbare Korb mit glatten, scharfkantigen Leisten versehen. Schlagleistendrescher sind meist Breitdrescher. Bei den **Stiftendreschern** sind auf Trommel und Korb Stahlstifte befestigt, die anein-

ander vorbeigleiten. Stiftendrescher werden vorwiegend als Schmaldrescher gebaut. Durch Strohschüttler, Siebe und Gebläse, evtl. auch Sortierzylinder werden Lang- bzw. Kurzstroh, Spreu und sonstige Beimengungen abgeschieden. Die gereinigten Körner werden abgesackt oder mittels Gebläse in Speicher oder Wagen befördert. Moderne D.n sind noch versehen mit Selbsteinleger zum Aufschneiden und Zuführen der Garben zur Dreschvorrichtung (evtl. als Ferneinleger), Sackheber, Absackwaage, Strohpresse



Schlagleistendreschtrommel im Schnitt

oder Gebläsehäcksler. Zum Entfernen der Gerstengrannen oder Weizenkappen kann ein *Entgranner* vorgesehen sein. Der Antrieb der D. erfolgt meist durch einen Elektromotor oder Traktormotor.

Drilling, ein → Jagdgewehr.

Drillingsmaschine, eine → Dampfmaschine mit 3 Hochdruckzylindern.

Drillmaschine (Tafel 36), die wichtigste → Sämaschine, die das Saatgut in parallelen Reihen ausbringt. Es gibt D.n für Gespann- und Traktorzug. Letztere werden als Anhänge-, Anbau- und Aufsattelmaschinen ausgeführt. Der Aufbau der gespann- und traktorgezogenen D.n ist im Prinzip derselbe. Auf einem von zwei Laufrädern getragenen Rahmen, der bei Gespanndrillmaschinen mit einem Vorderwagen verbunden ist, bei Traktordrillmaschinen unmittelbar am Traktor angebracht wird, sitzen der Saatkasten und die Säorgane. An der unteren Rückwand des *Saatkastens* läuft außen eine *Säwelle*, auf der *Säräder* (meist Schubräder oder Einheitsräder) befestigt sind. Bei Drehung der Säwelle entnehmen diese durch Öffnungen im Saatkasten Saatkörner und befördern sie in *Saatleitungsrohre*, durch die sie in von *Säscharen* gezogene Rillen fallen. Zustreicher (z. B. Gabeln) schließen die Rillen, Druckrollen drücken den Boden mit den Körnern an. Der Antrieb der Säorgane erfolgt von den Laufrädern aus (Bodenantrieb), bei Anbaudrillmaschinen durch besondere Bodenräder, vom Traktorhinterrad aus oder mittels Zapfwelle vom Traktormotor.

Drillstab, Drehstab, Torsionsstab, eine stabförmige Verdrehungsfeder, deren eines Ende fest eingespannt ist, während das andere einem dort angreifenden Drehmoment Federwirkung entgegensetzt. Der D. wird z. B. bei Webmaschinen und im Kraftfahrzeugbau verwendet.

Drillung, svw. → Verdrehung.

Drosselblende, Meßblende, in eine Rohrleitung fest eingebaute Scheibe mit kreisrunder Durchflußöffnung von unveränderlichem Durchmesser zur Erhöhung des Durchflußwiderstandes. Als Meßblende dient die D. zur Messung des Durchsatzes nach dem Wirkdruckverfahren (→ Drosselgerät).

Drosseldüse, ein → Drosselgerät.

Drosselgerät, eine Einrichtung zum Messen der durch Rohrleitungen je Zeiteinheit durchgesetzten Flüssigkeits- oder Gasmengen nach dem Wirkdruckverfahren. Beim Strömen durch den verengten Querschnitt des D.s wird das Medium beschleunigt und der Druck entsprechend der Bernoullischen Gleichung gesenkt. Der Durchsatz Q (Menge je Zeiteinheit) ist proportional der Wurzel aus der Druckdifferenz $p_1 - p_2$ zwischen dem unverengten und dem verengten Rohrquerschnitt, dem Wirkdruck, der mit einem Manometer gemessen wird: $Q = \alpha A_0 \varepsilon \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\varrho_1}}$. Hierbei ist A_0 der engste Querschnitt des D.s, α die Durchflußzahl (berücksichtigt die Reibung und Einschnürung der Strömung) und ε die Expansionszahl (berücksichtigt bei Gasen die Kompressibilität). Zur Messung des Dampfdurchsatzes benutzte D.e werden **Dampfmengenmesser** genannt.

Die wichtigsten D.e sind: 1) **Drosselblende,** eine Scheibe mit zentraler Bohrung, vor und hinter der die Drücke gemessen werden. Von Vorteil ist die sehr kurze Baulänge, von Nachteil der große Druckverlust. 2) **Drosseldüse,** ein Bauteil, in dem das Medium durch kontinuierliche Verengung des Strömungsquerschnittes beschleunigt wird. Vor und hinter der Düse wird der Druck gemessen. 3) **Venturidüse, Venturirohr,** eine Drosseldüse mit nachgeschaltetem Diffusor, um den Druckverlust klein zu halten. Nachteilig ist die große Baulänge.

Drosselkette, eine Kette hintereinandergeschalteter Drosselspulen und quergeschalteter Kondensatoren. Die D. bildet eine Sperre gegen Wechselströme oberhalb einer bestimmten Frequenz.

Drosselklappe, eine innerhalb einer Rohrleitung (Dampfzuleitung, Kraftstoffleitung, Wasserleitung) befindliche, von außen verstellbare Klappe, mit der man den freien Leitungsquerschnitt und somit auch die durchströmende Flüssigkeits- oder Gasmenge ändern kann. D.n dienen zum Absperren und Regeln, besonders auch als Rückschlagklappe. Völliges Abdichten bereitet oft Schwierigkeiten.

Drosselspule, eine Spule aus zahlreichen Drahtwindungen, die meist mit einem Eisenkern versehen ist. Die D. stellt wegen ihrer großen Induktivität einen hohen Widerstand für Wechselstrom dar, während für Gleichstrom nur der geringe Ohmsche Widerstand wirksam ist. Der → Wechselstromwiderstand wächst mit der Frequenz. Im Gegensatz zum Wirkwiderstand schwächt er als induktiver Widerstand (Blindwiderstand) den Wechselstrom praktisch ohne Leistungsverlust. Ordnet man den Eisenkern verschiebbar an, so kann durch Wechsel seiner Eintauchtiefe die Induktivität geändert werden. D.n mit veränderlicher Induktivität werden als → Variometer bezeichnet. In der Starkstromtechnik (Kraftwerke, Industrieanlagen) werden häufig D.n großen Ausmaßes ohne Kern als **Kurzschluß-Drosselspulen** verwendet, die durch ihre Induktivität ein zu rasches Ansteigen des Kurzschlußstromes verhindern. In der Schwachstromtechnik werden D.n ohne bzw. mit Ferrit- oder HF-Eisenkern verwendet.

Drosselung, die Zustandsänderung eines Gases oder einer Flüssigkeit bei konstanter Enthalpie. Die kinetische Energie wird durch Verwirbelung in Wärme umgesetzt.

Druck, Zeichen p, eine physikalische Zustandsgröße, die bestimmt wird durch den Quotienten aus einer Kraft F und der Größe der Fläche A, auf die diese Kraft entgegen der Flächennormalen wirkt: $p = FA^{-1}$. Der D. kann gemessen werden in 1) Newton je Quadratmeter ($N\,m^{-2}$), 2) Bar ($1\ bar = 10^5\ N\,m^{-2} = 10^6\ dyn\,cm^{-2}$), 3) Torr, 4) Millimeter Wassersäule (mm WS), 5) Atmosphären. Die technische Atmosphäre at ist gleich $10^4\ kp\,m^{-2} = 1\ kp\,cm^{-2}$; die physikalische Atmosphäre atm ist gleich 101 325 $N\,m^{-2} = 760$ Torr (→ Atmosphäre 2). Die einzelnen Druckeinheiten können durch folgende Beziehungen ineinander

übergeführt werden: 1 atm = 1,03323 at = 760 Torr = 1,01325 bar; 1 at = 735,6 Torr = 0,96784 atm = 0,980665 bar. Die Meteorologie bedient sich als Druckeinheit des Millibars: 1 mbar = 10^{-3} bar.

In Gasen und Flüssigkeiten wird der D. meist mit den → Manometern gemessen. Den Luftdruck mißt man mit → Barometern.

Druckbestäuber, die mit Druckluft arbeitende, automatische Spritzvorrichtung an Druckmaschinen, die die bedruckten Bogen während des Auflagendrucks besprüht (flüssig) oder bestäubt (trocken), damit die frische Druckfarbe nicht auf den jeweils darüberliegenden Bogen übertragen wird.

Drucken, 1) graphische Technik: → Druckverfahren. 2) Textilindustrie: → Druckerei.

Drücken, ein Fertigungsverfahren zum Druckumformen von Blech. Eine Blechplatine oder ein Blechhohlkörper mit gerader Mantellinie wird in einer Drückmaschine oder einer Drehmaschine gegen ein Drückfutter gespannt und bei rotierendem Futter gegen die Kontur angedrückt. Die Blechdicke bleibt nahezu konstant. Die Umformkraft wird von Hand oder maschinell (meist hydraulisch) auf das mit einer balligen Kuppe versehene Drückwerkzeug übertragen. Beim D. von Gewinden (z. B. von Glühlampensockeln) wird der Werkstoff (eine gezogene Hülse) auf einen Gewindedorn aufgesteckt, und eine ebenfalls mit Gewinde versehene Druckrolle drückt dagegen. Das D. von Gefäßen ist dann notwendig, wenn die Gefäßöffnung enger ist als der Gefäßkörper (z. B. bei Feldflaschen); das Drückfutter muß in diesem Fall auseinandernehmbar sein. (Abb.)

Beim **Streckdrücken (Walzdrücken)** und beim ähnlichen **Projizierstreckdrücken (Flowturn)** wird das Blech im Gegensatz zum normalen D. auf eine kleinere Blechdicke abgestreckt. Das Streckdrücken, das auf besonderen Streckdrückmaschinen erfolgt, ermöglicht auch die Bearbeitung von schwer umformbaren Werkstoffen, z. B. Gußeisen und Titanlegierungen. Mit Hilfe dieses Verfahrens können Hohlkörper bis 1000 mm Durchmesser und 1500 mm Länge hergestellt werden.

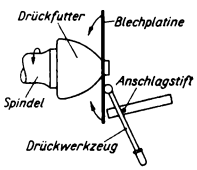
Druckerei, Zeugdruck, ein Zweig der Textiltechnik, umfaßt das mustergemäße örtliche Anfärben oder Farbzerstören bei Textilien durch Bedrucken. Die D. ist wirtschaftlicher als die webereitechnisch erzeugte Musterung.

Die Druckfarbe enthält den Farbstoff und Verdickungsmittel (Stärke, Pflanzenschleim, Zellulosederivate, Wasser-in-Öl-Emulsionen), die das Auslaufen der Farbe verhindern.

Das älteste Verfahren ist der **Modeldruck,** ein Handdruck, bei dem die Druckfarbe von einem erhaben gemusterten Holzmodel auf das Gewebe übertragen wird; selten mechanisiert als Perrotinedruck. Beim **Spritzdruck** deckt man das Gewebe mit Zinkblechschablonen ab, die das Muster ausgespart enthalten, und spritzt die Druckfarbe mit der Spritzpistole auf den Stoff. Beim **Filmdruck** wird die Druckfarbe mit einer Rakel durch mustergemäß ausgesparte Gazeschablonen auf das Gewebe gestrichen. Für Großproduktion wird der **Rouleaudruck (Walzendruck, Maschinendruck)** angewandt. Die um einen großen Zylinder geführte Stoffbahn erhält dabei die Musterung von jeweils in einer Farbe eingefärbten Druckwalzen (Kupfermantel mit vertieft eingraviertem Muster).

Beim **Direktdruck** wird die Druckfarbe mustergemäß aufgedruckt. Eines der ältesten Direktdruckverfahren ist der **Blaudruck** mit Indigo auf Baumwollgewebe. Beim **Ätzdruck** wird eine Ätzpaste auf das vorgefärbte Gewebe gedruckt und zerstört die Grundfarbe an den bedruckten Stellen. Beim **Buntätzdruck** enthält die Ätzpaste einen gegen die Ätze unempfindlichen Farbstoff, der an Stelle des zerstörten Farbstoffes aufgedruckt wird. Beim **Reservedruck** wird eine Schutzschicht (Reservierungsmittel, Reserve) lokal aufgedruckt, die beim nachfolgenden Färben den Stoff an diesen Stellen vor dem Anfärben schützt (Weißreserve). Ein solches Reservedruckverfahren ist der Batikdruck, → Batik. Beim Buntreservedruck enthält die aufgedruckte Reserve einen Farbstoff, der die reservierten Stellen anfärbt. In der modernen Drucktechnik wird der Reservedruck dann angewendet, wenn ein Bemustern durch Ätzen wegen der Ätzbeständigkeit der Färbung nicht möglich ist oder wenn man einfacher oder billiger zum Ziel kommt als beim Ätzen. Das bekannteste Reservierungsmittel ist die Variaminblaureserve.

Kammzug wird mit Reliefdruckwalzen mit Querstreifen bedruckt, durch Fachen und Verstrecken des bedruckten Kammzuges entsteht eine gleichmäßige Farbmischung **(Kammzug-, Vigoureux-, Melangedruck).** Über den **Flockdruck** → Beflocken.



Arbeitsweise einer Drückmaschine

Druckfestigkeit, Zeichen σ_{dB}, die auf den ursprünglichen Querschnitt A_0 bezogene Druckbeanspruchung, die beim Auftreten des ersten Anrisses oder des Bruchs gemessen wird (TGL 0-50106); $\sigma_{dB} = \frac{F_B}{A_0}$ (F_B = Kraft beim Auftreten des ersten Anrisses oder Bruches). Tritt kein Anriß oder Bruch ein, so bezeichnet man die Beanspruchung, die einer Gesamtstauchung von 50 % zugeordnet ist, als D.: $\sigma_{d50} = \frac{F_{50}}{A_0}$.

Die D. wird in kp mm^{-2} angegeben und durch den → Druckversuch ermittelt. Bei metallischen Werkstoffen verwendet man im Normalfall zylindrische Proben mit einem Verhältnis $l/d < 3$ (l/d = Länge/Durchmesser). Bei Proben $l/d > 3$ besteht die Gefahr, daß sie seitlich ausknicken. Man verwendet sie, um die Knickkraft zu bestimmen. Bei nichtmetallischen Werkstoffen, z. B. Holz, Steinen, Beton, verwendet man vielfach Prismen oder Würfel als Probekörper zur Bestimmung der D.

Druckform, im weiteren Sinne die für den Druck fertigen Druckplatten und Druckzylinder sowie der Schriftsatz einschließlich der Druckstöcke; im engeren Sinne die von einem Stahlrahmen fest umschlossenen Satzkolumnen einschließlich der Ätzungen, Stereos, Galvanos u. a. für den Druck auf der Flachform-Hochdruckmaschine, auch kurz **Form** genannt.

Druckguß, → Formguß.

Druckkabine, Überdruckkabine, ein luftdicht abgeschlossener, druckdichter und vielfach auch thermisch isolierter Teil des Rumpfes von hochfliegenden Flugzeugen, vor allem die Besatzungs- und Fluggasträume von Verkehrsflugzeugen. Die Außenluft mit geringer Dichte wird durch Verdichter komprimiert und in die D. geleitet. Dadurch werden in der D. künstliche Drücke aufrechterhalten, die etwa denjenigen in 2500 m Höhe entsprechen (Überdruck gegenüber der Außenluft). Heiz- bzw. Kühlaggregate sorgen für eine angenehme Temperatur in der D. Moderne D.n besitzen komplette Klimaanlagen. Flugzeuge, die in Höhen über 20000 m fliegen, müssen mit → hermetischen Kabinen ausgestattet sein.

Druckkammer, svw. → Klimakammer.

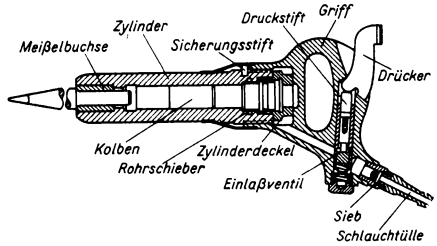
Druckkammerlautsprecher, ein Trichterlautsprecher besonders hohen Wirkungsgrades. Dieser hohe Wirkungsgrad (25 bis 30 % gegenüber 1 bis 3 % normaler Lautsprecher) wird erzielt einmal durch gute Anpassung der schwingenden Membran an die Luft, mit Hilfe der Druckkammer, zum anderen durch die gebündelte Schallabstrahlung mit Hilfe des an die Druckkammer

angesetzten Exponential- oder Kugelwellentrichters. Die Druckkammer besteht aus einem kleinen Hohlraum, der auf einer Seite von der Lautsprechermembran dicht abgeschlossen wird. Auf der der Membran gegenüberliegenden Seite der Kammer befindet sich ein Loch, das nunmehr die Aufgabe einer strahlenden Fläche (Membran) übernimmt. Durch den großen Unterschied zwischen Membran- und Lochfläche wird die gute Anpassung zwischen Membran und Luft erreicht. Die quasi masselose Lochfläche erlaubt die Abstrahlung sehr hoher Frequenzen, die nur durch die größte Abmessung der Druckkammer begrenzt werden. Für die Abstrahlung tiefer Frequenzen müßte der Trichter einen sehr großen Durchmesser und eine Länge von mehreren Metern haben. Daher sind die üblichen D. für die Abstrahlung tiefer Frequenzen und damit zur Musikwiedergabe nicht geeignet.

Drucklagen, im Bergbau durch den Druck des Hangenden im Flöz längs der Abbaukante entstehende Risse.

Druckluft, Preßluft, in → Verdichtern (Kompressoren) erzeugte verdichtete Luft. Sie dient als Kraftübertragungsmittel zum Antrieb von Werkzeugen, Maschinen und Geräten in vielen Industriezweigen, ferner zur Förderung z. B. von Schüttgütern.

1) **Druckluftmaschinen.** Bei schlagend arbeitenden Druckluftmaschinen wird in einem Zylinder die potentielle Energie der D. in Form von kinetischer Energie an einen freifliegenden Kolben übertragen. Durch geregelte Zuführung der D. in die Zylinderräume vor und hinter dem Kolben und durch Abführung der expandierenden Luft aus den Zylinderräumen wird eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens bewirkt und dadurch ein Einsteckwerkzeug betätigt. Meist steht der Kolben nicht in mechanischer Verbindung mit dem Werkzeug, z. B. bei Niet-, Meißel-, Gußputz-, Kernausstoß-, Keilloch-, Gleisstopf-, Aufbruch-, Spaten-, Abbau- und Bohrhämmern (Schlagzahl bis etwa 3900/min).



Druckluftmeißel- und -stemmhammer im Schnitt

Der Kolben kann aber auch fest verbunden sein mit der aus dem Zylinder herausragenden Kolbenstange, die das Arbeitswerkzeug trägt, z. B. bei Stampfern, Stoßsägen, Stoßbohrmaschinen, Schrämhämmern und Pfahlziehern (Schlagzahl bis etwa 2000/min), oder der Kolben wirkt direkt als Arbeitswerkzeug, z. B. bei Kesselsteinabklopfern, Formkastenklopfern und Rohrreinigungsgeräten (Schlagzahl bis etwa 6000/min).

Bei drehend arbeitenden Druckluftmaschinen wird die Energie des Druckgefälles auf Kolben mit veränderlichen Kolbenflächen übertragen, die zwangläufig ihre Eigenbewegung in Drehbewegung (gegebenenfalls über ein Übersetzungsgetriebe) zur Betätigung von drehenden Arbeitswerkzeugen oder zur Kraftabgabe an andere Maschinen und Einrichtungen umsetzen.

Blasend arbeitende Druckluftmaschinen nutzen die Energie der D. unmittelbar aus, z. B. Sandstrahlgebläse, Farb- und Metallspritzpistolen.

2) D. wird ferner verwendet zum Betrieb von Schlag- und Drucknietmaschinen, Stichlochhämmern u. a., für Spannzwecke in Vorrichtungen, zur Betätigung der Bremsen in Eisenbahnwagen und Lastkraftwagen, zum Öffnen und Schließen der Türen in Omnibussen und Schienenfahrzeugen, zum Aufpumpen von Kraftfahrzeugreifen, zur Kühlung von Schmiedegesenken und zum Antrieb von Druckluftlokomotiven im Bergbau.

Der Betriebsdruck beträgt meist 6 bar, im Bergbau 4 bar. Druckluftlokomotiven führen D. mit 180 bar in Speichern mit.

Über Druckluftförderanlagen → pneumatische Förderer.

Druckluftbremse, eine mittels Druckluft betriebene Bremse bei Eisenbahnfahrzeugen (→ Eisenbahnbremsen) und schweren Straßenfahrzeugen (→ Kraftwagen).

Drucklufthammer, ein → Maschinenhammer.

Druckluftkasten, → Gründung.

Druckmaschinen (Tafel 34), Verarbeitungsmaschinen zur Vervielfältigung zweidimensionaler Vorlagen mit Hilfe einer Druckform. Von der Druckform wird die im Farbwerk oder auf sonstige Weise aufgetragene Druckfarbe auf den Bedruckstoff (gewöhnlich Papier) übertragen.

Im Hochdruck gibt es drei Gruppen von D. 1) **Tiegeldruckmaschinen (Tiegeldruckpressen)** arbeiten nach dem Prinzip Fläche gegen Fläche, d. h., das Papier wird von einer ebenen Metallplatte gegen die eingefärbte flache Druckform gepreßt. 2) Die → **Zylinderdruckmaschine** arbeitet nach dem Prinzip Zylinder (der den Druckbogen führt) gegen Fläche. 3) Die → Rotationsdruckmaschine arbeitet nach dem Prinzip Zylinder gegen Zylinder. Bei ihr werden halbrunde Druckformen (→ Stereotypie) verwendet.

Die wichtigsten Maschinen im Flachdruck sind die **Offsetrotationsdruckmaschinen** (→ Offsetdruck). Sie arbeiten indirekt, d. h., das Druckbild wird von der Druckform über einen mit Gummituch bespannten Zylinder auf den Bedruckstoff übertragen. Daneben gibt es noch **Lichtdruckmaschinen, Steindruckmaschinen, Zinkdruckmaschinen.**

Im Tiefdruck werden **Rakeltiefdruckmaschinen** verwendet (→ Tiefdruck). — Im Durchdruck gibt es neben den manuell betätigten **Siebdrucktischen** bereits größere, z. T. mit automatischen Bogen-Anlegeapparaten versehene **Siebdruckmaschinen.**

Zum Bedrucken von Packungen, Zellglas, Plast- und Metallfolien, für den Druck von Formularen, Durchschreibesätzen u. a. gibt es **Spezialdruckmaschinen.** Sie sind häufig als **Kombinationsdruckmaschinen** mit Flexo- und Tiefdruckwerken oder Buchdruck- und Offsetdruckwerken ausgeführt.

Lit. → Druckverfahren.

Druckmesser, → Manometer, → Barometer.

Druckmittelgetriebe, → Füllstoffe.

Druckplatte, eine Druckform, die manuell, photomechanisch (→ Ätzen 2) oder elektromechanisch (→ Druckplattengraviermaschine) oder durch Abformen einer bereits vorhandenen Hochdruckform (Galvano, Stereo) hergestellt wird. Als Material verwendet man Metall (Zink, Kupfer), Holz, Linoleum, Gummi oder Plast. Die **Collobloc-Druckplatte** wird ohne Ätzprozeß photochemisch aus einer mit Chromatsalzen sensibilisierten mehrschichtigen Folie hergestellt. Bedeutungsvoller sind die **Dycril-** und **Nylondruckplatte** auf Polyamidbasis. Bei ihrer Herstellung werden sensibilisierte, im Kontakt belichtete, aus Mischpolyamid bestehende Folien mit bestimmten Entwicklerlösungen ausgewaschen. Zu den D.n zählen die → Strichätzung,

→ Autotypie, Kornätzung, das → Galvano und Stereo (→ Stereotypie) u. a.

Lit. Gasch: Klischeeherstellung (Halle 1951).

Druckplattengraviermaschine, eine Maschine zur Herstellung von Druckplatten nach Strich-, Halbton- oder Farbvorlagen auf elektronischem und mechanischem Wege, also ohne Ätzen. Beim **Klischographen** werden die Vorlage, mit der Oberseite nach unten, und das darüberliegende Druckplattenmaterial auf einem ebenen Tisch angebracht. Dieser Graviertisch führt eine hin- und hergehende Bewegung aus; während der Hinbewegung wird die Vorlage Punkt für Punkt von einer Photozelle abgetastet, und ein durch die entstehenden Wechselströme elektronisch gesteuerter Gravierstichel graviert die als *Klischogramm* bezeichnete Druckplatte. Beim Hergang des Tisches arbeitet der Stichel nicht. Für Rastergravuren wird dem Steuerstrom eine Rasterfrequenz übergelagert. Es sind Rasterweiten von 26, 32 oder 48 Linien/cm möglich. Bei einer Sonderform kann zwischen zwei verschiedenen Rastern gewählt werden. Mit dem **Farbklischographen,** in dem Farb- und Korrekturfilter eingebaut sind, werden farbkorrigierte Druckplatten für den Mehrfarbenbuchdruck nach farbigen Aufsichts- oder Durchsichtsbildern (Farbpapierpositive oder Farbdiapositive) hergestellt. Die einzelnen Farbplatten werden nacheinander gefertigt. Klischographen arbeiten im allgemeinen im Maßstab 1 : 1, jedoch gibt es auch Geräte, mit denen Verkleinerungen (bis 1 : 3) und Vergrößerungen (bis 4 : 1) möglich sind **(Varioklischograph).** Bei anderen Arten von D.n, z. B. dem Scan-a-graver (USA), der Elgrama-D. (Schweiz) sowie bei der sowjetischen D. EGA werden Vorlage und Druckplattenmaterial auf zwei synchron rotierende Walzen gespannt. Die beim Abtasten entstehenden Wechselströme steuern entweder einen elektrisch beheizten Stichel, dessen Spitze trichterförmige Vertiefungen in eine Plastfolie brennt, oder einen Schneidstichel, der das Bild in einen Linienraster auflöst. Die mit diesen D.n hergestellten Druckplatten werden als *Elektro-Rastergravuren* bezeichnet.

Mit der D. sind Druckplatten vielfach schneller herzustellen als mit Hilfe der Chemigraphie.

Drucksonde, eine Strömungssonde. Die D. besteht aus einem vorn abgerundeten Rohr, das seitlich kleine Bohrungen (oder einen Ringschlitz) aufweist, an denen der statische Druck gemessen wird. Sie ist sehr empfindlich gegen Schräganströmung, da das Meßergebnis stark von der Anströmrichtung (Anstellwinkel) abhängt. Die D. muß daher genau in Strömungsrichtung zeigen. Die Kombination von D. und Pitotrohr ergibt das → Prandtlrohr.

Druckstock, eine → Druckplatte, die durch Hintergießen mit Blei oder Plast oder Aufbringen auf eine Unterlage auf die Höhe der Schrift gebracht wurde.

Drucktype, svw. → Letter.

Druckverfahren, Verfahren zur mechanischen Herstellung einer beliebig großen Anzahl von Schrift- oder Bildabzügen mit Hilfe einer Druckform durch Übertragen einer färbenden Substanz (Druckfarbe) auf einen Bedruckstoff mittels → Druckmaschinen.

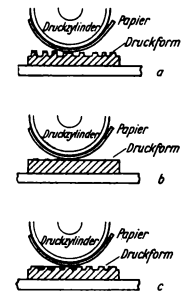
Die wichtigsten D. sind Hoch-, Flach- und Tiefdruck. Beim **Hochdruck** verwendet man Druckformen, deren Druckelemente gegenüber den nichtdruckenden Teilen gleichmäßig erhöht liegen. Durch die Farbwalzen der Druckmaschine werden die hochstehenden Schrift- und Bildteile der Druckform mit Druckfarbe eingefärbt. Beim Druckvorgang wird dann das Papier an die hochstehenden Druckelemente gepreßt und nimmt dadurch den größten Teil der Farbe von der Druckform ab. Zu den Hochdruckverfahren gehören → Buchdruck und → Flexodruck.

Beim **Flachdruck** liegen die druckenden und nichtdruckenden Teile der Druckform praktisch in der gleichen Ebene. Bei der Herstellung wird die Druckform derart präpariert, daß sie eine fettige Oberfläche bekommt. Für den Druckvorgang wird sie dann nacheinander mittels Feuchtwalzen überwischt (gefeuchtet) und mittels Farbwalzen eingefärbt. Da die druckenden Stellen fettig sind, stoßen sie das Wasser ab, nehmen aber die Druckfarbe begierig auf. Umgekehrt nehmen die nichtdruckenden Stellen das Wasser auf und stoßen die Druckfarbe ab. Zu den Flachdruckverfahren gehören → Steindruck, → Lichtdruck, → Zinkdruck und → Offsetdruck.

Beim → **Tiefdruck** liegen die Druckelemente gegenüber den nichtdruckenden Teilen der Druckform vertieft. Zum Tiefdruck gehören auch Heliogravüre, Kupferstich und Radierung (→ Kupferstechkunst) und → Stahlstich.

Ein weiteres D. ist der **Durchdruck.** Dabei verwendet man als Druckformträger ein Gewebe, auf dem die bildfreien Stellen abgedeckt, die zu vervielfältigenden Stellen dagegen offen gehalten sind. Die Farbe wird beim Druckvorgang durch die offenen Maschen des Gewebes mit einer Rakel oder einem Gummiquetscher auf den Druckträger übertragen. Das bekannteste Durchdruckverfahren ist der → Siebdruck.

Ein besonderes D., bei dem elektrostatische Kräfte für die Farbübertragung ausgenutzt werden, ist die → Xerographie.



Druckverfahren: *a* Hochdruck, *b* Flachdruck, *c* Tiefdruck

Lit. Braun: Atlas des Zeitungs- u. Illustrationsdruckes (Frankfurt/M. 1960); Erbs-Ley: Der Rotationsdruck (Leipzig 1952); Fischer: Die Arbeit des Buchdruckers (Leipzig 1951); Hildebrandt: Maschinenkunde für den Hochdruck (Leipzig 1951); Koschlik: Drucker-ABC (Leipzig 1952), Drucktechnik im Buchdruck (Halle 1952); Lohse: Handb. des Druckers für die Verarbeitung von Druckfarben (Leipzig 1952); Rupp: Chemie und Physik des Flachdrucks (Leipzig 1953); Schütz: Einführung in die Technik der D. (Halle 1951).

Druckvergaser, ein → Generator.

Druckversuch, ein Verfahren der Werkstoffprüfung, dient zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter einachsiger Druckbeanspruchung. Dabei wird ein Prüfkörper gleichförmigen Querschnitts mit einer langsam und stetig zunehmenden Kraft beansprucht. Der Druckversuch wird meistens mittels **Universalprüfmaschinen** vorgenommen. Bei verformbaren Werkstoffen wird die Probe in Richtung der Kraft (→ Stauchung) verkürzt unter gleichzeitiger Vergrößerung des Querschnitts [Ausbauchung $q_d = \frac{A - A_0}{A_0} \cdot 100$ in % (A = Querschnitt bei Lasteinwirkung, A_0 = ursprünglicher Querschnitt), Bruchausbauchung $\Psi_d = \frac{A_B - A_0}{A_0} \cdot 100$ in % (A_B = Bruchquerschnitt)]. Den Verlauf des D.s kann man in einem Kraft-Längenänderungs-Diagramm darstellen. Außer der Druckfestigkeit σ_{dB} ermittelt man bei verformbaren metallischen Werkstoffen meist noch folgende Kenngrößen: Statt der meßtechnisch nicht einwandfrei bestimmbaren Elastizitätsgrenze σ_{dE} die technischen Elastizitätsgrenzen $\sigma_{d0,02}$ oder $\sigma_{d0,01}$. Man versteht darunter die auf den Anfangsquerschnitt bezogenen Kräfte, die eine bleibende Stauchung ε_{dbl} von 0,02 % oder 0,01 % hervorrufen. Weiter wird die natürliche Quetschgrenze σ_{dF} ermittelt, bei der die erste Unstetigkeit im Kurvenverlauf und eine merkliche bleibende Stauchung auftritt, oder an ihrer Stelle die 0,2-Stauchgrenze ($\sigma_{d0,2}$), wenn die Kraft-Längenänderungskurve ohne deutlichen Knickpunkt verläuft (TGL 0-50106). Große Bedeutung hat der D. insbesondere bei der Prüfung von Holz, Glas, Beton.

Druckwelle, eine örtlich erzeugte und sich durch das Medium fortpflanzende Druckstörung. Schwache Druckstöße pflanzen sich mit Schallgeschwindigkeit, starke Druckstöße, d. h. → Verdichtungsstöße, mit Überschallgeschwindigkeit fort.

Drumlins, Drums, Schildberge, Rückenberge, in Gebieten ehemaliger Vergletscherung ovale, tropfenförmige, in Richtung der Eisbewegung angeordnete Hügel aus Moränenmaterial (Geschiebemergel) mit deutlicher Luv- und Leeseite. Die D. erreichen eine Höhe von 5 bis 10 m, eine Breite von 3 bis 40 m und eine Länge von 800 bis 2000 m.

Druse, ein rundlicher Hohlraum im Gestein, dessen Wände mit Kristallen bedeckt sind, → Sekretion.

D-Schicht, → Ionosphärenschichten.

dt, Kurzz. für Dezitonne, → Tonne.

dual, invers, widerstandsreziprok. In der Elektrotechnik werden zwei Widerstände R_1 und R_2 als zueinander dual bezeichnet, wenn man setzen kann: $R_1 = k^2/R_2$. Die (beliebig wählbare) Größe k heißt **Dualitätsinvariante** oder **Inversionspotenz.** Duale Schaltelemente, die also dieser Forderung genügen, sind: Induktivität — Kapazität; Widerstand — Leitwert; Spannungsquelle — Stromquelle. In dualen Netzwerken entsprechen einander: Reihenschaltung — Parallelschaltung; Strom — Spannung; Maschen — Knoten. Die Umwandlung nennt man duale Umwandlung.

Dualismus von Welle und Korpuskel, die Doppelnatur der Materie. Eine Reihe von experimentellen Erfahrungen, vor allem der Photoeffekt, führten in neuerer Zeit dazu, dem Licht neben seinem durch Interferenzerscheinungen bestätigten Wellencharakter auch den Charakter von Korpuskeln zuzuschreiben (Einstein 1905). Anderseits wurde festgestellt, daß die Atombausteine, denen man bisher nur Korpuskelcharakter zugesprochen hatte, Beugungserscheinungen zeigen (zuerst beobachtet an Elektronen), die als Beweis für den Wellencharakter einer Erscheinung gelten. Deshalb wurde von de Broglie um 1925 eine Wellentheorie der Teilchen geschaffen. Heute muß man ganz allgemein jeder elektromagnetischen Welle und jedem Korpuskel Wellen- und Teilcheneigenschaften zuschreiben, von denen je nach den gegebenen Versuchsbedingungen die eine oder die andere in Erscheinung tritt. Die gegenseitige Abhängigkeit dieser beiden Beschreibungsarten regelt die → Heisenbergsche Unschärferelation. Die grundlegende Beziehung, welche gestattet, jederzeit vom Teilchenbild zum Wellenbild überzugehen und umgekehrt, lautet: $p = \frac{h}{\lambda}$ (p = Impuls, h = Planckscher Wirkungsquantum, λ = Wellenlänge). Für ein Teilchen der Masse m und der Geschwindigkeit v ergibt sich also die zugeordnete Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{mv}$. Anderseits ist einem Lichtquant (im Teilchenbild auch „Photon" genannt) mit der Wellenlänge λ und der Geschwindigkeit c die Masse $m = \frac{h}{\lambda c}$ zugeordnet. Trotzdem geht der Unterschied zwischen Welle und Korpuskel nicht verloren: Die elektromagnetische Welle ist dadurch ausgezeichnet, daß bei ihr stets $v = c$ und daher ihre gesamte Energie Bewegungsenergie, also ihre Ruhmasse $m_0 = 0$ ist. Beim Korpuskel ist stets $v < c$; es besitzt auch in der Ruhe eine Masse $m_0 > 0$.

Die Doppelnatur von Welle und Korpuskel ist überraschend, weil sich im klassisch-physikalischen Denken Korpuskel und Welle logisch ausschließen, während in der Wirklichkeit beide Erscheinungsformen an demselben Objekt (wenn auch nicht gleichzeitig) beobachtet werden. Sie gehört damit zu den Schlüsseln für das Verständnis der Quantentheorie. (→ Komplementarität, → Materiewellen).

Dualitätsinvariante, → dual.

Dualitätsprinzip, in der projektiven Geometrie das Prinzip, demzufolge aus der Gültigkeit eines Satzes durch die Vertauschung dualer Elemente die Gültigkeit des zu ihm dualen Satzes folgt. In der projektiven Geometrie der Ebene sind Punkt und Gerade duale Elemente. So erhält man z. B. zu dem Satz „Zwei Geraden bestimmen einen Punkt" durch Vertauschung der Begriffe Punkt und Gerade den dualen Satz „Zwei Punkte bestimmen eine Gerade." Im projektiven Raum sind Punkt und Ebene dual. Der Verbindungsebene dreier Punkte ist der Schnittpunkt dreier Ebenen dual, der Verbindungsgeraden zweier Punkte entspricht die Schnittgerade zweier Ebenen. — Dualitätsbeziehungen spielen auch in der Topologie eine Rolle.

Dualsystem, dyadisches System, Zweiersystem, ein Zahlensystem (→ Zahl), das im Unterschied zum herkömmlichen Dezimalsystem zur Zahlendarstellung nur die beiden Ziffern 0 und 1 sowie die Grundzahl (Basis) 2 benutzt. Das D. ist ein spezielles → Binärsystem mit den ganzzahligen Zweierpotenzen als Gewichten. Die Zeichenfolge einer Dualzahl erhält man durch Aneinanderreihen der Koeffizienten, die bei der Darstellung dieser Zahl als Summe der Potenzen mit der Basis 2 auftreten:

$0 = 0 \cdot 2^0 \triangleq 0$
$1 = 1 \cdot 2^0 \triangleq 1$
$2 = 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \triangleq 10$
$3 = 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \triangleq 11$
$4 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \triangleq 100$
$5 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \triangleq 101$
$10 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 \triangleq 1010$
$15 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \triangleq 1111$
$17 = 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \triangleq 10001$

Das D. ist für die technische Darstellung von Zahlen besonders geeignet, da es nur zweiwertiger Signale bedarf. Daraus ergibt sich seine außerordentliche praktische Bedeutung für die modernen Rechenautomaten. Auf die theoretischen Vorteile des D.s wies schon Leibniz hin.

Dubbs-Verfahren, → Kracken.

Dübel, Döbel, Dobel, Dippel, 1) ein Pflock aus Holz oder Stahl, der mit Gips oder Zement in die Wand oder Decke eingesetzt wird zur sicheren Aufnahme von Nägeln, Haken oder Schrauben. **Dübelsteine** zur Befestigung von Türfutter und Bekleidungen bestehen aus einem Holzklotz und Beton.

2) ein Verbindungselement für → Holzverbindungen.

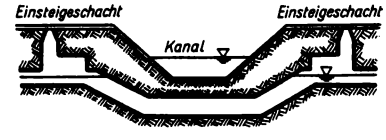
Dublee, svw. → Doublé.

Dublette, → Edelstein.

Dublieren, svw. → Fachen.

Dufour-Effekt, → Thermodiffusion.

Düker, Rohre oder Durchlässe, die die Unterführung eines Wasserlaufes, auch einer Wasser-, Gas- oder Kanalleitung unter einem Fluß, einem Kanal, einer anderen Leitung oder einem Bauwerk nach dem Prinzip der kommunizierenden



Düker unter einem Kanal

Röhren ermöglichen. Vor dem Dükereinlauf eines Wasserlaufes ist neben einem Grobrechen ein Sandfang angeordnet, der das Geschiebe

des Wasserlaufs zurückhält, um die schwierige Reinigung der D. zu ersparen.

Dulong-Petitsche Regel, eine von den französischen Physikern Dulong und Petit 1819 aufgestellte Regel, die besagt, daß die Atomwärme, d. h. das Produkt aus spezifischer Wärme und Grammatom, für alle festen Grundstoffe annähernd gleich ist (je Grammatom etwa 6 cal grd^{-1}). Die D.-P. R. ist eine Näherungsregel, die nur bei genügend hoher Temperatur, von der Natur des Stoffes abhängend, erfüllt wird. Sie beruht auf dem → Gleichverteilungssatz.

Dumper, → Kipper 1).

Dünen, durch den Wind zu hügelartigen Formen aufgeschüttete Sandablagerungen. Die dem Wind abgewandte Seite (Lee-, Fallseite) hat mit 20 bis 30° Neigung eine steilere Böschung als die Windseite (Luv-, Stoßseite) mit 5 bis 10°. D. werden im Nehrungsgebiet der Ostseeküste bis zu 70 m, in der Sahara bis zu 150 m hoch, im Lopnorgebiet noch höher. Sie wandern mit dem Wind **(Wanderdünen)** im Jahr bis zu 20 m. Da Vegetation die D. am Wandern hindert, werden sie vielfach bepflanzt.

Düngemittel, Dünger, Stoffe, die dem Boden bzw. den Pflanzen zugeführt werden, um die Erträge der Kulturpflanzen zu steigern und die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und möglichst zu erhöhen. Durch die Düngung sollen hauptsächlich die von den Pflanzen in größeren Mengen benötigten Kernnährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und zuweilen auch Magnesium in den Boden gebracht werden.

Nach dem chemischen Aufbau unterscheidet man organische und anorganische D. 1) Die **organischen D.** bestehen im wesentlichen aus organischen Stoffen (Pflanzenrückstände, tierische Ausscheidungen u. a.) und werden hauptsächlich im landwirtschaftlichen Betrieb selbst erzeugt, weshalb man sie auch als **Wirtschaftsdünger** bezeichnet. Zu ihnen gehören Stallmist, Jauche, Kompost, Mehrungsmist, Gülle, Fäkalien, Klärschlamm u. ä. Die organischen D. beeinflussen die physikalische Beschaffenheit des Bodens (Struktur, Wasser- und Luftführung) günstig, zum anderen werden Pflanzennährstoffe zugeführt bzw. durch den im Boden vor sich gehenden biologischen Abbau der organischen Substanz freigesetzt. 2) Die **anorganischen D.** oder **mineralischen D. (Handelsdünger,** fälschlich auch Kunstdünger genannt) werden industriell hergestellt. Zu den mineralischen D.n gehören die → Stickstoffdüngemittel, → Phosphorsäuredüngemittel, → Kalidüngemittel und → Kalkdüngemittel. Manche mineralischen D. enthalten auch noch andere Nährstoffe, z. B. Magnesium, Eisen, Schwefel, bisweilen auch Spurenelemente. Mineralische D. mit nur einem Kernnährstoff werden als **Einzeldünger,** mit mehreren Kernnährstoffen als **Mehrnährstoffdünger** bezeichnet.

Neben diesen festen, salzartigen Mineraldüngern gewinnen → Flüssigdünger zunehmend an Bedeutung. Die Bedeutung der Mineraldüngung wurde von J. von Liebig Mitte des 19. Jh. erkannt.

Lit. Awdonin: Granulierte D. (dtsch Berlin 1956); Schmitt: Die Untersuchung von D.n (2. Aufl. Berlin und Radebeul 1954); Selke: Die Düngung (4. Aufl. Berlin 1965).

Düngerstreuer, eine Maschine zum gleichmäßigen und feinen Ausstreuen von mineralischem Dünger. Über D. für Stalldung → Stalldungstreuer.

Es gibt gespann- und traktorgezogene D. Sie bestehen im Prinzip aus einem von zwei Laufrädern getragenen Düngervorrats- (oder Streu-) Kasten mit einer Streuvorrichtung, die von einem oder beiden Laufrädern angetrieben wird und den Dünger aus dem Kasten befördert. Eine zwischengeschaltete Kupplung ermöglicht das Ein- und Ausschalten der Streuvorrichtung. Das Fassungsvermögen des Streukastens beträgt 75 bis 130 *l*/m Arbeitsbreite.

Je nachdem, ob die Maschine den Dünger breitwürfig oder in Reihen ausstreut, spricht man von Breit- und Reihendüngerstreuern.

1) **Breitdüngerstreuer.** a) **Schlitzstreuer** haben unten in der Rückwand des Vorratskastens einen durchgehenden Streuschlitz. Eine Rührwelle mit schräg aufgesetzten, elliptischen Scheiben rührt den Dünger und schiebt ihn durch den Schlitz. b) **Muldenwalzenstreuer:** Der Dünger gelangt mittels eines Rührschiebers durch einen verstellbaren Schlitz in eine Mulde, aus der ihn eine Streuwalze mit schneckenförmigen Windungen hinausschiebt. c) Beim **Schiebergitterstreuer** mit einem festen oberen und unteren Boden schieben zwei Streugitter, die von einem Laufrad nebeneinander gegenläufig hin- und herbewegt werden, den durch die Schlitze des oberen Bodens fallenden Dünger den Schlitzen des unteren Bodens zu. d) Im **Kettenstreuer** wird der Dünger mittels einer parallel zur Längsachse des Vorratskastens umlaufenden endlosen Kette mit schrägen Fingern aus einem Längsschlitz an der unteren Rückwand des Vorratskastens herausgeschoben.

Zur gleichmäßigen Verteilung des Düngers sowie als Windschutz kann unter der Streuvorrichtung der genannten D. ein Verteilerorgan angebracht sein.

e) Beim **Tellerstreuer** fällt der Dünger durch große Öffnungen im Kastenboden auf horizontale Teller, die sich mit veränderlicher Geschwindigkeit drehen und von einem Laufrad angetrieben werden. Schnell rotierende, vom anderen Laufrad angetriebene mehrflügelige Sterne nehmen den Dünger von den Tellern ab und schleudern ihn nach hinten. f) Der **Schleuderdüngerstreuer** dient insbesondere zum Streuen von Kalk. Er hat als Streuvorrichtung eine oder zwei rotierende, horizontal oder vertikal wirkende Scheiben **(Schleuderscheibenstreuer)** mit Wurfleisten. Moderne Schleuderstreuer, auch als **Zentrifugal-** oder **Kreiselstreuer** bezeichnet, haben über der von der Zapfwelle oder hydraulisch angetriebenen Streuscheibe einen trichterförmigen Vorratsbehälter von etwa 200 bis 300 l Inhalt.

2) **Reihendüngerstreuer** bestehen aus einem schmalen Düngerkasten, in dem sich auf einer Vierkantrolle sitzende Schaufelräder drehen. Diese streuen den Dünger durch Öffnungen im Düngerkastenboden in zwei schmalen Reihen neben die Pflanzenreihe aus. Für jede Pflanzenreihe benötigt man also jeweils ein solches Aggregat. Mehrere Aggregate kann man an dem Rahmen einer Hack- oder Drillmaschine befestigen.

3) **Großflächendüngerstreuer** sind speziell für Traktorzug bestimmte D. mit einem besonders großen Vorratskasten.

Dunit, ein → Peridotit.

Dunkelentladung, eine → Gasentladung.

Dunkelnebel, Dunkelwolke, eine Erscheinungsform der → interstellaren Materie.

Dünnschliff, ein Präparat aus lichtdurchlässigen Mineralen, Gesteinen, keramischen Produkten oder Lockermassen, das so dünn (0,02 bis 0,03 mm) geschliffen ist, daß es im durchfallenden Licht mikroskopisch untersucht werden kann. D.e geben Aufschluß über Zusammensetzung und Gefüge des Materials. Undurchsichtige Stoffe (Erze, Metalle, Kohlen) werden einseitig angeschliffen und poliert **(Anschliffe).** Ihre Untersuchung erfolgt im reflektierten Licht (Erz- oder Metallmikroskop).

Dunst, Trübung der Atmosphäre durch Wasserdampf als Vorstufe von Nebel oder infolge von Verunreinigungen durch Staub oder Rauch. Die Sichtweite beträgt noch über 1 km.

Dünung, → Meereswellen.

Duplex, → Sprechfunk.

Duplexdruck, ein Verfahren im Hoch- und Offsetdruck, bei dem von der gleichen einfarbigen Halbtonvorlage zwei verschiedene Druckformen, die Zeichnungsplatte (Rasterwinklung 45° zur Vorlage) und die Tonplatte (Rasterdrehung 30° zur Zeichnungsplatte), hergestellt und diese mit zwei verschiedenen Farben übereinandergedruckt werden. Dadurch wird eine kräftige und plastische Wiedergabe erreicht. Im Buchdruck erzielt man beim Druck mit → Doppeltonfarben von nur einer Druckform eine ähnliche Wirkung.

Duplexverfahren, ein Verfahren zur wirtschaftlichen Erzeugung von Stahl durch aufeinanderfolgende Anwendung von zwei verschiedenen Schmelzöfenarten zur Ausnutzung der bei beiden Schmelzverfahren erreichbaren Qualitätsunterschiede (z. B. SM-Ofen und Elektroofen, → Stahlerzeugung).

Duralumin, gut aushärtbare Aluminiumlegierungen mit 93 bis 95 % Aluminium, 2,5 bis 5,5 % Kupfer, 0,2 bis 0,5 % Magnesium, 0,5 bis 1,2 % Mangan und 0,2 bis 1 % Silizium. Die Festigkeit kann durch Aushärten bis zu der eines guten Stahls ($\approx$50 kp mm^{-2}) gesteigert werden. D. läßt sich gut verarbeiten (kaltwalzen, ziehen, schmieden, pressen) und vereinigt geringe Dichte mit großer Festigkeit. Es wird vielseitig in der Technik verwendet, besonders im Fahrzeug- und Flugzeugbau.

Duranalium, eine nicht aushärtbare, korrosionsfeste (z. B. seewasserbeständige) Aluminiumknetlegierung auf Aluminium-Magnesiumbasis (→ Hydronalium) mit Zusätzen an Mangan.

Duranametall, eine Legierung mit 59 bis 65 % Kupfer, 30 bis 40 % Zink, 1 bis 2 % Zinn, bis 1,7 % Aluminium, 0,3 bis 1,8 % Eisen, Blei, Antimon und Kadmium, ein Sondermessing (→ Messing). D. ist sehr korrosionsbeständig gegen Seewasser; es wird im Schiffbau sowie im Lokomotiv- und Motorenbau verwendet.

Durchbiegung, Zeichen f, die Formänderung eines durch Biegung beanspruchten Stabes. Beim Biegeversuch ermittelt man die D. als Kenngröße für die Verformung. Im elastischen Bereich läßt sich die D. aus der elastischen oder Biegelinie (→ Biegung) ableiten. Sie nimmt mit wachsender Belastung und zunehmendem Abstand vom Auflager zu. Ein großer Elastizitätsmodul des verwendeten Werkstoffes oder ein großes Trägheitsmoment des vorliegenden Querschnittes verringern die D. Die größte D. eines auf zwei Stützen frei aufliegenden, in der Mitte belasteten Trägers wird z. B. nach der Formel $f_{max} = \frac{P \cdot L^3}{48\,EJ}$ errechnet (P = Belastung, L = Entfernung zwischen den Auflagern, E = Elastizitätsmodul, J = Trägheitsmoment).

Durchdrehsender, eine Sendeanlage zur Untersuchung der Ionosphäre, deren Betriebsfrequenz in weiten Grenzen, z. B. 1 bis 25 MHz, kontinuierlich und automatisch verändert wird. Ausgestrahlt werden Impulse im allgemeinen von etwa 100 μs Breite und einer Wiederholfrequenz von 50 Hz. Aus der Laufzeit der an den ionosphärischen Schichten reflektierten Impulse läßt sich die Höhe dieser Schichten ermitteln (*Echolotung*).

Durchdringungskomplexe, → Koordinationslehre.

Durchdruck, ein → Druckverfahren.

Durchflutung, → Amperewindungszahl.

Durchflutungsgesetz, der mathematisch formulierte Zusammenhang zwischen der Durchflutung Θ eines magnetischen Kreises, der Summe der von diesem Kreis umschlossenen Ströme Σi und der magnetischen Feldstärke $\mathfrak{H}$. $\Theta = \Sigma i = \oint \mathfrak{H}\,\mathrm{d}\,\mathfrak{s}$.

Durchgang, svw. → Kulmination.

Durchgangsinstrument, ein → astronomisches Instrument.

Durchgriff, → Elektronenröhre.

Durchlaßbereich, in der Elektrotechnik der von einem elektrischen → Filter hindurchgelassene Frequenzbereich, dessen Amplitude an den Grenzen um den Faktor 0,7 abfällt. Gegensatz: → Sperrbereich.

Durchlässigkeit, 1) **Durchlaßgrad, Transparenz,** die Eigenschaft eines Körpers, einen Teil einer auftreffenden Strahlung hindurchgehen zu lassen. Unter **optischer D.** versteht man das Verhältnis des von einem Körper insgesamt durchgelassenen Lichtstromes zu dem auffallenden Lichtstrom bei senkrechtem Lichteinfall. Die Durchlassung des Lichtstromes kann gerichtet, gestreut oder gemischt erfolgen. Die Messung des Transmissionsgrades geschieht mit der Ulbrichtschen Kugel nach TGL 0-5036 (Bewertung und Messung der lichttechnischen Eigenschaften von Baustoffen). Der Kehrwert der D. ist die Opazität.

2) **Wasserdurchlässigkeit,** ein wichtiger Kennwert zur Berechnung von Grundwasserabsenkungen (→ Wasserhaltung). Die D. ist entscheidend für den Aufbau von Erdstaudämmen und ähnlichen Wasserbauten. Die Durchlässigkeitsbeiwerte von Sand sind abhängig von Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte.

Durchlauferhitzer, ein Gerät zur Erhitzung von Leitungswasser während des Durchflusses. Beim **elektrischen D.** wird das Wasser an Rohrheizkörpern oder unisolierten Heizwendeln vorbeigeführt. Die Temperaturregelung des Wassers erfolgt thermisch oder hydraulisch. Um nur kleine Energieverluste zu erhalten, haben elektrische D. einen kleinen Wasserinhalt. Sie sind meist als Hochdruckgeräte (→ Heißwasserspeicher) ausgeführt und haben meist Anschlußwerte von 2 bis 30 kW. Beim **gasbeheizten D.** erfolgt die Erwärmung des Wassers in dem von einem Gasbrenner beheizten Wärmeaustauscher, bestehend aus Verbrennungskammer und Lamellenblock, die beide von einer an die Wasserleitung angeschlossenen Rohrschlange umgeben bzw. durchdrungen sind. Beim Öffnen des Warmwasser-Zapfventils am Gerät oder an einer weiteren Zapfstelle öffnet das Leitungswasser automatisch das Gasventil. Das am Brenner ausströmende Gas wird durch eine Dauerzündflamme gezündet. Mit dem Schließen des Warmwasser-Zapfventils wird auch das Gasventil automatisch geschlossen.

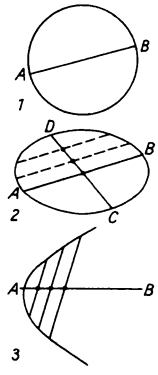
Durchmesser, 1) Mathematik: **Diameter,** Zeichen d oder D, bei ebenen oder räumlichen Figuren jede gerade Linie, die irgendeine Schar paralleler Sehnen halbiert; bei ebenen oder räumlichen Figuren, die einen Mittelpunkt haben, jede durch diesen Punkt verlaufende Sehne. Alle D. eines Kreises oder einer Kugel sind gleich lang. (Abb.)

Zwei D., von denen der eine die zum anderen D. parallelen Sehnen halbiert, heißen **konjugierte (zugeordnete) D.** Sie treten bei Ellipse und Hyperbel auf.

2) Astronomie: **scheinbarer Durchmesser, Winkeldurchmesser,** der Winkel, unter dem ein Himmelskörper von der Erde aus erscheint. Aus dem scheinbaren D. läßt sich der **wahre (lineare) D.** eines Himmelskörpers berechnen, wenn dessen Abstand von der Erde bekannt ist.

3) Technik: die durch den Mittelpunkt gelegte Maßlinie eines runden Körpers, z. B. einer Welle oder Bohrung; technisches Zeichen ⌀.

Durchsatz, die in einer Zeiteinheit t (s, min, h) durch eine Anlage, Maschine (z. B. Turbine, Pumpe, Verdichter), Rohrleitung, Düse oder Meßeinrichtung durchfließende Masse m: $\dot{m} = m/t$ in kg/s, kg/min, kg/h, oder das in einer Zeiteinheit t durchfließende Volumen V: $Q = V/t$ in m³/s, m³/min, m³/h. Beim Durchströmen von



1 Durchmesser $\overline{AB}$ eines Kreises, *2* konjugierte Durchmesser $\overline{AB}$ und $\overline{CD}$ einer Ellipse, *3* Durchmesser $\overline{AB}$ einer Parabel

Flüssigkeiten oder Gasen in Maschinen werden die Begriffe **Durchflußstrom** oder **Massestrom** bzw. **Volumenstrom** bevorzugt verwendet.

durchscheinend, die Eigenschaft bestimmter Medien, bei Lichtdurchgang eine so starke Streuung des Lichtes hervorzurufen, daß dahinter liegende Gegenstände nicht mehr scharf erkennbar sind; → durchsichtig.

Durchschlag, elektrischer D., die plötzliche elektrische Entladung durch einen Isolator hindurch. Der D. tritt auf bei sehr hoher Spannung **(Durchschlagsspannung, Durchschlagsfeldstärke)**; dabei bricht das elektrische Feld im Isolator plötzlich zusammen. Festkörperisolatoren werden durch einen D. zerstört, während gasförmige und flüssige Isolierstoffe nach einem D. ihr Isoliervermögen wiederherstellen. Die Durchschlagsfeldstärke ist wichtig zur Beurteilung von elektrischen Isolierstoffen. Sie beträgt bei guten Isolatoren bis 500 kV cm^{-1}, bei Luft unter normalen Bedingungen etwa 31 kV cm^{-1} (im homogenen Feld). Die **Durchschlagsfestigkeit** eines Isolators ist durch den Scheitelwert der gerade noch erträglichen Wechselspannung gekennzeichnet.

Durchschnitt, 1) das arithmetische → Mittel.

2) Mengentheorie: Als D. zweier Mengen A und B bezeichnet man die Gesamtheit der Elemente, die sowohl zu A als auch zu B gehören (Zeichen: $A \cap B$). Zwei Mengen heißen elementfremd (*disjunkt*), wenn ihr D. leer ist, d. h. wenn beide Mengen keine Elemente gemeinsam haben.

Durchschuß, das Blindmaterial zur Erweiterung der Zeilenzwischenräume auf der Druckseite über den sich aus dem Schriftkegel ergebenden Zeilenabstand hinaus. Es wird zwischen Stückdurchschuß (Längen bis 4 c) und Regletten (Längen über 4 c) unterschieden. Satz ohne D. nennt man kompreß. Unterschied: → Ausschluß.

Durchsetzen, ein Fertigungsverfahren zum Schubumformen von Werkstücken mit gerader Hauptachse. Dabei wird ein Werkstückabschnitt parallel zur Anfangslage verschoben. Das D. ist verbreitet als Freiformschmiedeverfahren.

durchsichtig, die Eigenschaft bestimmter Medien, das Licht ohne wesentliche Streuung, jedoch unter mehr oder weniger starker Absorption hindurchzulassen; → durchscheinend.

Duroplaste, eine Gruppe der → Plaste.

Durotom, ein → Mikrotom.

Düse, ein Bauteil, in dem die Strömung beschleunigt, d. h. Druck- in Geschwindigkeitsenergie umgesetzt wird. Bei Unterschallströmung weist die D. eine Verengung des Querschnittes in Strömungsrichtung auf, bei Überschallströmung Erweiterung (→ Lavaldüse). Zum Messen des Durchsatzes findet die D. Anwendung als Drosseldüse (→ Drosselgerät). Beim Ansaugen aus der Atmosphäre wird die Einlaufdüse (Abb. 1) benutzt. Weiterhin wird die D. z. B. im Strömungsmaschinenbau, bei Strahlpumpen oder Injektoren, als Zerstäuberdüse (→ Zerstäuber) und in → Mischdüsen angewendet.

Im Schiffbau dient eine mit dem Schiffskörper fest verbundene, den Propeller eng umschließende, ringförmige D. dazu, die Geschwindigkeit des Schraubenwassers und somit den Wirkungsgrad des Propellers zu erhöhen (bis zu 30 % Antriebskraftersparnis). Die älteste und bekannteste Form der D. ist die nach ihrem Konstrukteur benannte **Kort-Düse** (Abb. 2). Sie wird vor allem an Schleppern, Fischerei- und Binnenschiffen angebaut. Von einem **Düsenruder** spricht man, wenn die D. drehbar gelagert ist und als Ruder verwendet wird.

Düsenantrieb, → Strahltriebwerk.

Düsenflugzeug, umgangssprachliche Bezeichnung für Strahlflugzeug, → Flugzeug.

Düsentreibstoffe, → Kraftstoffe.

dV, Kurzz. für Dezivolt, → Volt.

Dy, Symbol für → Dysprosium.

Dyade, ein → Tensor zweiter Stufe.

dyadisches System, svw. → Dualsystem.

Dyas, svw. → Perm.

dyn, Kurzz. für → Dyn.

Dyn, Kurzz. **dyn,** gesetzliche Einheit der Kraft. 1 dyn = 10^{-5} N (Newton). **Kilodyn,** Kurzz. kdyn, = 10^{3} dyn. **Zentidyn,** Kurzz. cdyn, = 10^{-2} dyn = 10^{-7} N.

Dynamik, 1) Mechanik: **Kinetik,** die Lehre von der Bewegung der Körper unter dem Einfluß der auf sie wirkenden Kräfte, im Gegensatz zur → Statik und zur → Kinematik, mit den Teilgebieten D. starrer Körper, → Aerodynamik, → Hydrodynamik, → Gasdynamik.

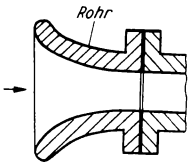
Lit. **Groth**: D. (2. Aufl. Leipzig 1953); → Mechanik, → Hydromechanik.

2) Rundfunktechnik: das Verhältnis der größten zur kleinsten Amplitude in einem Frequenzgemisch, d. h. also der Lautstärkebereich eines elektrischen Übertragungssystems. Meistens wird dieses Verhältnis im logarithmischen Maßstab in Dezibel (dB) angegeben. Elektrische Übertragungssysteme erlauben im allgemeinen eine D. von 40 bis 70 dB. Die D. eines Konzertes liegt bei maximal 70 dB (3000 : 1). Bei der Aufnahme wird dieses Verhältnis heruntergeregelt, indem die Pianostellen z. B. angehoben werden **(Kompression)**. Bei hochwertigen Wiedergabeanlagen wird eine gegenteilige Regelung **(Dekompression)** vorgenommen, d. h., das Amplitudenverhältnis wird wieder vergrößert, um auf diese Weise den natürlichen Lautstärkeumfang wieder zu gewinnen.

dynamischer Druck, → Bernoullische Gleichung.

dynamisches Grundgesetz, → Newtonsche Axiome.

Dynamite, Sprengstoffgemische, deren wichtigster Bestandteil Glyzerintrinitrat ist. Das von A. Nobel 1867 entdeckte **Gur-Dynamit** bestand aus 75 % Glyzerintrinitrat, 25 % Kieselgur mit etwas Natriumkarbonat. Später wurde der Ballaststoff Kieselgur durch Stoffe ersetzt, die ebenfalls explodieren und damit die Sprengwirkung erhöhen. So enthalten die **Gelatine-Dynamite** an Stelle des Kieselgurs → Sprenggelatine. Dynamit 1 z. B. enthält 65 % mit Kollodiumwolle gelatiniertes Sprengöl (schwer gefrierbares Gemisch aus Glyzerintrinitrat und Äthylenglykoldinitrat), 25 bis 29 % Natriumnitrat, 6 bis 9 % Holzmehl u. a.; seine Detonationsgeschwindigkeit beträgt 6500 m s^{-1}. Die D. werden zur Sprengung sehr harter Gesteine und für Unterwassersprengungen benutzt.



1 Einlaufdüse

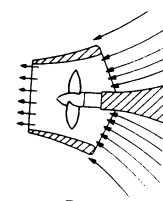
dynamoelektrisches Prinzip, das Prinzip der Selbsterregung einer → elektrischen Maschine. Dabei wird die Selbsterregung durch die Eigenschaft der Remanenz des magnetischen Kreises eingeleitet und durch die Eigenschaft der Sättigung des magnetischen Kreises begrenzt. Das dynamoelektrische P. wurde 1866 von Werner von Siemens am Gleichstromnebenschlußgenerator entdeckt.

Dynamomaschine, svw. Generator, → elektrische Maschine.

Dynamometer, svw. → Kraftmesser.

Dynastart, ein → Anlasser.

Dynatron, eine Elektronenröhre zur Erzeugung von Schwingungen ohne Rückkopplung. Ein der Anode benachbartes Gitter erhält eine höhere positive Spannung als die Anode, so daß die von der Anode austretenden Sekundärelektronen zum Gitter zurückfliegen und sich der Anodenstrom bei steigender Anodenspannung verringert. In diesem Bereich der fallenden Kennlinie hat die Elektronenröhre einen negativen Innenwiderstand, der den positiven Resonanzwiderstand des zwischen Anode und Katode angeschlossenen Parallelschwingkreises aufhebt. Durch diese Ent-


2 Kort-Düse

dämpfung des Parallelschwingkreises entstehen in ihm ungedämpfte Schwingungen.

Dynel, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Dysprosium, Symbol **Dy**, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 66, Massenzahlen der Isotope 164, 162, 163, 161, 160, 158, 156, Atomgewicht 162,50 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, F. 1407 °C, Kp. etwa 2600 °C; 1886 fand Lecoq de Boisbaudran Dysprosiumoxid im Holmiumoxid, 1906 wurde D. von Urbain rein erhalten. D. bildet grünlichgelb gefärbte Salze. In Form von Verbindungen kommt es gemeinsam mit anderen Seltenerdmetallen meist als Phosphat oder Silikat vor. Verwendet wird es lediglich in Form von → Zer-Mischmetall.

dz, Kurzz. für → Doppelzentner.

e, 1) Zeichen für die transzendente Zahl 2,7182818284590452 ... (unendlicher nicht periodischer Dezimalbruch), auch „Eulersche Zahl" genannt. Die Zahl e ist definiert 1) als Grenzwert des Ausdrucks $\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$, wenn n gegen Unendlich strebt, d. h. $e = \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n$, 2) als Summe der unendlichen Reihe $e = 1+\frac{1}{1!}+\frac{1}{2!}+\frac{1}{3!}+\cdots+\frac{1}{n!}$. e spielt in der Mathematik eine fundamentale Rolle. Unter anderem dient e als Basis der natürlichen Logarithmen und der Exponentialfunktion.

2) Zeichen für Elektron: e oder ⊖ für das Elektron in chemischen Reaktionsgleichungen, e^- an Stelle von $^0_{-1}e$, e^+ statt $^0_{+1}e$ (Positron).

3) *e*, Zeichen für → Elementarladung.

E, 1) Kurzz. für → Eötvös. 2) *E*, Zeichen für → Beleuchtungsstärke. 3) *E*, Zeichen für Elastizitätsmodul, → Elastizität.

°**E,** Kurzz. für → Englergrad.

Eau de Javelle, → Kalium.

Eau de Labarraque, → Natrium.

Ebbe, → Gezeiten.

Ebene, 1) Mathematik: eine Fläche mit der Eigenschaft, daß die Verbindungsgerade zweier ihrer Punkte stets ganz in dieser Fläche liegt. Die E. ist allseitig unbegrenzt. Analytisch ist die E. eine Fläche 1. Ordnung. Die allgemeine Form der Gleichung einer E. im Raum ist (in rechtwinkligen kartesischen Koordinaten ausgedrückt) $ax + by + cz + d = 0$, wobei a, b und c nicht alle gleich Null sind. Eine E. ist eindeutig bestimmt a) durch 3 ihrer Punkte, die nicht auf einer Geraden liegen, b) durch eine in ihr liegende Gerade und einen nicht auf der Geraden liegenden Punkt der E., c) durch zwei in ihr liegende Geraden.

Die Gesamtheit der Beziehungen von Figuren, die in einer E. liegen, ist Gegenstand der *ebenen Geometrie* (*Planimetrie*).

2) Physik: → schiefe Ebene.

3) Geomorphologie: ein ausgedehnter, sehr reliefschwacher Teil der Erdoberfläche. Nach der Höhenlage unterscheidet man **Tiefebenen**, die 200 m absolute Meereshöhe nicht überschreiten, z. B. die Ungarische Tiefebene, und **Hochebenen**, die sich in größerer Höhenlage ausdehnen, z. B. die Kastilische Hochebene. Bei unruhiger Oberfläche spricht man besser von **Flachland.**

Ebicon, eine Bildaufnahmeröhre, die ähnlich dem → Superorthikon aufgebaut ist. Das E. unterscheidet sich von diesem durch Verwendung einer Halbleiterschicht an Stelle der Glasfolie. Diese Halbleiterschicht (Selen, Antimontrisulfid) ändert ihre elektrische Leitfähigkeit bei Beschuß mit schnellen Elektronen (≈10 keV). Der Auf- und Entladevorgang dieser Halbleiterschicht ist derselbe wie beim → Vidikon.

Ebullioskopie, die Ermittlung der Siedepunktserhöhung von Lösungen, insbesondere zur Bestimmung von Molekulargewichten. Als **ebullioskopische Konstante** (molale Siedepunktserhöhung) eines Lösungsmittels bezeichnet man die durch Auflösung von 1 Mol nicht dissoziierender Verbindung in 1000 g Lösungsmittel hervorgerufene Siedepunktserhöhung. Sie beträgt für Wasser z. B. 0,515 [grd g mol^{-1}]. Als Meßinstrument dient das Beckmann-Thermometer. Unterschied: → Kryoskopie.

Ec, Abk. für → Elektrokortikograph.

Echo, 1) Akustik: **Widerhall,** die Reflexion des Schalls durch Hindernisse bei der Schallausbreitung (z. B. Wände, Waldränder, Gebäude). Damit ein E. gehört werden kann, muß es mindestens 0,1 s nach dem direkt aufgenommenen Schall eintreffen, weil vom menschlichen Gehör dichter aufeinanderfolgende Schallereignisse nicht getrennt wahrgenommen werden können. Die Laufzeit t eines E.s beträgt $t = 2\,l/c$ (l = Entfernung zur eben angenommenen reflektierenden Fläche, c = Schallgeschwindigkeit). Zahlreiche schnell aufeinanderfolgende Reflexionen, die kontinuierlich erscheinen, ergeben den → Nachhall. E.s spielen in der Raumakustik eine sehr wichtige Rolle.

2) Nachrichtentechnik: Bezeichnung für ein zeitlich verschobenes zweites Signal (Morsezeichen, tonfrequente Impulse), das durch Reflexion entsteht. Besonders ungünstig wirken sich Echoerscheinungen bei Vierdrahtleitungen aus, die durch Gabelschaltungen auf Zweidrahtbetrieb umgeschaltet werden. Im praktischen Betrieb werden derartige E.s mit Hilfe von Echosperren unterdrückt. Beim Fernsehrundfunkempfang treten störende E.s bzw. Echobilder (auch Geister genannt) in Erscheinung, wenn ein oder mehrere zeitlich verschobene Signale entweder durch Fehlanpassung zwischen Empfangsantenne, Antennenleitung und Empfänger oder durch Reflexion der ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen an reflektierenden Hindernissen (zum Beispiel Gebäude, Gasbehälter) am Empfängereingang vorhanden sind. Abhilfe ist im ersten Fall durch Verringerung der Fehlanpassung in der Empfangsanlage, im zweiten Fall durch Einsatz stark bündelnder Empfangsantennensysteme möglich, wobei vorausgesetzt wird, daß die optimale Empfangsrichtung experimentell ermittelt worden ist.

Echograph, ein schreibend registrierendes Echolot, → Ultraschallortung.

Echolot, ein Gerät zur Ortung von Objekten (z. B. von getauchten oder gesunkenen Wasserfahrzeugen und von Fischvorkommen) sowie zur Wassertiefen-, Entfernungs- und (in Sonderfällen) Flughöhenbestimmung an Hand der Laufzeitmessung von Schallimpulsen. Sie werden am Objekt reflektiert und kehren zum Gerät zurück. Meist werden gerichtete Ultraschallimpulse verwendet (**Ultraschallecholot,** → Ultraschallortung). Das erste E., das mit einem Schlagsender arbeitete (Schallwellenerzeugung durch mechanischen Schlag, z. B. an die Bordwand), wurde 1912 von dem deutschen Physiker Behm konstruiert.

Ecke, in der Mathematik ein Punkt **(Eckpunkt),** in dem zwei Seiten eines Vielecks oder mehrere Ebenen eines Körpers zusammenstoßen; **körperliche E.,** der Raum zwischen den Seitenflächen einer n-seitigen beliebigen Pyramide, deren Grundfläche man sich ins Unendliche gerückt denkt.

Eco, Abk. für → Ekonomiser.

Edeleanu-Verfahren, → Solventextraktion.

Edelgase, Bezeichnung für die in der 0. bzw. VIII. Hauptgruppe des Periodensystems zusammengefaßten gasförmigen, farb- und geruchlosen Elemente Helium, Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon. Die E. sind nullwertig und einatomig. Sie haben eine abgeschlossene äußere Elektronenschale (Elektronenoktett) und sind somit außerordentlich reaktionsträge. Erst seit 1962 ist es möglich, einige stabile Edelgasverbindungen darzustellen. Entsprechend ihrem Vorkommen kann man die E. gewinnen 1) aus Luft, z. B. durch Fraktionierung flüssiger Luft, 2) aus Erdgasen durch Druckwaschung, 3) aus Mineralen durch Erhitzen, wobei das eingeschlossene Gas entweicht.

Edelgaslampe, eine → Gasentladungslampe mit Xenon, seltener Krypton als Füllung. E.n haben als Hochdrucklampen einen Betriebsdruck von 5 bis 40 at, als Höchstdrucklampen von 50 bis 75 at. Sie arbeiten mit kleiner Gleichspannung, großer Stromstärke, haben eine hohe Leuchtdichte und eine dem mittleren Tageslicht entsprechende spektrale Energieverteilung, allerdings benötigen sie eine besondere Zündspannung. Xenonlampen werden in der photographischen Aufnahmetechnik und besonders bei der Filmaufnahme und -wiedergabe verwendet. Je nach Type werden sie zum Anschluß an Gleich- oder Wechselspannung oder an beide gebaut. Der Vorteil gegenüber Bogenlampen ist der Fortfall der Nachstellung, eine stets gleichbleibende Leuchtdichte und geringe Wärmestrahlung. Durch die Verwendung von Xenon als Füllgas können auch Farbfilme projiziert werden, da solche Lampen eine rein weiße Strahlung geben.

Xenonlampen finden immer mehr Eingang in die Studiobeleuchtung. Xenon-Kurzbogenlampen werden in zunehmendem Maße in der Filmprojektion eingesetzt. Lampengruppen der Xenon-Langbogenlampe dienen in Flutlichtanlagen zur Beleuchtung von ausgedehnten Verkehrsplätzen, Großbaustellen und Gleisfeldern. (Abb.)

Lit. → Gasentladung.

Edelkunstharze, meist Phenolharze, die ohne Füllstoffe als Gießharze hergestellt und mit Farbstoffen und Pigmenten versehen werden. Sie können nach dem Erstarren spangebend (z. B. durch Bohren, Sägen, Feilen) bearbeitet werden. Man verwendet die E. für verschiedene künstlerische Arbeiten (Schmuckherstellung), aber auch für Gebrauchsgegenstände und für technische Zwecke.

Edelmetalle, Metalle, die sehr widerstandsfähig gegen chemische Einwirkungen sind. Sie werden z. B. von dem Sauerstoff der Luft nicht unter normalen Bedingungen angegriffen und von Säuren nur bei gleichzeitiger Oxydation gelöst. Zu den E.n gehören Gold, Silber, Quecksilber, Rhenium und die Platinmetalle Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium und Platin.

Edelstahl, ein legierter oder unlegierter Stahl besonderer Reinheit (höchstens 0,035 % Phosphor und 0,035% Schwefel). Edelstähle werden in Siemens-Martin-, Elektro- oder Spezialöfen (z. B. Vakuuminduktionsöfen) erschmolzen.

Edelstein, ein durch schöne Farbe, Härte, Glanz, Farbenspiel, hohe Lichtbrechung u. a. ausgezeichnetes Mineral. Die wichtigsten E.e, nach der Härte geordnet, sind Diamant, Korund, Chrysoberyll, Spinell, Topas, Beryll, Zirkon, Granat, Turmalin, Andalusit, Quarz, Olivin, Jadeit, Spodumen, Epidot, Hämatit, Rhodonit, Opal, Lapislazuli, Türkis, Malachit. Je nach der Farbe werden noch besondere Namen verwendet, z. B. heißt Korund mit roter Farbe Rubin, mit grüner Farbe Smaragd. Edelsteine mit geringerer Härte (nach Mohs) als Quarz werden auch **Halbedelsteine** genannt.

Synthetische E.e werden meistens im Verneuilofen hergestellt, auch das hydrothermale Verfahren im Autoklaven wird angewandt. Die Synthese von Diamant (für technische Zwecke) geschieht im Höchstdruckverfahren. Chemische Zusammensetzung und wichtigste Eigenschaften der synthetischen E.e gleichen denen der natürlichen, sie übertreffen diese jedoch an Reinheit. Bisher gelang die Synthese z. B. von Korund, Spinell, Smaragd, Rutil, Bergkristall, Diamant.

Bei **imitierten E.en** unterscheidet man 1) *Dublette,* die zwecks Materialeinsparung aus zwei oder mehreren, z. T. unechten Teilen zusammengekittet ist, 2) *Glasstein, Straß,* eine Imitation aus Bleiglas mit hoher Lichtbrechung und entsprechender Färbung. *Simili* ist ein farbloser Glasstein mit einer Metallfolie auf der Rückseite als Reflektor. Die Farbverbesserungen mancher Edelsteine durch starke Erhitzung zählen nicht zu den Imitationen.

In der **Edelsteinschleiferei** werden die Rohsteine durch Spalten (auch beim Diamant) und Sägen zerkleinert und dann mit Diamantpulver geschliffen und poliert. Weniger harte E.e werden auf Karborundumscheiben vorgeschliffen, dann auf Metallscheiben mit Schleifpulver (Diamant, Karborundum u. a.) geschliffen und auf weichen Metallscheiben mit Poliermittel (Tripel, Korundpulver u. a). poliert.

E.e werden zu Schmucksteinen, Ziergeräten, Kleinplastiken und dgl. verwendet, außerdem zur Herstellung optischer Geräte, als Lagersteine für Uhren, zahntechnische Instrumente und Präzisionsinstrumente, als Schleif- und Poliermittel u. a.

Lit. Schwahn-Prokopowicz: Edelsteinkunde (Halle 1955).

Edison-Effekt, svw. → glühelektrischer Effekt.

Ee, Abk. für → Elektroenzephalograph.

Eeg, Abk. für → Elektroenzephalogramm.

Effekt, svw. Wirkung, früher auch für → Leistung verwendet.

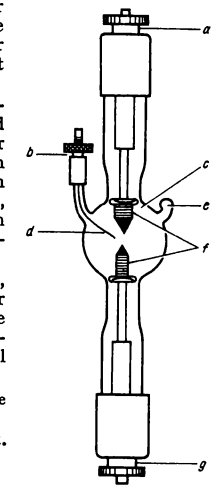
Effusiometer, Gerät zur Bestimmung der Gasdichte durch Messung der Ausströmungsgeschwindigkeit aus einer engen Düse. Nach dem Bunsenschen Gesetz verhalten sich die Quadrate der Ausströmungszeiten gleicher Volumen verschiedener Gase bei konstanter Temperatur und konstantem Druck wie die Dichten dieser Gase.

Egge, ein landwirtschaftliches Gerät zur Bodenbearbeitung. Die E. dient zur Saatbettvorbereitung, zum Einarbeiten von Saatgut und Düngemitteln, zur Saat- und Grünlandpflege und zur Unkrautbekämpfung. Neben gespann- oder traktorgezogenen E.n gibt es Anbaueggen. Der Einsatz der E.n erfolgt mit Hilfe von Kopplungswagen (bis 10 m Arbeitsbreite), Anbaueggenträgern und in Kombination mit anderen Maschinen und Geräten für die Bodenbearbeitung und -bestellung. Nach der Art ihrer Werkzeuge unterscheidet man Zinken-, Wälz- und Scheibeneggen.

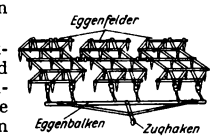
1) **Zinkeneggen.** Nach der Bauart werden sie in Starr- und Schmiegeggen unterteilt.

Starreggen bestehen aus einem meist zickzackförmigen starren Rahmen mit Stahlzinken und werden hauptsächlich zur Ackeroberflächenbearbeitung verwendet **(Ackereggen).** Schwere Ackereggen bezeichnet man wegen ihrer gröberen Arbeit auch als **Grobeggen,** leichte infolge ihrer feineren Arbeit und Verwendung bei der Saatbettvorbereitung als **Feineggen** oder **Saateggen.**

Schmiegeeggen bestehen entweder aus einzelnen, scharnierartig **(Gelenkeggen)** oder durch Ringe u. a. **(Gliedereggen)** miteinander verbundenen Teilen. Infolge des gelenkigen Rahmens



Xenon-Höchstdrucklampe. *a* Anschluß für Elektrode, *b* Anschluß für Zündelektrode, *c* Entladungsgefäß aus Quarzglas, *d* Zündelektrode, *e* abgeschmolzener Pumpstutzen, *f* Elektroden, zwischen denen sich im Betrieb der Lichtbogen ausbildet, *g* Anschluß für Elektrode



Dreifeldrige Zinkenegge

schmiegen sich diese E.n den Bodenunebenheiten besser an und werden deshalb vorwiegend als **Wieseneggen** verwendet. Die **Netzegge (Unkrautstriegel, Ackerstriegel)**, ebenfalls eine Schmiegegegge, hat gelenkig miteinander verflochtene Stahldrahtglieder.

2) **Wälzeggen**, auch **Walzeneggen** genannt, sind E.n mit umlaufenden Werkzeugen. Hierzu gehören Krümelwalzenegge, Kreiselegge, Rollegge und Sterndrahtegge. Bei der **Krümelwalzenegge (Krümelegge, Notzonegge, Sternegge, Sternwälzegge)** sind in einem Rahmen hintereinander mehrere Achsen drehbar angeordnet, auf denen unmittelbar nebeneinander mehrere Sterne mit je fünf Zinken sitzen, die auf Schraubenlinie stehen. Bei den **Kreiseleggen** sind die Zinken auf dem Umfang von Rädern angeordnet, deren Achsen etwas geneigt zur Bodenoberfläche stehen; die Neigung ist verstellbar. **Rolleggen** haben rotierende säbelförmige Zinken, mittels derer der Boden bearbeitet wird. Die **Sterndrahtegge (Drahtwälzegge)** hat mehrere auf einer Achse befestigte Stützscheiben, zwischen denen schräg zur Mantellinie verlaufende Stahldrähte gespannt sind.

Die Wälzeggen werden nach dem Pflügen zur Zerkleinerung von Schollen und zur Beseitigung von Hohlräumen im Boden eingesetzt.

3) **Scheibeneggen (Tellereggen)** besitzen als Arbeitswerkzeuge gewölbte, auf Achsen drehbar angeordnete Scheiben, deren Rand glatt oder gezackt ist. Es gibt Einfach- und Doppelscheibeneggen als Anbau- und Anhängegeräte. Moderne Doppelscheibeneggen haben luftbereifte Transporträder und werden hydraulisch ausgehoben. Scheibeneggen eignen sich besonders für die Bearbeitung schwerer Böden.

Egoutteur, ein Siebzylinder, → Papier.

EGR-Verfahren, → Elektrofilter.

EHF, Abk. für Extremely High Frequency, → Frequenz.

Eidophorverfahren, → Fernsehprojektor.

Eigenfunktionen, die (von Null verschiedenen) Lösungsfunktionen $y(x)$ von Gleichungen der Form $Ay = \lambda y$. Dabei bezeichnet A einen Operator und λ eine Konstante. Derartige Gleichungen sind im allgemeinen nur für bestimmte Werte von λ, die → Eigenwerte des vorliegenden *Eigenwertproblems*, lösbar. Auf die Lösung von Eigenwertproblemen führen viele Aufgaben der technischen Mechanik, der Schwingungslehre, der Theorie der Wärmeleitung und besonders der Quantenmechanik.

Eigenlast, → Belastung.

Eigenleitung, → Halbleiter.

Eigenschwingung, die Schwingung eines schwingungsfähigen Systems nach einem einmaligen Anstoß ohne weitere Einwirkung äußerer Kräfte. Dabei hat das System charakteristische Eigenfrequenzen, die bedingt sind durch seine physikalische und geometrische Beschaffenheit (→ Resonanz). Bei schwacher Dämpfung können schon kleine mit der Eigenfrequenz pulsierende Kräfte die E. des Systems zu großen Amplituden erregen, wodurch eine Zerstörung von Bauteilen eintreten kann.

Eigenstrahlung, → Röntgenstrahlung.

Eigenvektoren einer linearen Transformation sind diejenigen Vektoren, die bei Anwendung der Transformation ihre Richtung nicht ändern, die lediglich mit einer Zahl multipliziert werden. Die E. spielen eine Rolle bei der Transformation einer Matrix auf Diagonalgestalt.

Eigenwerte einer (linearen homogenen) Differentialgleichung $Ly = \lambda y$ (L ist ein Differentialoperator und λ eine Konstante) sind diejenigen Werte von λ, für die die Differentialgleichung von Null verschiedene Lösungen besitzt, die außerdem noch gewissen Randbedingungen genügen. Beispiel: $L = -\frac{d_2}{dx^2}$, d. h. $Ly = -y'' = \lambda y$ mit den Randbedingungen $y(0) = y(l) = 0$. Die E. sind hier $\lambda_n = \frac{n^2 \cdot \pi^2}{l^2}$ (n ganze Zahl $\neq 0$), die zu ihnen gehörenden Lösungsfunktionen, die → Eigenfunktionen der Differentialgleichung, sind $y_n = \sin \frac{n\pi}{l} x$. — Die E. einer n-reihigen Matrix $A = (a_{ij})$ $(i, j = 1, 2, \ldots, n)$ sind die Wurzeln der Gleichung

$$\begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & \ldots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & \ldots & a_{2n} \\ & \cdot & & \\ & \cdot & & \\ & \cdot & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \ldots & a_{nn} - \lambda \end{vmatrix} = 0,$$

also einer Gleichung n-ten Grades in λ, der *charakteristischen Gleichung* der Matrix. Zum Beispiel sind die E. der Matrix $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$ die Wurzeln der Gleichung

$$\begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda \end{vmatrix} = (a_{11} - \lambda)(a_{22} - \lambda) - a_{12}a_{21}$$
$$= \lambda^2 - \lambda(a_{11} + a_{22}) + a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21}$$
$$= \lambda^2 - 5\lambda + 4 = 0,$$

also $\lambda_1 = 4$, $\lambda_2 = 1$.

Einachsschlepper, → Einachstraktor.

Einachstraktor, Einachsschlepper, ein besonders in der Landwirtschaft verwendeter einachsiger Traktor, an den verschiedene Geräte angebaut, aufgesattelt oder angehängt werden können. Der E. wird je nach Bauart an Holmen geführt oder ist bei Autolenkung mit Lenksäule und Lenkrad ausgestattet. Der Antrieb erfolgt durch einen luftgekühlten Vergaser- oder Dieselmotor mit 6,5 bis 12 PS Leistung.

Einbringen, → Stoffeigenschaftsändern.

Einbruch, im Bergbau das Einbrechen in das Gebirge, d. h. Herstellen einer Vertiefung im Ortsstoß, um eine freie Fläche zu schaffen. Diese ist nötig, um das Mineral hereingewinnen zu können. Der E. geschieht durch Bohr- und Sprengarbeit oder durch Schrämen.

Eindampfen, Abdampfen, das Abtrennen des Lösungsmittels von einem gelösten Stoff durch Erhitzen der Lösung. Dabei kann das Lösungsmittel an der offenen Luft verdampfen oder in einer Vorlage zurückgewonnen werden. Das Anreichern des gelösten Stoffes in der Lösung durch teilweises E. heißt **Konzentrieren** oder **Einengen.** Als **Eindampfapparate** verwendet man große, flache Pfannen oder geschlossene, unter vermindertem Druck arbeitende Geräte.

Eindicken, → Absetzen.

eineindeutig, umkehrbar eindeutig, eine in der Mathematik häufig vorkommende Bezeichnung, die die gegenseitige Zuordnung von Elementen charakterisiert. Die Abbildung einer Menge A auf eine Menge B ist e., wenn jedem Element von A ein einziges Element von B und umgekehrt jedem Element von B ein einziges Element von A zugeordnet werden kann.

Einengen, → Eindampfen.

Einfachbindung, die homöopolare Verknüpfung von zwei Atomen durch eine Valenz, → Bindung 1), → Kohlenstoffverbindungen.

Einfallen, → Streichen und Fallen.

Einfangquerschnitt, → Wirkungsquerschnitt.

Einfangreaktion, Reaktionstyp einer Kernumwandlung, → Kernreaktionen.

Einflugzeichen, → Anflug- und Landesysteme.

Einflußlinie, in der Statik diejenige Funktion, deren Ordinate unter jeder Laststellung den Einfluß einer an dieser Stelle stehenden Last der Größe „Eins" auf eine gesuchte Größe angibt.

Zur Bestimmung von E.n werden statische und kinematische Methoden herangezogen. Je nach Art der gesuchten Größe kennt man E.n für Auflagerkräfte, Stabkräfte, Schnittkräfte und Durchbiegungen.

Einheiten, physikalisch-technische E., Vergleichsgrößen für die Messung physikalischer Größen gleicher Art, d. h., eine Masse kann nur mit einer Masse, eine elektrische Ladung nur mit einer elektrischen Ladung verglichen werden. In der Frühzeit der Geschichte bis weit hinein in die Neuzeit legte man Maße als feste Verkörperungen bestimmter Beträge von physikalischen Größen unabhängig voneinander fest. Diese Maße schwankten ihrem Betrag nach nicht nur von Land zu Land, sondern oft auch von Ort zu Ort und erschwerten Handel und Verkehr. Nur innerhalb territorial eng begrenzter Wirtschaftsräume gab es gesetzliche Regelungen, die aber meist nur kurzzeitig wirksam waren. Im Zuge der Vereinheitlichungsbestrebungen der Französischen Revolution schlug der Bischof von Autun, Talleyrand, 1790 vor, ein einheitliches System von Maßeinheiten zu schaffen, das auf einer Naturkonstanten beruhen sollte. Auf seine Anregung entstand das metrische → Einheitensystem mit den drei **Grundeinheiten** Meter für die Länge, Kilogramm für die Masse und Sekunde für die Zeit. Die Unterteilung erfolgte dezimal. Die neuen E. wurden bereits 1795 in Frankreich gesetzlich eingeführt. In Deutschland führte Sachsen das Meter als Längeneinheit bereits 1858 ein, der Norddeutsche Bund übernahm Meter und Kilogramm 1868 und das Deutsche Reich 1872. 1875 schlossen die Staaten, in denen die neuen E. benutzt wurden, die Internationale Meterkonvention ab, deren höchstes Organ, die Generalkonferenzen für Maß und Gewicht, die weitere Entwicklung der E. entscheidend beeinflußt (→ Einheitensysteme). Für die Bildung von Vielfachen und Teilen wurden bestimmte *Vorsätze* festgelegt:

Bedeutung	Vorsatz	Kurzzeichen
10^{12} (Billion*)	Tera	T
10^{9} (Milliarde)	Giga	G
10^{6} (Million)	Mega	M
10^{3} (Tausend)	Kilo	k
10^{2} (Hundert)	Hekto	h
10^{1} (Zehn)	Deka	da
10^{-1} (Zehntel)	Dezi	d
10^{-2} (Hundertstel)	Zenti	c
10^{-3} (Tausendstel)	Milli	m
10^{-6} (Millionstel)	Mikro	μ
10^{-9} (Milliardstel)	Nano	n
10^{-12} (Billionstel)	Pico	p
10^{-15} (Billiardstel)	Femto	f
10^{-18} (Trillionstel)	Atto	a

*) In Frankreich und den USA ist Billion = 10^{9}

Diese Vorsätze dürfen nur bei E. mit eigenem Namen angewendet werden, wobei jeweils nur ein Vorsatz angebracht werden darf. Nicht zulässig ist die Anwendung der Vorsätze zum Beispiel bei folgenden E.: Längeneinheit Seemeile; Flächeneinheiten Ar und Hektar; Winkeleinheiten Rechter, Grad, Minute, Sekunde, Neugrad, Neuminute, Neusekunde; Zeiteinheiten Minute, Stunde, Tag; Geschwindigkeitseinheit Knoten; Masseeinheit metrisches Karat; Druckeinheiten technische Atmosphäre und physikalische Atmosphäre; Temperatureinheiten Grad Kelvin und Grad Celsius; Temperaturdifferenz Grad. Eine weitere Ausnahme stellt das Kilogramm dar, das ja bereits einen Vorsatz enthält. Vielfache und Teile werden vom Gramm gebildet, Entsprechendes gilt für das Kilopond bzw. Pond. Zusätze und Indizes sind bei allen E. und deren Kurzzeichen nicht erlaubt, dies gilt besonders bezüglich der Druckeinheit technische Atmosphäre (at), bei der früher Überdruck in atü, Unterdruck in atu und absoluter Druck in ata angegeben wurden. Auch Zeichen wie V_{eff} für effektive Spannung in Volt sind nicht anzuwenden, wohl aber V_{eff} als Formelzeichen.

Gesetzliche E. In der DDR wurde am 31. 5. 1967 eine neue Verordnung über die physikalisch-technischen E. (GBl II, S. 351) erlassen, in der bestimmt wird, daß die E. des Internationalen Einheitensystems (→ Einheitensysteme), das von der XI. Generalkonferenz für Maß und Gewicht 1960 beschlossen wurde, als gesetzliche E. gelten. Die Anwendung der gesetzlichen E. ist für alle Zweige der Wirtschaft, für Presse, Rundfunk und Fernsehen, Unterricht und Lehre sowie im rechtsgeschäftlichen Verkehr für alle Leistungen vorgeschrieben, die in E. angegeben werden. Weiteres über E. (z. B. über englische und amerikanische E.) → Einheitensysteme.

Tafel der gesetzlichen E. In dieser werden sowohl die Definitionen der 6 Grundeinheiten Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere, Grad Kelvin und Candela als auch der Ergänzungseinheiten Radiant und Steradiant sowie der abgeleiteten kohärenten E. (→ Einheitensysteme) gegeben sowie deren Kurzzeichen festgelegt. Ferner sind die Namen, Kurzzeichen und Bedeutungen der zulässigen Vorsätze zur Bildung von Vielfachen und Teilen gesetzlicher E. mit den Vorschriften ihrer Anwendung angegeben. In einem Anhang sind die E. zusammengestellt, die in speziellen Zweigen von Wissenschaft und Technik (z. B. Spektroskopie, Kernphysik, Luft- und Seefahrt) zusätzlich zu den gesetzlichen E. benutzt werden dürfen.

Lit. v. Alberti: Maß und Gewicht (Berlin 1957); Fischer: Größen und E. der Elektrizitätslehre (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961); Förster: Die gesetzlichen E. und ihre praktische Anwendung (Leipzig 1961); Oberdorfer: Die Maßsysteme in Physik und Technik (Wien 1956); Padelt u. Laporte: E. und Größenarten der Naturwissenschaften (2. Aufl. Leipzig 1967); Stille: Messen und Rechnen in der Physik (2. Aufl. Braunschweig 1961); Wallot: Größengleichungen, E. und Dimensionen (2. Aufl. Leipzig 1957).

Einheitensysteme, Systeme, die aus einer bestimmten Anzahl von Grundeinheiten (→ Einheiten) und von diesen abgeleiteten Einheiten bestehen. Den abgeleiteten Einheiten liegen Einheitengleichungen zugrunde, die ihrerseits eng mit den entsprechenden Größengleichungen verknüpft sind. Die Gleichung für die Kraft z. B. ist Kraft = Masse · Beschleunigung (Beschleunigung = Weg durch Quadrat der Zeit). Es besteht also die Beziehung $F = m\,l\,t^{-2}$ und für die Einheit Newton (Kurzz. N) die Beziehung $1\ \mathrm{N} = 1\ \mathrm{m\ kg\ s^{-2}}$. Von Grundeinheiten eines Einheitensystems abgeleitete Einheiten in Form von Produkten oder Quotienten werden *kohärent* genannt, wenn in ihnen lediglich der Faktor 1 auftritt. Abgeleitete Einheiten, in denen andere Faktoren (auch Zehnerpotenzen) auftreten, werden als *inkohärent* bezeichnet; sie gehören meist nicht unmittelbar zu dem betreffenden System. Eine der bekanntesten inkohärenten Einheiten ist das Kilopond ($1\ \mathrm{kp} = 9{,}806\,65\ \mathrm{N} = 9{,}806\,65\ \mathrm{m\ kg\ s^{-2}}$), aber auch die Einheiten Kalorie, Seemeile und Knoten sind inkohärent.

Metrische E. Das metrische System basierte zunächst nur auf den Einheiten Meter und Kilogramm, dazu kam noch die Sekunde als 86 400ster Teil des mittleren Sonnentages. Entsprechend seinen Grundeinheiten nannte man dieses System **MKS-System,** es gestattet die Bildung aller Einheiten der Mechanik. Bereits 1836 entwickelten Gauß und Weber ein physikalisches Einheitensystem mit den Grundeinheiten Zentimeter,

Die wichtigsten Einheiten und Größenarten

Name der E.	Kurzz.	Definition bzw. Umrechnung
Länge		
Meter	m	Grundeinheit
Seemeile	sm	1852 m
Fläche		
Quadratmeter	m^2	1 m · 1 m
Ar	a	10^2 m^2
Hektar	ha	10^4 m^2
Volumen		
Kubikmeter	m^3	1 m · 1 m · 1 m
Liter	l	1 dm^3
Winkel		
Radiant	rad	Ergänzungseinheit
Steradiant	sr	Ergänzungseinheit
Zeit		
Sekunde	s	Grundeinheit
Minute	min	60 s
Stunde	h	60 min = 3600 s
Tag	d	24 h = 86400 s
Frequenz		
Hertz	Hz	$1\ s^{-1}$
Umdrehung/Sekunde	U/s	60 U/min = 3600 U/h
Geschwindigkeit		
Meter/Sekunde	$m\ s^{-1}$	
Knoten	kn	$1\ sm\ h^{-1} = 1852\ m\ h^{-1} = 0{,}15444\ m\ s^{-1}$
Radiant/Sekunde	rad/s	
Beschleunigung		
Meter/Quadratsekunde	$m\ s^{-2}$	
Gal	Gal	$10^{-2}\ m\ s^{-2}$
Radiant/Quadratsekunde	$rad\ s^{-2}$	
Masse		
Kilogramm	kg	Grundeinheit
Gramm	g	10^{-3} kg
Tonne	t	10^3 kg
metrisches Karat	k	0,2 g
Dichte		
Kilogramm/Kubikmeter	$kg\ m^{-3}$	1 g dm^{-3}
Kraft		
Newton	N	$1\ kg\ m\ s^{-2}$
Dyn	dyn	10^{-5} N
Kilopond	kp	9,80665 N
Pond	p	$9{,}80665 \cdot 10^{-3}$ N
Druck		
Newton/Quadratmeter	$N\ m^{-2}$	$1\ kg\ m^{-1}\ s^{-2}$
Bar	bar	10^5 $N\ m^{-2}$
technische Atmosphäre	at	10^4 $kp\ m^{-2}$
physikalische Atmosphäre	atm	101325 $N\ m^{-2}$
Torr	Torr	$1{,}333 \cdot 10^2$ $N\ m^{-2}$
Viskosität		
Newtonsekunde/Quadratmeter	$Ns\ m^{-2}$	$1\ kg\ m^{-1}\ s^{-1}$
Poise	P	10^{-1} $Ns\ m^{-2}$
Quadratmeter/Sekunde	$m^2\ s^{-1}$	$\frac{1\ Ns\ m^{-2}}{1\ kg\ m^{-3}}$
Stokes	St	10^{-4} $m^2\ s^{-1}$
Arbeit, Energie und Wärmemenge		
Joule	J	1 Ws = 1 Nm
Erg	erg	10^{-7} J
Kalorie	cal	4,1868 J
Leistung		
Watt	W	$1\ J\ s^{-1} = 1$ VA
Voltampere	VA	1 W (Scheinleistung)
Var	var	1 W (Blindleistung)
Pferdestärke	PS	735,498 W

Name der E.	Kurzz.	Definition bzw. Umrechnung
elektrische Stromstärke		
Ampere	A	Grundeinheit
elektrische Spannung		
Volt	V	$1\ W\ A^{-1}$
elektrischer Widerstand		
Ohm	Ω	$1\ V\ A^{-1}$
elektrischer Leitwert		
Siemens	S	$1\ A\ V^{-1}$
Elektrizitätsmenge		
Coulomb	C	1 As
elektrische Kapazität		
Farad	F	$1\ C\ V^{-1}$
elektrische Verschiebung		
Coulomb/Quadratmeter	$C\ m^{-2}$	$1\ As\ m^{-2}$
elektrische Feldstärke		
Volt/Meter	$V\ m^{-1}$	$1\ m\ kg\ s^{-3}\ A^{-1}$
magnetischer Fluß		
Weber	Wb	1 Vs
Induktivität		
Henry	H	$1\ Wb\ A^{-1}$
magnetische Induktion		
Tesla	T	$1\ Wb\ m^{-2}$
magnetische Feldstärke		
Ampere/Meter	$A\ m^{-1}$	
Temperatur		
Grad Kelvin	°K	Grundeinheit
Grad Celsius	°C	0 °C ≙ 273,15 °K
Lichtstärke		
Candela	cd	Grundeinheit
Leuchtdichte		
Candela/Quadratmeter	$cd\ m^{-2}$	10^4 $cd\ m^{-2} = 1$ Stilb
Lichtstrom		
Lumen	lm	1 cd sr
Beleuchtungsstärke		
Lux	lx	$1\ lm\ m^{-2}$
Nicht gesetzliche Sondereinheiten:		
Astronomie		
Parsec	pc	$3{,}084 \cdot 10^{13}$ km
Lichtjahr	Lj	$9{,}4605 \cdot 10^{12}$ km
astronomische Einheit	AE	$1{,}490 \cdot 10^8$ km
Spektroskopie		
Ångström	Å	10^{-10} m
X-Einheit (Siegbahnsche X-Einheit)	XE	$1{,}00202 \cdot 10^{-13}$ m
Atom- und Kernphysik		
Barn	b	10^{-24} cm^2
atomphysikalische Masseeinheit	u	$1{,}660277 \cdot 10^{-27}$ kg
Elektronenvolt	eV	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J
Elementarladung	e	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C
Curie	Ci	$3{,}700 \cdot 10^{10}\ s^{-1}$
Röntgen	R	$2{,}58 \cdot 10^{-4}$ $C\ kg^{-1}$

Englische und amerikanische Einheiten. Die wichtigsten sind nachfolgend aufgeführt, Weiteres siehe im Artikel Einheitensysteme

Name der E	Kurzz.	Definition bzw. Umrechnung
Länge		
yard	yd	0,9144 m
foot	ft	0,3048 m
inch	in	0,0254 m
statute mile	mi	1,60935 km
nautical mile (UK)*	n mile (UK)	1853,181 m
nautical mile (US)*	n mile (US)	1852 m = 1 sm
Fläche		
square yard	yd^2	0,8361 m^2
square foot	ft^2	0,0929 m^2
square inch	in^2	6,452 cm^2
acre	acre	4046,86 m^2
Volumen		
cubic yard	yd^3	0,764553 m^3
cubic foot	ft^3	28,317 dm^3
cubic inch	in^3	16,387 cm^3
liquid quarter (UK)	liq quarter (UK)	289,5 l
liquid quarter (US)	liq quarter (US)	281,92 l
gallon (UK)	gal (UK)	4,546 dm^3
gallon (US)	gal (US)	3,785 dm^3
bushel (UK)	bushel (UK)	36,37 dm^3
bushel (US)	bu	35,239 dm^3

Name der E.	Kurzz.	Definition bzw. Umrechnung
Masse		
pound	lb	0,45359237 kg
ounce (ounce avoirdupois)	oz (avdp)	28,35 g
apothecary ounce	oz apoth (UK)= oz ap (US)	31,1035 g
ton	ton	1,016 t
short ton (US)	sh tn (US)	0,907 t
long ton (US)	tn (US)	1,016 t
Kraft		
poundal	pdl	0,138 N
pound-force	lbf	4,44822 N
ton-force (UK)	tonf (UK)	9964,015 N
short ton-weight (US)	sh tn wt (US)	8896,446 N
Arbeit und Energie		
foot-poundal	ft pdl	0,042 J
foot pound-force	ft lbf	1,356 J
British thermal unit	Btu	1055,06 J
horse-power-hour	hp h	$2{,}684 \cdot 10^6$ J
Frequenz		
cycle per second	c, cps, c/s	1 Hz
cycle per minute	cpm, c/min	1 U/min
Leuchtdichte		
lambert	la	0,318 sb = 0,318 cd cm^{-2}

* Näheres über die Bedeutung der Zusätze (UK) und (US) im Artikel Einheitensysteme.

Gramm und Sekunde, das **cgs-System**. Dieses wurde 1881 als das **Gaußsche Maßsystem** oder das **absolute Maßsystem** für die Wissenschaft verbindlich. Daraus entstanden das **Gaußsche elektrotechnische System** mit einer vierten Grundeinheit, der Dielektrizitätskonstanten ($\varepsilon \equiv 1$), das **Gaußsche elektromagnetische System** mit der vierten Grundeinheit, der absoluten Permeabilitätskonstanten ($\mu \equiv 1$), und schließlich noch ein gemischtes System, in dem die cgs-Einheiten sowie ε und μ enthalten waren. In der Zwischenzeit hatte die Elektrotechnik wesentliche Fortschritte gemacht, und es zeigte sich, daß die Einheiten der Mechanik zur Darstellung elektrischer und magnetischer Vorgänge und Zustände nicht ausreichten. Deshalb wurden spezielle Einheiten für dieses Gebiet entwickelt. 1898 wurden in Deutschland die Einheiten Ohm, Ampere und Volt gesetzlich festgelegt, deren Definition bis 1958 bestehen blieb. 1901 machte der italienische Physiker Giorgi den Vorschlag, zum MKS-System zurückzukehren und es um eine elektrische Einheit zu erweitern. So entstand unter Hinzunahme des Ampere das **Giorgische System** oder das **MKSA-System**.

Da den Technikern das MKS-System für ihre Belange nicht genügte, entwickelten sie ein **Technisches Maßsystem**, in dem an die Stelle der Einheit der Masse die Einheit der Kraft gesetzt wurde und die Masseeinheit eine abgeleitete Einheit darstellte. Besonders ungünstig war, daß die Krafteinheit mit dem gleichen Namen belegt war wie die Masseeinheit des MKS-Systems, d. h. mit Kilogramm. Erst nachdem die Krafteinheit den Namen Kilopond erhielt, war eine klare Trennung des MKS-Systems und des neuen Systems, des **m kp s-Systems**, möglich.

Internationales Einheitensystem. Die 10. Generalkonferenz für Maß und Gewicht beschloß 1954 auf der Grundlage des Giorgischen Systems ein Einheitensystem mit den 6 Grundeinheiten Meter, Kilogramm, Sekunde, Ampere, Grad Kelvin und Candela, den zwei Ergänzungseinheiten Radiant und Steradiant und 27 abgeleiteten kohärenten Einheiten. Dieses Einheitensystem, das **MKSAKC-System**, erhielt auf der 11. Generalkonferenz 1960 den Namen „Système International d'Unités" (Kurzz. **SI**). Es liegt auch der Verordnung vom 31. 5. 1967 über die physikalisch-technischen Einheiten zugrunde.

Neben den zu einem Einheitensystem gehörenden Einheiten gibt es einige international festgelegte, außerhalb des Systems benutzte Einheiten; dazu gehören z. B. die Kalorie (Kurzz. cal), das Kilopond (kp), die technische Atmosphäre (at) und die physikalische Atmosphäre (atm) sowie das Curie (Ci).

Nicht metrische E. Am bekanntesten und am weitesten verbreitet ist hier das **yard-pound-System.** Es war in Großbritannien und den USA gesetzlich festgelegt, jedoch nicht in allen Werten übereinstimmend. Grundeinheiten sind das yard (yd) für die Länge und das pound (lb) für die Masse. Dazu kommen second (s) sowie ampere (A), candela (cd) und degree Rankine (°R). Die Zahl der abgeleiteten Einheiten ist sehr groß (→ Einheiten). Die meisten haben eigene Namen, häufig auch die Vielfachen und die Teile, die nicht dezimal, sondern meist sexagesimal gebildet sind. In früheren Jahren wurden englische Einheiten, die gesetzlich festgelegt waren, mit dem Zusatz imperial versehen; neuerdings wird bei englischen gesetzlichen Einheiten der Zusatz UK als Abk. von United Kingdom = Vereinigtes Königreich (von Großbritannien), bei gesetzlichen Einheiten der USA der Zusatz US unmittelbar neben dem Namen bzw. dem Kurzzeichen in Klammern angegeben. Eine gewisse Einheitlichkeit wurde erzielt, nachdem durch Beschluß der metrologischen Staatsinstitute Australiens, Großbritanniens, Kanadas, Neuseelands, der Südafrikanischen Republik und der USA ein „vereinheitlichtes yard" (1 yd = 0,9144 m genau) eingeführt wurde. Als Temperatureinheit für den täglichen Gebrauch wird das degree Fahrenheit (Kurzz. °F) benutzt. Temperaturdifferenzen werden in degree Rankine (Kurzz. degR) und degree Fahrenheit (Kurzz. degF) angegeben. In England wurde 1965 der Übergang zum Internationalen Einheitensystem beschlossen, der allerdings in Etappen vollzogen werden soll.

Lit. → Einheiten.

einheitliche Feldtheorie, eine Weiterentwicklung der allgemeinen → Relativitätstheorie. Die e. F. versucht die mathematische Vereinigung des elektromagnetischen Feldes und des Gravitationsfeldes.

Einheitskreis, Kreis mit einem Radius, der gleich 1 gesetzt wird; → Winkelfunktionen.

Einheitsmetall, bei der Eisenbahn als Lagermetall verwendete Legierungen aus Blei, Zinn, Antimon und Kupfer, z. B. Lg Pb, Lg Pb Sn 5, Lg Sn 80. Die Zahl hinter dem Kurzzeichen gibt den Zinngehalt in Prozenten an, z. B. enthält Lg Pb Sn 5: 5% Zinn Sn, 79% Blei Pb, 15% Antimon Sb und 1% Kupfer Cu.

Einheitsstrecke, eine Strecke von willkürlich festgelegter Länge, die innerhalb einer Zeichnung als Längeneinheit und somit auch als Maß für die übrigen Strecken dient.

Einheitsvektor, ein Vektor vom Betrag 1 (Bezeichnung e). Einen E., dessen Richtung mit der des Vektors a übereinstimmt, bezeichnet man mit e_a oder a°. Jeder Vektor läßt sich als Produkt aus seinem Betrag und dem entsprechenden E. darstellen: $a = a \cdot e_a$ bzw. $a = a \cdot a^\circ$. E.en, deren Richtungen mit den Achsen eines rechtwinkligen Koordinatensystems zusammenfallen, bezeichnet man mit i, j, f.

Einheitswurzel, eine Wurzel aus der Zahl 1, d. h. eine Zahl, die, in eine gewisse Potenz erhoben, den Wert 1 ergibt; z. B. $\sqrt{1} = \pm 1$; $\sqrt[3]{1} = 1$, $-\frac{1}{2} \pm \frac{i}{2}\sqrt{3}$. Als n-te E.n bezeichnet man die n Wurzeln der Gleichung $x^n - 1 = 0$. Die E.n sind komplexe Zahlen vom Betrag 1, sie lassen sich in der Form $e^{\frac{2\pi ik}{n}}$ mit $k = 1, 2, \ldots, n$ schreiben. E.n sind ein wichtiges Hilfsmittel der Zahlentheorie und der Theorie der algebraischen Gleichungen.

Einkristall, ein Festkörper, in dem im idealen Fall ein ungestörtes, sich über die Gesamtgestalt erstreckendes Kristallgitter existiert, das regelmäßig mit atomaren oder molekularen Bausteinen besetzt ist. Die Größe des E.s und Ausbildung seiner Flächen und Kanten, z. B. ebene Flächen, zylindrischer bis nadeliger Querschnitt, hängen von seinen Wachstumsbedingungen ab (→ Kristallisation). E.e hoher chemischer Reinheit, die auch einem idealen strukturellen Aufbau nahekommen, sucht man durch die Methoden der Kristallzüchtung zu gewinnen. Die sehr zahlreichen in der Natur als Minerale vorkommenden oder durch technische Prozesse entstandenen E.e enthalten überwiegend Baufehler und Einschlüsse (→ Fehlordnung).

Ein-Minuten-Kamera, eine photographische Kamera, die nach der Belichtung in kurzer Zeit ein Positiv liefert. An Stelle der sonst in Rollfilmkameras befindlichen Aufwickelspule enthält diese Kamera eine Rolle mit Spezialphotopapier, das pro Bildlänge eine Ampulle mit Entwicklerpaste trägt. Beim Filmtransport nach der Belichtung werden der belichtete Film und das Papier gemeinsam hinter der Bildfensterebene durch zwei Quetschwalzen geleitet, wobei sich die Entwicklerpaste gleichmäßig zwischen die aufeinanderliegenden Schichten von Film und Papier verteilt. Nach einer Entwicklungsdauer von 10 Sekunden bei Schwarzweißmaterial bzw. einer Minute bei Farbmaterial wird das fertige Positiv herausgezogen und abgeschnitten. Die Herstellung weiterer Kopien ist nach Stabilisierung des Negativs möglich.

Einphasenmotor, → elektrische Maschine.

Einphasen-Reihenschlußmotor, → elektrische Maschine.

Einphasenstrom, svw. einphasiger → Wechselstrom.

Einpolmaschine, svw. → Unipolarmaschine.

Einpressen, ein Fügeverfahren zur Herstellung einer Preßsitzverbindung, z. B. E. einer Buchse in eine Bohrung.

Einsalzen, → Aussalzen.

Einsatzhärten, → Härten.

Einsatzstahl, ein unlegierter oder legierter Baustahl (→ Stahl) mit weniger als 0,25% Kohlenstoff, dessen Oberfläche durch Aufkohlen und anschließende Wärmebehandlung gegenüber dem Grundmaterial eine größere Härte erhält. Einsatzstähle werden für Zahnräder, Nockenwellen, Kurbelwellen, Spindeln, Achszapfen, Kolbenbolzen und Kettenstifte verwendet.

Einschaltstrom, svw. → Anzugsstrom.

Einschienenbahn, → Sattelbahn.

Einschlüsse, Fremdbestandteile in einem Mineral oder einem Eruptivgestein. 1) E. in einem Mineral sind Fremdbestandteile, die von dem Mineral während des Wachstums umhüllt wurden. Man unterscheidet Gas-, Flüssigkeits-, Glas- und Mineraleinschlüsse. 2) E. in einem Eruptivgestein sind von diesem umschlossene Nebengesteinsbruchstücke.

Einschlußverbindungen, eine Gruppe kristallisierter Molekülverbindungen, bei denen Moleküle passender Größe in die Hohlräume des Gitters einer anderen Verbindung eingelagert werden. Nach der Form der Hohlräume unterscheidet man **Kanaleinschlußverbindungen** und **Käfigeinschlußverbindungen** (Klathrate), nach der Herkunft der Hohlräume **Gittereinschlußverbindungen**, bei denen sich die Hohlräume in einem aus Einzelmolekülen bestehenden Kristallgitter befinden, und **Moleküleinschlußverbindungen**, bei denen sie innerhalb eines großen Moleküls auftreten. Technisch wichtig sind die Kanaleinschlußverbindungen von Harnstoff mit unverzweigten Alkanen und deren Derivaten, die zur Trennung verzweigter und unverzweigter Alkane, gesättigter und ungesättigter Monokarbonsäuren sowie zur Razematspaltung eingesetzt werden.

Lit. Cramer: E. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954).

Einschmelzlegierungen, Legierungen, die auf Eisen-Nickel- oder Eisen-Nickel-Kobaltbasis aufgebaut sind und bestimmte Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen, die von gleicher Größe sind wie die bestimmter Gläser, Porzellane u. a. Die E. werden als Drähte in die Werkstoffe eingeschmolzen und ergeben auch bei höheren Temperaturen eine vakuumdichte Durchführung für den elektrischen Strom. E. sind z. B. → Fernichrome, → Invar, → Kovar und → Platinit. Sie werden in der Glühlampen- und Röhrenindustrie eingesetzt.

Einschneiden, ein Fertigungsverfahren zum Trennen längs einer oder mehrerer Schnittlinien ohne Zerteilen in Stücke, eine Form des Scherschneidens (→ Zerteilen).

Einschrumpfen, → Schrumpfverbindung.

Einseitenbandübertragung, → Trägerfrequenztechnik.

Einselement, Bezeichnung der modernen Algebra für das Element e eines Ringes oder einer Gruppe, für das bei der Multiplikation mit einem beliebigen anderen Element a dieses Ringes (oder der Gruppe) gilt: $e \cdot a = a = a \cdot e$, d. h., das Element a bleibt unverändert. Das E. spielt im Ring oder in der Gruppe dieselbe Rolle wie die Eins bei den Zahlen.

Einsenken, ein Umformverfahren zur Herstellung von Umformwerkzeugen (Gesenken, Matrizen). Unter einer hydraulischen Presse wird mit kleiner Geschwindigkeit die Negativform des Gesenkes, die in einem Stahlstempel enthalten ist, in ein zuvor weichgeglühtes Werkstück (Kaltsenken) oder in ein zuvor auf Umformtemperatur erwärmtes Werkstück (Warmsenken) eingedrückt. Durch Erhalten und Verdichten der

Walzfasern gegenüber spanend hergestellten Gesenken kann die Standmenge erhöht werden.

Einsetzen, svw. → Aufkohlen.

Einsprenglinge, die größeren, oft idiomorphen Kristalle in Eruptiv-, besonders porphyrischen Gesteinen.

Einspritzdüse, eine Vorrichtung bei Dieselmotoren und Einspritz-Ottomotoren. Sie dient dazu, den Kraftstoff unter entsprechendem Druck in der notwendigen räumlichen Verteilung (Makrogemisch) und entsprechend fein zerstäubt (Mikrogemisch) in den Brennraum des Motors oder bei manchen Einspritz-Ottomotoren in die Saugleitung des entsprechenden Motorzylinders einzubringen. Verwendet werden nur noch geschlossene E.n, deren Spritzöffnung durch ein federbelastetes, vom Kraftstoffdruck gesteuertes Nadelventil (Düsennadel) verschlossen ist. Der Kraftstoffdruck, bei dem die Düsennadel öffnen soll, kann durch die Vorspannung der Düsennadelfeder eingestellt werden. Je nach Ausbildung der Dichtfläche der Düsennadel unterscheidet man **Flachdüsen** und **Kegelsitzdüsen,** nach der Gestaltung des Strahlaustrittes **Lochdüsen** (Ein-, Mehrlochdüsen) und **Zapfendüsen,** d. s. E.n, deren Düsennadel am unteren Ende mit einem zylindrischen Zapfen versehen ist.

Einspritzmotor, ein → Verbrennungsmotor (Ottomotor), bei dem die Gemischbildung durch Einspritzung des Kraftstoffes in die Verbrennungsluft erfolgt. Man unterscheidet zwischen Saugrohr- und Brennraum-Einspritzung. Durch Kraftstoffeinspritzung kann die Leistung gesteigert und der Kraftstoffverbrauch vor allem bei Zweitakt-Ottomotoren gesenkt werden. Nachteilig ist gegenüber dem Vergasermotor der höhere Aufwand. E.en werden besonders bei Sportfahrzeugen bevorzugt.

Einspritzpumpe, eine kleine Kolbenpumpe, die bei Verbrennungsmotoren (Dieselmotoren, Glühkopfmotoren, Einspritz-Ottomotoren) den Kraftstoff über die Einspritzleitung zur Einspritzdüse drückt und, wenn deren Öffnungsdruck überschritten wird, in den Zylinder, bei manchen Ottomotoren in die Saugleitung einspritzt. Die an die E. gestellten Anforderungen sind sehr hoch: dem Motorzylinder müssen in der Minute unter Umständen mehrere tausendmal von Einspritzung zu Einspritzung stets gleich große und oftmals nur sehr kleine Kraftstoffmengen zum richtigen Zeitpunkt unter sehr hohen Drücken (bis 400 kp/cm²) zuverlässig zugeführt werden.

Einstein-de-Haas-Effekt, ein → gyromagnetischer Effekt; → magnetomechanischer Parallelismus.

Einstein-Gleichung, 1) die Beziehung zwischen der Frequenz f einer Strahlung, der ihr zugeordneten Energie E und der Ionisierungsenergie P eines Elektrons, das durch ein Photon ausgelöst wurde: $h \cdot f = P + E$. 2) die Äquivalenz von Energie und Masse als Ergebnis der speziellen → Relativitätstheorie: $E - E_0 = (m - m_0)\, c_0^2$. Ändert sich die Energie, so ändert sich auch die Masse, → Energie, → Kernenergie.

Einsteinium, Symbol **Es,** radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 99, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 246, 248 bis 256 (das stabilste Isotop $^{254}_{99}Es$ hat eine Halbwertszeit von 480 Tagen), Wertigkeit III. E. wurde 1954 von Seaborg und Mitarbeitern entdeckt, als sie Uran $^{238}_{92}U$ mit energiereichen Stickstoffkernen beschossen. Ebenso gelang die Darstellung bei der Bombardierung von Plutonium $^{239}_{94}Pu$ mit Neutronen hoher Konzentration. Aus ^{253}Es gewinnt man Mendelevium. E. erhielt seinen Namen zu Ehren von Albert Einstein.

Eintourenmaschine, → Zylinderdruckmaschine.

Einwohnergleichwert, → Abwasser.

Einzelfertigung, eine → Fertigungsart.

Einzelkornsämaschine, Präzisionsdrillmaschine, eine Spezialsämaschine zum Auslegen von einzelnen Samenkörnern in gleich großen Abständen. E.n arbeiten meist nach dem Zellenrad- und Zellenscheibensystem sowie nach dem System mit umlaufendem oder oszillierendem gelochtem Gummiband; bekannt sind auch Greifer-, Schöpfbecher- und pneumatische Systeme. E.n werden gewöhnlich einreihig mit eigenem Samenbehälter und Bodenantrieb ausgeführt. Mehrere dieser Einheiten werden an einer Werkzeugschiene angebracht und bilden dann eine selbständige mehrreihige Sämaschine.

Einzugsgebiete, → Abfluß.

Eis, fester Aggregatzustand des Wassers (gefrorenes Wasser), entsteht bei 0 °C und 760 Torr Luftdruck aus Wasser, ist kristallinisch, hat die Dichte 0,916 g/cm³ und schwimmt daher auf Wasser. Beim Gefrieren vergrößert Wasser sein Volumen um etwa 1/11. Bei stehenden und langsam fließenden Gewässern bildet sich das E. zuerst an der Oberfläche, bei rasch fließenden von den Ufern und vom Grunde aus. **Eisstand** ist der Zustand der Wasserläufe bei geschlossener Eisdecke; kommt diese in Bewegung, so bricht sie in Schollen, die im **Eisgang** als **Treibeis** abschwimmen. Bei **Eisversetzung** schiebt sich das abschwimmende E. so weit zusammen, daß es den Flußlauf sperrt (Überschwemmungsgefahr). Eisversetzungen werden durch Sprengen beseitigt. In Hohlräumen des Bodens gefrierendes Wasser zersprengt das Gestein und fördert so die Erosion. In polaren Gebieten taut der Boden während des Sommers nur oberflächlich auf (Dauerfrostboden).

Kunsteis (Wassereis) wird als Scherbeneis oder Blockeis durch Kältemaschinen erzeugt, die Wasser zum Gefrieren bringen. Es ist nicht zu verwechseln mit → Trockeneis.

Eisberg, im Meer schwimmende Eismasse, die durch Abbrechen (Kalben) der ins Meer vorgeschobenen Enden von Gletschern oder des Inlandeises entsteht. Nur etwa 1/9 der Masse des E.s erhebt sich aus dem Wasser, während 8/9 unter dem Wasserspiegel liegen.

Eisbrecher, ein Spezialschiff zum Herstellen bzw. Offenhalten von Fahrrinnen in vereisten Gewässern. E. sind besonders widerstandsfähig gebaut und haben starke Maschinen sowie einen etwas abgeflachten → Bug, mit dem sie sich auf die Eisdecke hinaufschieben, so daß diese unter der Last der Schiffsmasse zerbricht. Die Brechwirkung wird bei Binneneisbrechern mitunter durch eine *Stampfanlage* verstärkt, die Bug und Heck wechselseitig hebt und senkt. See-Eisbrecher haben meist eine *Krängungsanlage,* durch die Wasser zwischen zwei Seitentanks umgepumpt und so ein künstliches Schlingern erzeugt werden kann, um das Schiff gegebenenfalls aus dem Eis freizubekommen, ferner (außer Polareisbrechern) zusätzliche Bugpropeller, deren Strömung das gebrochene Eis vom Schiff wegtreibt. Der E. „Lenin" mit Kernenergieantrieb (→ Kernreaktor, Abb.) hat den Vorteil eines besonders großen Aktionsradius.

Eisen [lateinisch ferrum], Symbol **Fe,** chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, das wichtigste Schwermetall; Ordnungszahl 26, Massenzahlen der Isotope 56, 54, 57 und 58, Atomgewicht 55,847 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II, III, seltener VI, D. 7,86 g cm^{-3}, F. 1539 °C, Kp. etwa 2730 °C, Zugfestigkeit in Abhängigkeit von der Reinheit 20 bis 25 kp mm^{-2}, Dehnung 30 bis 35 %, elektrische Leitfähigkeit $10{,}3 \cdot 10^4\ \Omega^{-1}\ cm^{-1}$, spezifischer Widerstand $9{,}7 \cdot 10^{-6}\ \Omega$ cm, linearer Ausdehnungskoeffizient zwischen 0 und 100 °C $1{,}1 \cdot 10^{-5}$,

Wärmeleitfähigkeit bei 18 °C 0,17 cal cm^{-1} s^{-1} grd^{-1}.

Eigenschaften. Reines E. ist bläulichweiß und polierfähig. Bei Erwärmung durchläuft E. in seiner Kristallstruktur verschiedene Modifikationen: α-Eisen geht bei 910 °C in γ-Eisen über, bei 1388 °C erfolgt die Umwandlung zum δ-Eisen, das bis zum Schmelzpunkt bei 1539 °C stabil ist. Ein besonderes Kennzeichen von E. ist seine gute Magnetisierbarkeit. Reines E. bleibt allerdings nur vorübergehend magnetisch, kohlenstoffhaltiges E. jedoch ständig. α-Eisen ist ferromagnetisch, wird jedoch bei 768 °C paramagnetisch. An trockener Luft und in sauerstoff- und kohlendioxidfreiem Wasser bildet E. eine festhaftende Oxidschicht und verändert sich nicht. Feuchte Luft oder kohlendioxidhaltiges Wasser greifen E. unter Bildung von Rost [Eisen-(III)- oder Eisen(II, III)-hydroxid] an. In verdünnten Säuren ist E. löslich. Wird Eisenoxid bei niedriger Temperatur reduziert, erhält man chemisch reines E. in Form eines schwarzen Pulvers, das sich leicht an der Luft entzündet (pyrophores E.). Eisensalzlösungen geben nach Zugabe von Blutlaugensalzen → Berliner Blau bzw. Turnbulls Blau. Für alle Lebewesen ist E. als Katalysator oder in chemischer Bindung von größter Bedeutung.

Vorkommen. E. ist nach Aluminium das zweithäufigste Metall und das weitverbreitetste Schwermetall. Es kommt fast ausschließlich in Form seiner Verbindungen als oxidisches und sulfidisches Erz vor. Die wichtigsten Eisenerze sind Magnetit, Hämatit, Limonit, Siderit und Pyrit.

Die Gewinnung von E. aus Eisenerzen erfolgt im technischen Maßstab fast ausschließlich nach pyrometallurgischen Verfahren (→ Roheisenerzeugung). Reines Eisen erhält man z. B. durch Elektrolyse von Eisensalzen (**Elektrolyteisen**, abg. **E-Eisen**). Chemisch nahezu reines E. ist → **Karbonyleisen**.

Verwendung. Durch den Einfluß verschiedener Stoffe, die als Eisenbegleiter z. T. durch den Verhüttungsprozeß bedingt im E. vorhanden sind (z. B. C, Si, Mn, P, S), z. T. dem E. als Legierungspartner zur Veredlung absichtlich zugesetzt werden, z. B. C, Cr, Ni, W, Mo, Si, Mn, Co, Ti, erhält das E. besondere Eigenschaften, z. B. hohe Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Zunderbeständigkeit, und wird dadurch in der Technik verwendbar. Besonders wichtig sind die → Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, ferner → Ferrolegierungen, → Contracid, → Elinvar, → Fernichrome, → Invar, → Kovar, → Permalloy, → Perminvar, → Platinit.

Eisenverbindungen. Eisenalaune, → Alaune; **Eisen(II)-azetat**, $Fe(CH_3COO)_2$, und **Eisen(III)-azetat**, $Fe(CH_3COO)_3$, verwendet als Beize in der Färberei und für medizinische Präparate; **Eisen(II)-chlorid**, $FeCl_2$, farblose, hygroskopische Kristalle, verwendet in der Färberei als Beize und Reduktionsmittel sowie für pharmazeutische Präparate; **Eisen(III)-chlorid**, $FeCl_3$, in durchscheinendem Licht rote, in reflektiertem Licht grüne Kristalle, verwendet zur Herstellung anderer Eisensalze, als Oxydationsmittel und Beize in der Färberei, zum Ätzen von Metallen, zur Herstellung von Tinten u. a.; **Eisen(III)-chromat**, $Fe_2(CrO_4)_3$, gelbe Mikrokristalle, verwendet als Pigment (*Siderin gelb*) für Wasser-, Lack- und Porzellanfarben und in der Metallurgie als Stahlveredler; **Eisen(III)-hydroxid**, FeO(OH) oder $Fe_2O_3 \cdot H_2O$ [Formel $Fe(OH)_3$ ist nicht exakt], kommt in der Natur als Nadeleisenerz, Rubinglimmer und Limonit vor, verwendet unter der Bezeichnung *Eisenoxidgelb* als Pigment; **Eisen(II)-jodid**, FeJ_2, graue oder dunkelrote Kristalle, verwendet in der Medizin als Jodeisensirup; **Eisen-(II)-karbonat**, $FeCO_3$, kommt in der Natur als Siderit vor und in Form von Eisenhydrogenkarbonat in manchen Mineralwässern; **Eisen(III)-nitrat**, $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, farblose Kristalle, verwendet als Beize in der Färberei, zum Gerben von Häuten, in der Medizin als Adstringens u. a.; **Eisen(II)-oxid**, FeO, schwarzes Pulver; **Eisen-(III)-oxid (Caput mortuum)**, Fe_2O_3, braunrotes Pulver, kommt in der Natur als Hämatit vor, verwendet unter der Bezeichnung *Polierrot* oder *Englischrot* als Poliermittel und Schleifmittel für Glas, Metall und Edelsteine sowie unter der Bezeichnung *Eisenoxidrot* als Pigment und unter der Bezeichnung *Venetianischrot* oder *Pompejanischrot* als rotbraune Anstrichfarbe und Malerfarbe; **Eisen(II, III)-oxid**, Fe_3O_4 oder $FeO \cdot Fe_2O_3$, schwarzes Pulver, kommt in der Natur als Magnetit vor, verwendet unter der Bezeichnung *Eisenoxidschwarz* als Pigment; **Eisenpentakarbonyl**, $Fe(CO)_5$, gelbe, ölige Flüssigkeit, starkes Reduktionsmittel, verwendet zur Herstellung von Karbonyleisen und als Antiklopfmittel; **Eisen(II)-sulfat (Eisenvitriol)**, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, hellgrüne Kristalle, verwendet zur Herstellung anderer Eisensalze, als Unkrautbekämpfungs-, Desinfektions- und Reduktionsmittel, zur Herstellung von Tinten, zur Holzkonservierung u. a.; **Eisen(III)-sulfat**, $Fe_2(SO_4)_3$, weißes Pulver, bildet mit Alkalisulfaten Alaune, verwendet zum Aufschließen von Kupfererzen, als Beize in der Zeugfärberei u. a.; **Eisenzyanverbindungen**, z. B. → Blutlaugensalz, → Berliner Blau, Turnbulls Blau und die → Prusside.

Lit. → Roheisenerzeugung.

Eisenbahn (Tafeln 6, 7, 8), eine auf einem Zweischienengleis verkehrende → Schienenbahn mit eigenem Bahnkörper für Zugbetrieb mit Lokomotivzügen (→ Lokomotive) und → Triebwagen. Der Antrieb erfolgt durch Dampfmaschine, Dieselmotor oder Elektromotor (→ Lokomotive), die Zugkraft wird durch Reibung zwischen Rad und Schiene (Adhäsionsbahn) oder mittels Zahnstange (→ Zahnradbahn) in eine fortschreitende Bewegung umgewandelt. Zu den E.en gehören die dem öffentlichen Verkehr dienenden → Vollbahnen und Kleinbahnen und die nichtöffentlichen Industrieanschluß-, Werks-, Hafen-, Gruben- und Feldeisenbahnen. Straßenbahnen und Metros nehmen eine Sonderstellung ein.

Nach der höchsten Streckenneigung unterscheidet man bei den öffentlichen E.en **Flachlandbahnen** (bis 5‰), **Hügellandbahnen** (bis 15‰) und **Gebirgsbahnen** (bei Neubau bis 25‰ auf Hauptstrecken, bis 40‰ auf Nebenstrecken), ferner → Bergbahnen.

Die historische Entwicklung hat zu Netzen mit unterschiedlichen → Spurweiten geführt, die einen freizügigen Übergang der Fahrzeuge erschweren (→ Umspurung). Nach ihrer Bedeutung für den Verkehr und nach dem dadurch bedingten Ausbau werden Eisenbahnstrecken in **Hauptstrecken** für volle Achslast (21 Mp) und hohe Geschwindigkeiten (120 bis 160 km/h) und **Nebenstrecken** für 15 bis 17 Mp Achslast und 80 bis 100 km/h unterteilt. Schmalspurstrecken lassen bis zu 12 Mp Achslast zu. Lange geradlinige Streckenabschnitte und solche mit besonders großen Kurvenhalbmessern werden in zunehmendem Maß als Schnellfahrstrecken für 200 km/h und mehr ausgebaut (z. B. → Tokaido-Strecke II). Sie haben keine Bahnübergänge und sind mit Zugbeeinflussungsanlagen ausgerüstet. Das Gesetz unterscheidet **Hauptbahnen** für hohe Geschwindigkeiten mit möglichst wenigen, durch Schranken gesicherten Bahnübergängen und **Nebenbahnen** für eine Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Geschwindigkeiten über 135 km/h erfordern die Überwachung des Triebfahrzeugpersonals durch Zugbeeinflussungseinrichtungen. Entsprechend den Verkehrsaufgaben hat sich eine Teilung in Fernbahnen für den Fern- und

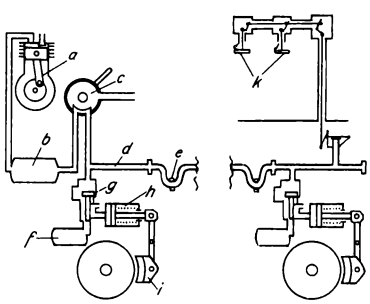
Bezirksverkehr und → Stadt- und Vorortbahnen für den Nahverkehr ergeben. Beide Verkehrsarten müssen im Einzugsbereich der Stadt- und Vorortbahnen vielfach auf den gleichen Gleisen im **Gemeinschaftsbetrieb** verkehren (→ Strukturwandel).

Lit. Friedrichs: Einführung in den Betriebsdienst (7. Aufl. Leipzig 1958); Hahn: Eisenbahnbetriebslehre, 2 Bde Berlin Bd 1 1962, Bd 2 1964); Potthoff: Grundzüge des Eisenbahnbetriebes (Leipzig 1958), Ulrich: Einführung in den Eisenbahndienst (3. Aufl. Leipzig 1958); Verkehrsströmungslehre, 3 Bde (Berlin, Bd 1, 1961, Bd 2 1963); Ztschr. Deutsche Eisenbahntechnik (Berlin), Eisenbahnpraxis (Berlin); Eisenbahn-Jahrbuch (Berlin).

Eisenbahnbau (Tafel 7), der Teil des Eisenbahnwesens, dem Neubau und bauliche Unterhaltung von Eisenbahnanlagen obliegen. Die Linienführung der Eisenbahnstrecke im Grundriß heißt → Trasse; zu ihrer Festlegung dienen die Trassierungselemente (Neigungen, Krümmungen). Eine Eisenbahnstrecke setzt sich zusammen aus Unter- und Oberbau. Liegt der *Unterbau* oder *Bahnkörper* in gleicher Höhe mit dem Gelände oder tiefer (Einschnitt), so besteht er aus gewachsenem Boden; liegt er über dem Gleisgelände, so besteht er aus einer Aufschüttung von Erd- und Gesteinsmassen (Bahndamm). Auf dem *Planum* (*Unterbaukrone*), d. h. der geebneten und nach beiden Seiten im Verhältnis 1:25 abgedachten Oberfläche des Unterbaues, ruht der *Oberbau*, bestehend aus der → Bettung (Aufschüttung aus Schotter oder Gleiskies) und dem → Gleis, das in der Bettung liegt. (Abb.)

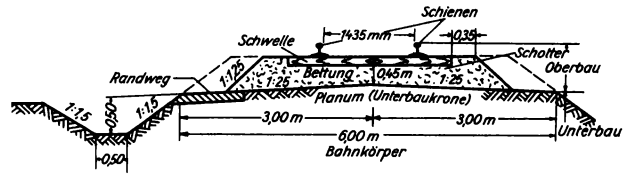
Zur Brandverhütung werden in waldreichen Gegenden beiderseits der Strecke 12 bis 15 m breite, mit Laub- oder Nadelbäumen bepflanzte Schutzstreifen angelegt, die vom Bahnkörper und vom Waldbestand durch 1 bis 2 m breite Wundstreifen (ohne Bewuchs) getrennt sind. Gegen Schneeverwehungen dienen Schneeschutzzäune aus lebenden Hecken und ortsfeste oder transportable Holzzäune.

Eisenbahnbremsen, Vorrichtungen zum Abbremsen von Eisenbahnfahrzeugen. Verwendet werden Bremsklötze, die sich an die Räder pressen. Die Bremsklötze bestehen aus Gußeisen, neuerdings auch aus Plast. Die Betätigung erfolgt im einfachsten Fall für jeden Wagen einzeln durch eine Kurbel über eine Spindel oder durch einen Wurfhebel. Darüber hinaus sind fast alle Eisenbahnfahrzeuge mit durchgehenden Bremsen ausgerüstet, bei denen das Anlegen der Bremsklötze von der Lokomotive aus für den ganzen Zug gesteuert wird.



Selbsttätige Eisenbahn-Druckluftbremse. *a* Kompressor, *b* Hauptluftbehälter, *c* Führerbremsventil, *d* Hauptluftleitung, *e* Druckschlauch, *f* Hilfsluftbehälter, *g* Kolben, *h* Bremszylinder, *i* Bremsklotz, *k* Notbremse

Die E. können eingeteilt werden in Druckluft-, Saugluft- und Gewichtsbremsen. 1) Bei **Druckluftbremsen** hat jedes Fahrzeug eine durchgehende Bremsleitung. An diese ist über ein Steuerventil ein Bremszylinder angeschlossen, dessen Kolben die Bremsklötze betätigt, sowie ein Hilfsluftbehälter. Die Bremsen lösen, wenn die durchgehende Hauptluftleitung unter Druck steht. Sinkt der Druck in dieser Leitung, so leitet das Steuerventil Luft aus den Hilfsluftbehältern in die Bremszylinder, und die Bremsklötze werden angelegt. Zum Lösen der Bremse wird aus dem Hauptluftbehälter auf der Lokomotive wieder Druckluft in die Hauptluftleitung eingelassen. Die Steuerventile verbinden dann den Bremszylinder mit der Außenluft, wodurch die Bremse



Bettungsquerschnitt für eingleisige Bahnen in gerader Strecke

wieder gelöst wird; gleichzeitig leiten sie neue Druckluft von der Hauptluftleitung in die Hilfsluftbehälter.

Das Anlegen der Bremse kann bewirkt werden a) durch Drehen des Führerbremsventils auf der Lokomotive in die Bremsstellung, wobei die Hauptluftleitung mit der Außenluft verbunden wird; b) durch Ziehen der Notbremse in jedem beliebigen Wagen, wodurch über einen Seilzug das Notbremsventil geöffnet wird und die Luft aus der Hauptluftleitung durch dieses Ventil ins Freie strömen kann; c) durch Zugtrennung, weil dann die durchgehende Hauptluftleitung zerrissen wird, sich aber entlüftet und beide Zugteile sofort bremsen.

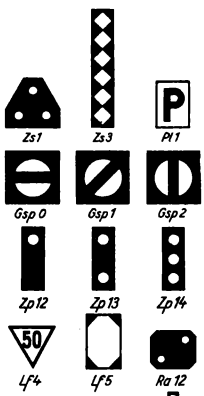
Bremssysteme bei Druckluftbremsen. An älteren Wagen der Deutschen Reichsbahn werden die **Westinghouse-Bremse** und die **Knorr-Bremse** verwendet. Diese Bremsen sind einlösig, d. h., sie lassen sich zwar durch allmähliches Absenken des Druckes in der Hauptluftleitung allmählich anlegen, lösen aber beim geringsten Druckanstieg in der Leitung sofort vollständig. Außerdem sind sie erschöpfbar, d. h., wenn die Bremse mehrmals hintereinander betätigt wird, wird der Hilfsluftbehälter nicht genügend aufgefüllt, so daß ein Anlegen unmöglich ist. Man entwickelte daher die **Kunze-Knorr-Bremse,** die unerschöpfbar und mehrlösig ist, d. h., sie läßt sich beliebig oft stufenweise anlegen und stufenweise lösen. Eine Verbesserung dieser Bremse stellt die **Hildebrand-Knorr-Bremse** dar, die ebenfalls mehrlösig und unerschöpfbar ist und außerdem eine größere Durchschlagsgeschwindigkeit hat, so daß alle Wagen im Zug praktisch zur gleichen Zeit zu bremsen beginnen. Die Hildebrand-Knorr-Bremse wird in alle modernen Fahrzeuge der Deutschen Reichsbahn eingebaut. Ähnliche Systeme sind auch bei den meisten ausländischen Bahnverwaltungen in Gebrauch, z. B. die **Matrossow-Bremse** in der UdSSR.

2) In England, den USA, Schweden und auf Schmalspurbahnen der DDR und Westdeutschlands werden **Saugluftbremsen** (System Körting und Hardy) verwendet, die auf einem ähnlichen Prinzip beruhen.

3) Bei **Gewichtsbremsen** (System Heberlein) werden die Bremsklötze durch Gewichte angelegt; zum Lösen wickelt der Lokführer eine Leine, die über die einzelnen Wagen hinwegführt, auf eine Trommel auf. Gewichtsbremsen findet man auf Schmalspurbahnen.

Eisenbahnfernmeldeanlagen, Anlagen zur Nachrichtenübermittlung im Bereich der Eisenbahn.

1) Anlagen zur drahtgebundenen Nachrichtenübermittlung (z. T. mit → Trägerfrequenz-



Signale der Deutschen Reichsbahn. *Zs 1*: Ersatzsignal (weiße Lichter): Am Halt zeigenden Hauptsignal vorbeifahren! *Zs 3*: Das Halt zeigende Hauptsignal gilt nicht für Rangierfahrten! *Pl 1*: Pfeifen! (Buchstabe *L*: Läuten!, Buchstaben *EE*: Ende der Läutestrecke!). *Gsp 0*: Halt! *Gsp 1*: Fahrverbot aufgehoben! *Gsp 2*: Gleissperre abgelegt! (Fahrverbot aufgehoben!). *Zp 12*: Bremse anlegen! *Zp 13*: Bremse lösen! *Zp 14*: Bremse in Ordnung! *Lf 4*: Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h! *Lf 5*: Geschwindigkeitsbeschränkung gemäß *Lf 4* muß erreicht sein! *Ra 12*: Rangierfahrt erlaubt! (weiße Lichter). Abdrücksignale an Ablaufbergen: *Ra 6*: Halt! *Ra 7*: langsam abdrücken! *Ra 8*: schnell abdrücken! Weitere Erklärungen im Artikel. Weitere Eisenbahnsignale → Tafel 8, → Bake, → Weiche

technik) über Freileitungen oder Kabel. Kabel werden besonders bei elektrifizierten Strecken wegen der bestehenden Gefahr einer Beeinflussung der Fernmeldeleitung durch Induktion vom Triebstrom her angewendet. Man unterscheidet dabei folgende E.: **Dienstfernsprechanlagen** (→ Basa); **Fernschreibanlagen**, meist mit Fernschreibmaschinen (Springschreiber, → Bafesa), selten noch mit Morseschreiber; **Strecken-** oder **Bahnhofsfernsprechanlagen**, bei denen durch Ringleitungen mit OB- (Ortsbatterie-) Betrieb alle am Eisenbahnbetrieb beteiligten Stellen verbunden sind; **Zugmeldeanlagen** zur Verständigung über die verkehrenden Züge als Fernsprechverbindung mit oder ohne → Zugmeldespeicher oder mit Morsefernschreibbetrieb; **Dispatcherfernsprechanlagen** zur betrieblichen Überwachung des Zugverkehrs; **Bahnhofslautsprecheranlagen** zur Information der Reisenden oder des Betriebspersonals. Zum Teil werden → Wechselsprechanlagen verwendet.

2) Anlagen zur drahtlosen Nachrichtenübermittlung, → beweglicher Landfunk.

Eisenbahnsicherungstechnik, Eisenbahnsignaltechnik, dient der Sicherheit und schnellen Abwicklung des Eisenbahnbetriebes, ferner der Entlastung des Menschen von schwerer körperlicher und Routinearbeit. Die Sicherheit wird vor allem durch die Herstellung zwangläufiger Abhängigkeiten, z. B. → Signalabhängigkeit, erreicht. Dabei werden menschliches Versehen und falsche Bedienung, die zu einer Betriebsgefahr führen könnten, durch „narrensicheres" Funktionieren der Anlagen der E. weitgehend ausgeschaltet. Auf diese Weise werden vor allem die Zugfahrten vor Zusammenstößen und beim Befahren von Weichen vor dem Entgleisen geschützt.

Der schnellen Abwicklung des Eisenbahnbetriebes dienen Zentralisierung, Anwendung schnell wirkender elektrischer Einrichtungen der E. und schließlich Automatisierung der Bedienungshandlungen in den Stellwerken.

Die wichtigsten Anlagen der E. **(Eisenbahnsicherungsanlagen)** sind Eisenbahnsignale, Stellwerke, Blockanlagen, Flankenschutzeinrichtungen, Zugeinwirkungsanlagen, Zugbeeinflussungsanlagen und Führerstandssignale. An schienengleichen Wegübergängen kann der Verkehr auf Schiene und Straße z. B. durch Schranken oder Haltlichtanlagen gesichert werden.

Lit. Ztschr. Signal und Schiene (Berlin); → Stellwerk.

Eisenbahnsignale (Tafel 8), meist für das Zugpersonal, besonders für den Lokführer bestimmte optische oder akustische Zeichen, die der sicheren und schnellen Abwicklung des Eisenbahnbetriebes dienen. Eine Anzahl von E.n wird nur während eines bestimmten Betriebszustandes vorübergehend gegeben, z. B. Pfeif- oder Hornsignale, ferner an Wagen zeitweise angebrachte Zeichen oder Flaggen. Die meisten E. sind dagegen ständig vorhanden und ortsfest neben dem Gleis aufgestellt. Sie sind entweder unveränderlich und haben stets das gleiche Aussehen und eine gleichbleibende Bedeutung, oder sie haben ein veränderliches Aussehen. An einem solchen veränderlichen Signal können nacheinander mehrere unterschiedliche Signalbilder gezeigt werden, von denen jedes für den Lokomotivführer eine andere Bedeutung (Signalbegriff) besitzt. Die unterschiedlichen Signalbilder werden bei den **Formsignalen** durch Bewegung von Flügeln oder Scheiben hergestellt, bei Nacht durch unterschiedliche Lichter. Heute baut man meist **Lichtsignale**, bei denen die verschiedenen Signalbilder bei Tag und Nacht durch Lichter von unterschiedlicher Farbe, Zahl, Anordnung und Impulsart erreicht werden. Die veränderlichen E. werden meist von → Stellwerken aus bedient (→ Signalabhängigkeit).

Alle E. der Deutschen Reichsbahn sind im *Signalbuch* erklärt. Es gibt vor allem folgende Gruppen: 1) **Hauptsignale**, die wichtigsten E. für Züge, werden als Einfahr- und Ausfahrsignale von Bahnhöfen und als Blocksignale (→ Blockanlagen) verwendet. Sie können nicht nur Halt und Fahrt frei anzeigen, sondern auch bestimmte Geschwindigkeitsstufen, wenn z. B. die Geschwindigkeit wegen der Fahrt durch Krümmungen von → Weichen nur 40 km/h betragen darf. Auf der Tafel Eisenbahn III sind in der oberen Reihe die älteren Form-Hauptsignale (abg. **Hf**) dargestellt, darunter die etwa seit 1940 gebauten alten Licht-Hauptsignale **(Hl)** mit jeweils der gleichen Bedeutung. Nachts werden bei den Formsignalen durch Bewegung von farbigen Blenden vor Signallaternen dieselben farbigen Lichter erzeugt wie bei den Lichtsignalen Hl 100 bis 102. 2) **Vorsignale** können ebenfalls Formsignale **(Vf)** oder Lichtsignale **(Vl)** sein; sie stehen im Bremswegabstand (400, 700 oder 1000 m) vor dem Hauptsignal und künden dem Lokomotivführer das am Hauptsignal zu erwartende Signalbild an, damit er gegebenenfalls den Zug vor dem haltzeigenden Hauptsignal anhalten kann. Die Vorsignale werden durch → Baken angekündigt. 3) Bei den seit etwa 1960 gebauten **neuen Licht-Hauptsignalen** (Hl 1 bis Hl 13) gibt es keine Vorsignale mit besonderen Signalbildern mehr. Die Voranzeige für die Stellung des nächsten Signals ist bereits in jedem Signalbild mit enthalten. Auf dem unteren Teil des Signalschirmes wird die hinter dem jeweiligen Signal zulässige Geschwindigkeit angezeigt; dabei bedeutet rotes Licht = Halt!, gelbes Licht = 40 km/h, gelbes Licht und gelber Streifen = 60 km/h, gelbes Licht und grüner Streifen = 100 km/h, untere Signalhälfte dunkel, keine Anzeige = volle Streckengeschwindigkeit. Gleichzeitig wird auf dem oberen Teil des Signalschirmes die Geschwindigkeit angezeigt, die nach Verlassen des Weichenbereiches bzw. am nächsten Signal zulässig ist. Dabei bedeutet gelbes Licht = Halt! (erst am nächsten Signal), gelbes Blinklicht = 40 oder 60 km/h, grünes Blinklicht = 100 km/h, grünes Licht = volle Streckengeschwindigkeit. 4) **Zusatzsignale (Zs)** können an Hauptsignalen zusätzlich gezeigt werden, z. B. **Ersatzsignal** (3 weiße Lichter oder 1 weißes Blinklicht); und **Frühhaltanzeiger**: Einfahrweg ist besonders kurz, Zug muß früher als auf den übrigen Bahnhofsgleisen halten. 5) **Gleissperrsignale (Gsp)**. 6) Zusätzliche Signale bei der **elektrischen Zugförderung (El)** zeigen die Besonderheiten an, die sich durch die Fahrleitung (Oberleitung oder Stromschiene) ergeben, z. B. Fahrleitungsunterbrechungen und -störungen. 7) **Langsamfahrsignale (Lf)** kennzeichnen die Langsamfahrstellen, die z. B. wegen Bauarbeiten am Gleis notwendig sind. 8) **Schutzhaltsignale (Sh)** gebieten Halt bei besonderen Anlässen. 9) **Aufforderungssignale zum Pfeifen und Läuten (Pl)** stehen z. B. vor unbeschrankten Wegübergängen. 10) **Signale für den Rangierdienst (Ra)** sind Sicht- oder akustische Zeichen, z. B. mit Horn oder Mundpfeife; dabei bedeutet: einmal lang = Wegfahren!, zweimal lang = Herkommen!, dreimal kurz = Halt! 11) **Signale an Zügen (Zg)** kennzeichnen z. B. den Zugschluß. 12) **Läutesignale (Lt)** sind für Schrankenwärter bestimmt. 13) **Sonstige Signale (So)** sind meist fest aufgestellte Tafeln, die stets die gleiche Bedeutung ausdrücken (früher Kennzeichen genannt).

Lit. Böttcher u. Neustädt: Das Signalwesen der Deutschen Reichsbahn (Berlin 1967); Signalbuch (DV Nr. 301) der Deutschen Reichsbahn (Berlin 1958).

Eisenbahnwagen (Tafel 7), ein an Gleise gebundener Wagen zur Beförderung von Personen, Gepäck und Gütern aller Art.

Hauptbestandteile. Der E. besteht aus dem Fahrgestell (Untergestell) mit dem Laufwerk (Radsätze) und dem Wagenkasten (Wagenaufbau).

Das Fahrgestell wird gebildet aus einem stählernen Rahmen, der sich mit den Federn und den daran befestigten Achsbuchsen auf den Achsschenkeln der Radsätze abstützt. Diese Radsätze als die rollenden Teile des Wagens bestehen aus einer Achse, auf die rechts und links die Räder mit dem Spurkranz aufgepreßt sind. Es gibt E. mit 2, 3, 4 oder 6 Achsen. Wegen ihres ruhigen Laufes verwendet man für Schnellzug-Personenwagen nur vierachsige Wagen auf → Drehgestellen. Zur Übertragung der Zugkräfte von einem Fahrzeug auf das andere dienen Zugstange, Zughaken und → Kupplung. Zur Aufnahme der Druck- und Stoßkräfte sind an den beiden Stirnseiten der Fahrzeuge → Puffer vorgesehen. Als Bremsen (→ Eisenbahnbremsen) werden fast durchweg Druckluftbremsen verwendet, die bei den aneinandergekuppelten Wagen ein einziges durchlaufendes System bilden und vom Lokomotivführer bedient werden. Die Heizung erfolgt mit Dampf, Ölöfen oder elektrisch, die Beleuchtung bei alten Wagen mit Preßgas, bei neueren Wagen elektrisch durch Akkumulatoren und Generatoren unter den Wagen, die Glühlampen oder Leuchtstoffröhren in den Abteilen speisen. Die Lüftung erfolgt durch Saugzughauben. Bei Weitstreckenwagen sorgt eine Klimaanlage für Heizung und Kühlung, Lüftung und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit.

Arten. 1) **Reisezugwagen. Personenwagen** werden in neuerer Zeit allgemein als Durchgangswagen gebaut mit Einstiegen an den Wagenenden oder mit einem Mitteleinstieg. Durchgangswagen können mit Übergangsbrücken versehen sein. D-Zugwagen weisen außerdem geschlossene Faltenbälge oder Gummiwülste auf, um einen gefahrlosen Übergang zu ermöglichen. Reine Abteilwagen mit einzelnen Abteilen, die man durch Türen von beiden Seiten her betreten kann, werden nicht mehr gebaut. Dem Reiseverkehr dienen außerdem **Speisewagen, Schlafwagen, Liegewagen, Gepäckwagen. Doppelstockwagen** sind Durchgangswagen mit Sitzbänken in zwei Stockwerken, wobei das obere Stockwerk durch Treppen von den Einstiegen an den Wagenenden zu erreichen ist.

2) **Güterwagen** werden gebaut als gedeckte Wagen mit vollständig geschlossenem Wagenkasten und Schiebetür an der Seite und als offene Wagen mit halbhohen Wänden. **Rungenwagen** haben hölzerne Rungen (senkrechte, jedoch herauslegbare Bretter), die das Ladegut seitlich halten, oder eiserne Rungen für die Beförderung von Schienen, Rohren u. a. **Drehschemelwagen** dienen zum Transport von Langholz; sie werden paarweise verwendet. **Kesselwagen** mit einem oder mehreren Kesseln dienen zum Befördern chemischer Flüssigkeiten (z. B. Erdöl, Benzin), Gas, Wein u. dgl., **Topfwagen** zum Befördern von Säuren. **Selbstentladewagen** werden für Schüttgüter, wie Kohle, Erz usw., verwendet, vor allem im Braunkohlentagebau. Man unterscheidet Seitenentlader mit sattelförmigem Boden und Seitenklappen, durch die das Gut neben das Gleis fällt, und Bodenentlader mit trichterförmigen Wänden und Bodenklappen, durch die das Gut zwischen die Schienen fällt. Selbstentladewagen können auch als Kippwagen ausgeführt sein. Zum Transport leicht verderblicher Waren dienen → **Kühlwagen. Klappdeckelwagen** sind offene Wagen zum Transport von Kalk, Zement und Kohlenstaub, die durch Deckel oben verschlossen werden können. Da das Laden dieser Güter sehr unangenehm ist, verwendet man heute statt der Klappdeckelwagen vielfach **Behälterwagen,** deren Behälter mittels Druckluft beladen und entladen werden. Zum Transport von besonders schweren Gütern dienen **Tiefladewagen,** deren Wagenboden in der Mitte durchgekröpft ist, so daß sich eine größere Ladehöhe ergibt. Die Tragfähigkeit beträgt bei → Schwerlastfahrzeugen bis 300 t.

Dienstwagen sind Güter-, Wohn- oder Spezialwagen für den Eigenbedarf der Eisenbahn. Dazu gehören Meßwagen, Unterrichtswagen, Kultur-, Wohn- und Küchenwagen der Bauzüge, Kranwagen, Schneepflüge u. ä. **Umsetzwagen** sind E. mit besonderen Vorrichtungen (z. B. auswechselbare Radsätze), die eine Verwendung auch auf Breitspur zulassen. **Fährbootwagen** haben schmale Wagenkästen und sind für den Fährverkehr nach England bestimmt; für den Fährverkehr DDR–Schweden und DDR–Dänemark können alle E. verwendet werden.

Lit. Deinert u. Ohme: Wagenkunde (Leipzig 1959); Ztschr.: Schienenfahrzeuge (Berlin).

Eisenbahnzüge. Sie werden eingeteilt in Reise-, Güter- und Dienstzüge. Zu den **Reisezügen** gehören **Personenzüge** (Abk. P), **Eilzüge** (E), **Schnellzüge** (D), **Expreßzüge** (Ex) und **Triebwagen. Güterzüge** werden unterteilt in Nah-, Durchgangs-, Eil- und Schnellgüterzüge. Gemischte Züge führen sowohl Personen- als auch Güterwagen.

Die Zugstärke wird nach der Anzahl der Achsen angegeben; sie hängt ab von den Strecken- und Bahnhofsverhältnissen, von der Zugkraft der eingesetzten Lokomotiven, von der Höhe der Geschwindigkeit und von Art und Anzahl der vorhandenen Bremsen. Nach den Fahrdienstvorschriften der Deutschen Reichsbahn ist die Länge der Reisezüge mit durchgehender Bremse auf 60, in Ausnahmefällen für Massenverkehr auf 120 Achsen beschränkt. Güterzüge mit durchgehender Bremse dürfen bei Geschwindigkeiten bis 75 km/h 120, in Ausnahmefällen bis zu 200 Achsen, bei höheren Geschwindigkeiten je nach Wagenart bis zu 90 Achsen haben. Da man bei Güterzügen je Achse durchschnittlich 4,5 m Wagenlänge rechnet, ist ein Zug von 120 Achsen ohne Lokomotive 540 m lang. Nach der Zuglänge bestimmt sich die Mindestlänge von Kreuzungs- und Überholungsgleisen.

In den letzten Jahren ist man dazu übergegangen, **Schwerlastzüge** zu fahren, bei denen durch volle Auslastung der Güterwagen und durch Erhöhung der Achsenzahl die Zugkräfte besser ausgenutzt und die Durchlaßfähigkeit der Strecken gesteigert werden.

Die Fahrgeschwindigkeit der E. beträgt durchschnittlich für Güterzüge 40 bis 60 km/h, für Personenzüge 50 bis 70 km/h, für Schnellzüge 80 bis 120 km/h. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 120 km/h ohne und 135 km/h mit Einrichtungen zur selbsttätigen → Zugbeeinflussung. Als absolute Höchstgeschwindigkeit wurden 1955 331 km/h bei einem Schnellfahrversuch der Französischen Staatsbahnen erzielt. Die z. Z. schnellsten E. sind die elektrischen Triebwagenzüge der → Tokaido-Strecke II in Japan.

Eisengallustinte, → Gallussäure.

Eisenglanz, eine Varietät des → Hämatits.

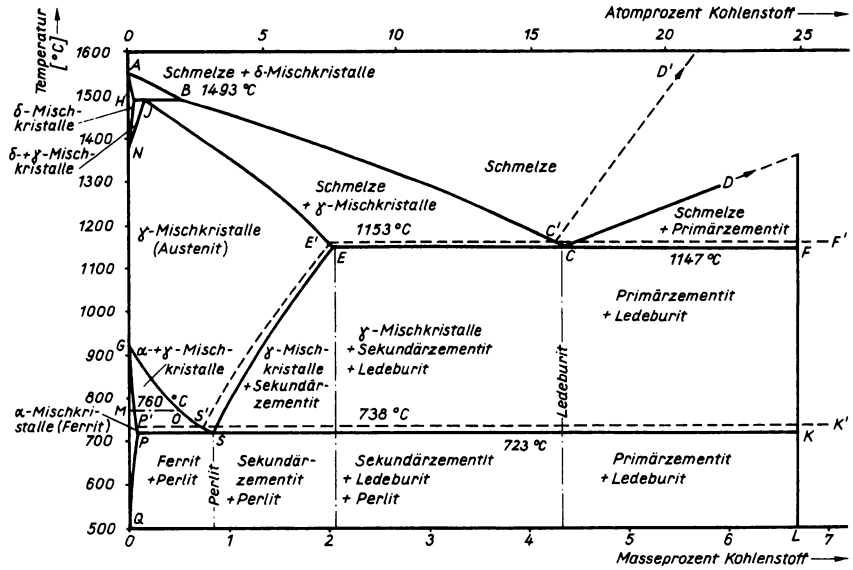
Eisenglimmer, eine Varietät des → Hämatits.

Eisenkies, svw. → Pyrit.

Eisenkiesel, eine Varietät des → Quarzes.

Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, die technisch wichtigsten Eisenlegierungen → Roheisen, → Gußeisen und → Stahl. In flüssigem Zustand kann Eisen bis zu 6,67 % Kohlenstoff lösen, in festem dagegen nur geringe Mengen. Der überschüssig gelöste Kohlenstoff wird unter Bildung von Eisenkarbid Fe_3C (Zementit) oder bei sehr langsamem Abkühlen in Form von Graphit ausgeschieden. Je nach der Menge des vorhandenen Kohlenstoffs besitzen die E.-K.-L. unterschiedlichen Gefügeaufbau. 1) Grundgefüge: → Ferrit oder α-Eisen mit maximal 0,02 % Kohlenstoff, beständig bis 909 °C; → Austenit oder γ-Eisen mit maximal

2,06 % Kohlenstoff, normalerweise beständig zwischen 723 und 1493 °C; → Zementit oder reines Eisenkarbid Fe_3C mit 6,68 % Kohlenstoff. 2) Mischungen aus den Grundgefügen: → Perlit, ein Eutektoid mit 0,80 % Kohlenstoff (bestehend aus Ferrit und Zementit); → Ledeburit, ein Eutektikum mit 4,3 % Kohlenstoff (Zementit und Austenit bzw. Perlit).



Eisen-Kohlenstoff-Diagramm. Die ausgezogenen Linien beziehen sich auf das metastabile (Fe—Fe_3C)-System, die gebrochenen Linien auf das stabile (Fe—C)-System

Die Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Gefügearten in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur lassen sich aus dem **Eisen-Kohlenstoff-Diagramm** ableiten.

3) Härtegefüge. Werden E.-K-.-L. von Temperaturen oberhalb der Linie GOSE (Austenitgebiet) in Wasser, Öl oder Luft abgeschreckt, so entsteht je nach der chemischen Zusammensetzung das metastabile Härtegefüge von → Martensit; dieser kann durch geeignetes Anlassen über die → Zwischenstufe → Troostit und → Sorbit in Ferrit und Zementit übergeführt werden.

Lit. Klemm: Die Gefüge des Eisen-Kohlenstoff-Systems (3. Aufl. Leipzig 1962); Benser: Kleine Werkstoffkunde Bd 1 (12. Aufl. Leipzig 1967).

Punkt	Temperatur [°C]	Kohlenstoffkonzentration [Masse-%]
A	1539	0
B	1493	0,51
C	1147	4,30
D		6,67
E	1147	2,06
F	1147	6,67
G	909	0
H	1493	0,10
J	1493	0,16
K	723	6,67
M	760	0
N	1388	0
P	723	0,02
Q	20	10^{-4}…10^{-5}
S	723	0,80
C'	1153	4,25
E'	1153	2,03
S'	738	0,69

Ausgezeichnete Punkte im metastabilen und stabilen Zustandsdiagramm Eisen-Kohlenstoff. Die mit großen Buchstaben bezeichneten Punkte beziehen sich auf das metastabile System Fe—Fe_3C, die mit Strich versehenen Buchstaben auf das stabile System Fe—C.

Eisennickelkies, svw. → Pentlandit.

Eisenspat, svw. → Siderit.

Eisenurdoxwiderstand, → Stabilisator.

Eisenverluste, der Teil der Energie, der in den Eisenkernen von elektrischen Maschinen, Transformatoren verlorengeht. Die E. entstehen durch → Wirbelströme, → Hysterese und → Nachwirkung.

Eisenwasserstoffwiderstand, ein → Stabilisator.

Eiserne Lunge, ein Beatmungsgerät, das die menschliche Arbeit der Atemmuskulatur bei Atemlähmungen infolge Poliomyelitis, Diphtherie, Vergiftungen u. a. ersetzt. Es besteht aus einer luftdicht abgeschlossenen, beleucht- und heizbaren Kammer, in der im Wechsel der Atemfrequenz Über- und Unterdruck erzeugt werden. Der Druckausgleich zwischen Kammer und Außenluft erfolgt über die Atemwege und die Lunge des Patienten, der bis zum Hals in der Kammer liegt. Bei Unterdruck wird Luft aus der Kammer gesaugt, dadurch werden Brustkorb und Lunge geweitet (Einatmung); bei Überdruck wird der Brustkorb zusammengedrückt und die Luft aus der Lunge befördert (Ausatmung). Bei neueren Geräten ermöglichen Fenster und Durchstecköffnungen die Vornahme kleiner Operationen. Die E.L. ist veraltet, da heute nach anderem Beatmungsprinzip arbeitende, kleinere leichtere Geräte die gleiche Wirkung erzielen (→ Beatmungsgeräte).

Eiserner Hut, bergmännische Bezeichnung für → Oxydationszone.

eiserner Vorhang, → Bühnentechnik.

Eisessig, → Essigsäure.

Eisheilige, kalte Tage innerhalb der zweiten Maidekade (11. bis 13.), daher oft auch als **Maikälte** bezeichnet. Sie sind häufig mit Schneefall und Schadenfrösten verbunden und kommen durch Einbruch von arktischer Kaltluft nach

Mitteleuropa zustande. Diese Kälterückfälle sind fast jedes Jahr zu erwarten (Witterungssingularität), jedoch nicht an feste Tage gebunden. Gleiche Ursachen haben Schafkälte und Siebenschläfer im Juni.

Eisnadel, eine Form der → Hydrometeore.

Eiszeit, Glazialzeit, jeder Abschnitt der Erdgeschichte, in dem durch Veränderungen der Klimaverhältnisse, wahrscheinlich ausschließlich durch eine weltweite Temperaturerniedrigung, größere, sonst nicht vereiste außerpolare Gebiete von mächtigen Gletschern und Inlandeismassen bedeckt wurden.

Geologische Zeugnisse für frühere Vereisungen sind die glazigenen Sedimente, vor allem die Moränen, die man diagenetisch verfestigt als Tillite bezeichnet, sowie eine unter den Moränen zu beobachtende Schrammung des anstehenden Gesteins (Gletscherschrammen). Die bisher ältesten Anzeichen für E.en liegen aus dem Algonkium vor. Von großer geologischer Bedeutung ist die **permokarbonische E.**, die z. T. schon im Oberkarbon begann, bis in das untere Perm dauerte und deren Zeugnisse sich nahezu ausschließlich auf der Südhalbkugel (Südamerika, Südafrika, Australien), aber auch in Nordindien finden. Die jüngsten E.en, die weite Teile der gegenwärtigen Erdoberfläche prägten, fielen ins **Pleistozän (Diluvium, Eiszeitalter)**, die untere Abteilung des → Quartärs.

Eiweißfaserstoffe, im engeren Sinne die aus Eiweiß verschiedenen Ursprungs hergestellten Chemiefaserstoffe. Ausgangsstoff ist vor allem Kasein, ferner Maisprotein (Zein), Erdnußprotein und das Eiweiß der Baumwollsamen, Sojabohnen und Kaffeebohnenschalen. Das Eiweiß wird mit wäßrigen Alkalien aus dem Rohstoff herausgelöst. Bei den Naßspinnverfahren wird die Spinnlösung in ein Fällbad, das Salzzusätze enthält, versponnen. Die entstehenden Fäden werden im Anschluß an das Verstrecken mit Formaldehyd gehärtet. Das Trockenspinnverfahren, bei dem die Spinnfäden mit heißer Luft getrocknet werden, liefert Fäden mit besserer Reißfähigkeit, erfordert aber größeren technischen Aufwand. Die E. werden zur Verbesserung ihrer Eigenschaften noch stabilisiert. E. sind knitterfest, wollähnlich, mottenfest und werden vor allem anderen Fasern beigemischt. Über Verwendung und Warenzeichen → Chemiefaserstoffe, Übers. Im weiteren Sinne rechnet man auch die natürlichen E., Wolle, Seide, Haare u. a., zu den E.n

Eiweißstoffe, Eiweiße, Eiweißkörper, wichtige Klasse hochmolekularer, optisch aktiver, lebensnotwendiger Naturstoffe, die als leicht- bis zähflüssige Kolloide die Grundbausteine der lebenden Substanz und Träger aller Lebensprozesse sind. Ihre durchschnittliche Zusammensetzung beträgt: 45 bis 55 % Kohlenstoff, 6 bis 8 % Wasserstoff, 19 bis 25 % Sauerstoff, 14 bis 20 % Stickstoff. Daneben enthalten sie noch meist Schwefel, Phosphor, Eisen und ganz selten andere Elemente. Grundbausteine der E. sind die → Aminosäuren, die säureamidartig durch Peptidbindungen miteinander verknüpft sind und die Polypeptidketten bilden. Zahl und Reihenfolge der Aminosäuren in den E.n (Sequenz) werden als *Primärstruktur* bezeichnet. Unter der *Sekundärstruktur* versteht man die Helix- und Faltblattanordnung einer Polypeptidkette durch Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den CO- und NH-Gruppen, während mit *Tertiärstruktur* die räumliche Anordnung durch Wechselwirkungen zwischen den Seitenketten der Aminosäuren bezeichnet wird. Als *Quartärstruktur* wird der Aufbau eines Proteinmoleküls aus einer bestimmten Zahl von Polypeptidketten definiert. Polypeptidketten der E. können durch Disulfidbrücken zwischen zwei Zysteinresten benachbarter Ketten, Peptidbindungen der Seitenketten polyfunktioneller Aminosäuren, salzartige Bindungen zwischen sauren und basischen Gruppen, Wasserstoffbrückenbindungen, van der Waalssche Kräfte u. a. verknüpft sein. Zur Aufklärung der Primärstruktur (Sequenzanalyse) gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten, wobei durch vorsichtigen hydrolytischen Abbau Peptidfragmente erhalten werden, von denen mittels vollautomatischer Aminosäureanalysatoren die Reihenfolge der Aminosäuren bestimmt wird. Mit Hilfe der Röntgenstrukturanalyse kann die Sekundär-, Tertiär- und Quartärstruktur von E.n ermittelt werden. Bisher gelang nur die vollständige Strukturaufklärung des Hämoglobins und Myoglobins.

Alle E. besitzen ein sehr großes Molekulargewicht, das meist aus der Sedimentationsgeschwindigkeit in der Ultrazentrifuge oder auch durch Lichtstreuung bestimmt wird. E. lassen sich unzersetzt weder destillieren noch schmelzen. Durch Erhitzen, Behandeln mit Säuren, Alkalien, organischen Lösungsmitteln, Bestrahlen sowie beim natürlichen Absterben der lebenden Substanz verlieren die E. ihre spezifischen biologischen Eigenschaften, sie werden denaturiert, was auf einer Veränderung der Tertiärstruktur beruht. E. sind ebenso wie Peptide und Aminosäuren amphotere Elektrolyte, die im stark sauren und basischen *p*H-Bereich im elektrischen Feld wandern. Lediglich bei einem bestimmten *p*H-Wert, dem *isoelektrischen Punkt*, ist die Zahl der negativen und positiven Ladungen gleich, wodurch das Eiweißmolekül elektrisch neutral ist.

Alle E. im Organismus erneuern sich ständig, deshalb muß dem Körper fortlaufend eine bestimmte Menge an E.n mit der Nahrung zugeführt werden. Bei der Eiweißbiosynthese werden die Aminosäuren in zwei Stufen aktiviert, wobei Adenosintriphosphat und Ribonukleinsäuren beteiligt sind. Die Verknüpfung der aktivierten Aminosäuren zum Eiweißkörper erfolgt auf den Ribosomen (d. s. nur elektronenoptisch sichtbare Zellkernstrukturen).

Einteilung. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen, die einfachen E. oder → Proteine und die zusammengesetzten E. oder → Proteide.

Ejektion, → Magma.

Ek, Abk. für → Elektrokardiograph.

Ekadur, → Plaste, Übers.

Ekalit, → Plaste, Übers.

Ekalon, → Plaste, Übers.

Ekazell, → Plaste, Übers.

Ekg, Abk. → für Elektrokardiogramm.

Ekliptik *f*, die von der Sonne im Laufe eines Jahres am Himmelsgewölbe scheinbar durchlaufene Bahn, ein größter Kreis der Himmelskugel. Die Ebene dieses Kreises fällt mit der Erdbahnebene zusammen, die deshalb auch **Ebene der E.** genannt wird. Der Neigungswinkel gegen die Ebene des Himmelsäquators heißt **Schiefe der E.**, er beträgt gegenwärtig etwa 23° 27′. Die Schnittpunkte mit dem Himmelsäquator sind die Äquinoktialpunkte. Sonnen- und Mondfinsternisse können nur dann eintreten, wenn der Mond in nächster Nähe der Schnittpunkte seiner Bahn mit der E. steht.

Eklogit, ein unter extrem hohen Drücken und hohen Temperaturen gebildetes metamorphes Gestein, das aus grünem Omphazit, einem Pyroxen, und Granat besteht. Die E.e bilden Einlagerungen in metamorphen Gesteinen.

Ekonomiser, abg. Eco, ein durch Abgase oder Abdampf beheiztes Rohrsystem zur Vorwärmung des Speisewassers von Dampfkesseln.

Elaidinsäure, die trans-Form der → Ölsäure.

Elainsäure, svw. → Ölsäure.

Eläolithsyenit, svw. → Nephelinsyenit.

Elaste, Elastomere, eine Gruppe von polymeren Stoffen, deren Erweichungstemperatur unterhalb

der Raumtemperatur liegt und die kautschukelastisches Verhalten zeigen. Sie sind dadurch charakterisiert, daß sie unvulkanisiert plastisch und formbar, im vulkanisierten Zustand jedoch innerhalb eines je nach Sorte verhältnismäßig weiten Bereiches der Temperatur und Formveränderung elastisch sind. Die Elastizität ist im Sinne des Hookeschen Gesetzes zwar nicht vollkommen ideal, sondern es tritt nach entsprechender Beanspruchung eine geringe bleibende Verformung (Formänderungsrest) auf. Der große Bereich der elastischen Formänderung wird von keinen anderen Werkstoffen auch nur annähernd erreicht, und es liegt hier zum Unterschied von vielen Plasten keine Thermoplastizität oder kein „kalter Fluß" bei mechanischer Beanspruchung vor. Diese Erscheinung ist auf unter sich verknäulte, bis in die einzelnen Glieder freibewegliche, hinreichend große Makromolekülketten zurückzuführen. Diese haben Haftstellen zueinander, die durch die Vulkanisation wesentlich verstärkt werden, so daß sie sich nicht voneinander unabhängig bewegen können. Innerhalb dieser Ketten sollen sich jedoch keine kristallinen Bereiche befinden, die die Bewegung hindern. Zu den E.n gehören alle Produkte aus natürlichem und synthetischem Kautschuk sowie Erzeugnisse aus kautschukähnlichen Stoffen, die sehr häufig

Übersicht über Elaste

Allgemeine oder chemische Bezeichnung	Eigenschaften, Haupteinsatzgebiete	Wz. (und Herstellerland)
1) Naturkautschuk, ein makromolekularer Stoff aus Isoprenresten	durch Vulkanisation Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, Witterungs- und Wärmebeständigkeit begrenzt, nicht ölbeständig; verwendet zu Bereifungen für Fahrräder und Kraftfahrzeuge, ferner für die gesamte Gummiindustrie	
2) Polybutadien	zähflüssige Produkte werden als Weichmacher und Lackrohstoff, feste und formbeständige für Hartgummiwaren und Reifen verwendet	Buna 32, 85, 115 (DDR, WD); Pervinan, Chlorbuna [nachchloriert] (DDR); SK-A, SK-B, SK-C (UdSSR)
3) Butadienmischpolymerisate	wie Naturkautschuk, teilweise spritzbar und kältebeständig; nahezu im gesamten Bereich der Gummiindustrie verwendbar, vorwiegend für Kraftfahrzeugbereifung	Buna S, SS, SW (DDR, WD); Duranit [hoher Styrolgehalt] (WD); SK-S (UdSSR); GR-S, Plioflex, Synpol (USA)
a) Butadien-Styrol-Polymerisat (in Emulsion)		
b) ölgestrecktes Butadien-Styrol-Polymerisat	bes. widerstandsfähig und abriebfest; dient zur Erzeugung technischer Gummierzeugnisse wie Förderbänder, nach Zusatz von Montanwachs für Sohlen und Absätze, ferner für Schuhe und Reifen	Buna SO (DDR); Buna OP (WD); SK-S-AM 30 (UdSSR); GR-S 1700 und 1800 (USA)
c) Butadien-Akrylnitril-Polymerisat (in Emulsion)	beständig gegen Lösungsmittel, Öle, Fette und Benzine; verwendet zu Benzinschläuchen, ölfesten Packungen, Dichtungen, Kabeln, Manschetten u. a.	Buna N, NN, NW (DDR); Perbunan, Perbunan extra (WD); SK-N (UdSSR); GR-A, GR-N, Butaprene, Chemigum (USA)
d) Butadien-Vinylpyridin-Polymerisat (Pyridinkautschuk)	durch Vernetzung mit Benzotrichlorid, Chloranil u. a. erhöhte Lösungsmittelbeständigkeit und Abriebfestigkeit; dient unter anderem als Imprägnierungsmittel für Reifenkord	SKMVP (UdSSR); Viprene, Philprene (USA)
e) Mischpolymerisate des Butadiens mit Karboxylaten und Akrylaten	resistent gegenüber Chemikalien und Lösungsmitteln, temperaturbeständig; verwendet für Produkte, die chem. und thermischer Beanspruchung ausgesetzt sind	Butakon (Großbrit.)
4) Polychlorbutadien und Mischpolymerisate des 2-Chlorbutadiens	bes. temperatur-, witterungs- und ölbeständig, schwer entflammbar; verwendet zu Kabelschutzmassen, Förderbändern, Auskleidungen von Gefäßen und Rohren, Klebstoffen	Perbunan C (WD); Sowpren, Nairit (UdSSR); Svitpren (ČSSR); Neoprene, Duprene, GR-M (USA)
5) Polyisopren (Isoprenkautschuk)	in den Eigenschaften und der Verwendung weitgehend identisch mit Naturkautschuk	SK-I (UdSSR); Isoprene Rubber (USA)
6) Isobutylen-Isopren- und Isobutylen-Butadien-Polymerisate (Butylkautschuk)	witterungs- und oxydationsbeständig, gasundurchlässig; dienen zur Herstellung von Gasschläuchen, Profilen, Gefäßauskleidungen, schlauchlosen Reifen	Oppanol B (WD); GR-I (USA)
7) Polykondensat aus Alkalipolysulfiden und aliphatischen Dihalogeniden (Thioplaste)	quellbeständig gegenüber Lösungsmitteln, alterungs- und oxydationsbeständig, geringe mechanische Festigkeit; verwendet zu Treibstoffschläuchen, Kessel- und Rohrauskleidungen, Kabelisolierungen	Perdurene, Thiogutt (WD)
8) Polykondensat aus Alkylsilanolen (Alkyl = Methyl, Vinyl u. a.) (Silikonkautschuk)	beständig gegenüber Ölen, Benzinen und anderen Kohlenwasserstoffen, temperaturunempfindlich; verwendet für hochbeanspruchte Dichtungen, Schläuche, Kabelisolierungen	Silopren (WD); SKT (UdSSR); Silastic, Silicone Rubber (USA)
9) kautschukähnliche Polyurethane	nicht beständig gegenüber Säuren, Laugen und siedendem Wasser, öl- und abriebfest, nicht brennbar, ungeeignet für Kraftfahrzeugbereifung; verwendet für technische Gummierzeugnisse für hohe mechanische Beanspruchungen und zu Schichtpreßstoffen	Vulkollan, Urepan E (WD); Adiprene (USA)
10) chlorsulfoniertes Polyäthylen	chemikalien-, temperatur- und witterungsbeständig, gute Abrieb- und Biegefestigkeit; verwendet zu Gummiartikeln für technische Zwecke	Hypalon (USA)

Polymerisate von Vinyl- und Divinylverbindungen sind. Unterschied: → Plaste.

Elastine, → Proteine.

elastische Linie, → Biegung.

Elastizität, die Eigenschaft eines Körpers, die durch äußere Kräfte eingetretene Formänderung aufzuheben, sobald deren Wirkung aufgehört hat, und die ursprüngliche Gestalt wieder herzustellen. Zwischen der Formänderung und der wirksamen Kraft besteht bei homogenen und isotropen Körpern ein linearer Zusammenhang, das *Hookesche Gesetz*. Es lautet bei einachsiger Zug- oder Druckbeanspruchung: $\sigma = \frac{\varepsilon}{\alpha} E \cdot \varepsilon$ (σ = Normalspannung, ε = Dehnung, α = Dehnzahl, E = Elastizitätsmodul; → Zugversuch), bei Torsionsbeanspruchung: $\tau = \frac{\gamma}{\beta} = G \cdot \gamma$ (τ = Schubspannung, γ = Gleitung, β = Schubzahl, $G = \frac{1}{\beta}$ = Schub-, Scherungs-, Gleit- oder Torsionsmodul) und bei allseitiger Druck- oder Zugbeanspruchung: $-\frac{\Delta V}{V_0} = \varkappa \cdot F$ (ΔV = Volumenänderung bei Krafteinwirkung, V_0 = ursprüngliches Volumen, $\varkappa$ = Kompressibilität, F = Kraft; → Kompressionsmodul). Zwischen dem Elastizitätsmodul und dem Schubmodul besteht folgende Beziehung: $\frac{E}{2G} = 1 + \mu$ (μ = Poissonsche Zahl). Bei Metallen ergibt sich für μ angenähert der Wert 0,3. Das Hookesche Gesetz gilt exakt nur bis zur Elastizitätsgrenze. Gegensatz: → Plastizität.

Richtwerte für den Elastizitätsmodul in kp mm^{-2} von wichtigen metallischen Werkstoffen

Rein-Aluminium	6750
Al-Legierungen	6900 ··· 7600
Blei	1600
Rein-Eisen	21550
unlegierte und niedriglegierte Stähle	20400 ··· 20800
Kupfer	12500
α-Messing	9000
Magnesium	4500
Titan	10500
Wolfram	41500

Lit. Filonenko u. Boroditsch: Elastizitätstheorie (Leipzig 1967); → Festigkeit.

Elastomechanik, die Wissenschaft vom elastischen Verhalten fester Körper unter der Einwirkung von Kräften, → Elastizität. Es werden insbesondere die Beanspruchungen und Deformationen von tragenden Bauteilen bei Gebäuden und Maschinen ermittelt.

Elektret, ein Körper, der ein permanentes, d. h. zeitlich unveränderliches elektrisches Dipolmoment besitzt, sich also analog einem Dauermagneten verhält. Der E. besteht aus einem Dielektrikum, das geschmolzen und danach in einem starken elektrischen Feld wieder zur Erstarrung gebracht wurde. Dabei wird die im Feld erzeugte Polarisation „eingefroren" und bleibt für lange Zeit erhalten, sie geht nur durch Anlagerung von elektrischen Ladungen aus der Umgebung auf die Oberfläche des E.s allmählich zurück. Außer diesen künstlichen E.en kommen auch natürliche vor; es sind dies unsymmetrisch gebaute Kristalle, wie Turmalin, dessen elektrisches Moment an frischen Bruchstücken nachweisbar ist. Ferner kann man durch mechanische Verformungen, z. B. an Quarzkristallen, ein elektrisches Moment hervorrufen.

Elektrifizierung, 1) die Versorgung eines Gebietes mit elektrischer Energie.

2) im Verkehrswesen die Umstellung einer Schienenbahn auf → elektrische Zugförderung, → Traktionswandel.

elektrische Bahnen, elektrisch betriebene → Eisenbahnen, → Stadtschnellbahnen und → Straßenbahnen.

1) **Eisenbahnen** (Tafel 6). Stark belastete Fernbahnstrecken können wegen der in diesem Fall möglichen hohen Fahrdrahtspannung am wirtschaftlichsten mit Einphasenwechselstrom (→ Bahnstromsystem) betrieben werden. Die Schwierigkeiten beim Bau der Einphasenwechselstrom-Bahnmotoren (→ Lokomotive) führten zu einem Bahnstromsystem mit der erniedrigten Frequenz von 16 2/3 Hz. In der DDR, Westdeutschland, Norwegen, Österreich, der Schweiz und Schweden bestehen deshalb 16 2/3 Hz-Netze mit einer Spannung von 15000 V. In den USA, in denen bereits elektrische Netze mit 25 Hz für die Industrie bestanden, behielt man diese Frequenz auch für den Bahnbetrieb bei einer Spannung von 11000 V bei. Die Entwicklung der Gleichrichtertechnik erlaubte die direkte Nutzung der Frequenz der Landesnetze. Derartige Bahnnetze mit 25000 V werden in der ČSSR, in Bulgarien, Frankreich, Portugal, der UdSSR, im Kongogebiet, in Indien und Nordjapan betrieben. In Südjapan beträgt die Frequenz 60 Hz bei 25000 V. Die Zugförderung mit Drehstrom findet sich in geringem Maße in Oberitalien (3000 V und 16 2/3 Hz) und in Südspanien (6000 V und 25 Hz). Mit dem Gleichstromsystem 1500 V werden die e. B. in Südfrankreich und den Niederlanden betrieben. Die UdSSR, Polen, die ČSSR, Belgien und Italien verwenden auf einigen Strecken Gleichstrom mit 3000 V.

2) **Stadtschnellbahnen** und **Straßenbahnen** werden in der Regel mit Gleichspannung betrieben.

Lit. Bäzold u. Fiebig: Archiv elektrische Lokomotiven (Berlin 1963); Joffé u. Budig: Elektrische Lokomotivantriebe (Berlin 1962); Müller: Elektrische Fahrzeugantriebe (München 1960); Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge (Frauenfeld 1953).

elektrische Doppelschicht, an der Berührungsfläche zweier Phasen auftretende und durch die → Berührungsspannung erzeugte Schichten von Ladungsträgern zu beiden Seiten der Phasengrenze. Die beiden Schichten haben die gleiche Ladungsdichte, jedoch tragen die Ladungen entgegengesetztes Vorzeichen. Innerhalb der e.n D. erfolgt die gesamte Änderung des elektrischen Potentials beim Übergang von der einen Phase in die andere. Die Potentialdifferenzen an Berührungsflächen zweier Leiter (Metall/Metall, Metall/Elektrolyt oder Elektrolyt/Elektrolyt) sind die Ursache für den Stromfluß in galvanischen Ketten (→ galvanische Elemente). Die e. D. beeinflußt die Grenzflächenspannung (→ Elektrokapillarität) und bestimmt das elektrokinetische Verhalten von Stoffen (→ elektrokinetische Erscheinungen). Die e. D. an der Grenzfläche zweier Elektrolytlösungen wird durch ihre verschiedenen → Diffusionspotentiale gebildet.

elektrische Erregung, svw. → elektrische Verschiebung.

elektrische Feldstärke, → elektrisches Feld.

elektrische Gasreinigung, → Elektrofilter.

elektrische Ladung, → Ladung.

elektrische Leistung, Zeichen P oder p. Der Augenblickswert der e.n L. p ergibt sich aus dem Produkt von Strom i und Spannung u, wobei i und u die Momentanwerte von Strom und Spannung ausdrücken. Für den Fall, daß Strom und Spannung Gleichgrößen sind, ist die e. L. $P = U \cdot I$. Bei periodisch veränderlichen u, i bestimmt man die **Wirkleistung** P_W als Mittelwert der e.n L. p über eine Periode: $P_W = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt$ (T = Periodendauer, dt = differentiell kleines Zeitintervall) und die **Scheinleistung** P_S als Produkt der Effektivwerte von Strom und Span-

nung: $P_S = U \cdot I$. Bei sinusförmigen Größen erhält man die Wirkleistung P_W zu $P_W = U \cdot I \cdot \cos \varphi$. Für sinusförmige Größen wird außerdem der Begriff der **Blindleistung** P_B verwendet. Sie berechnet sich zu $P_B = U \cdot I \sin \varphi$. U und I sind die Effektivwerte von Strom und Spannung, φ ist der Phasenwinkel, → Leistungsfaktor. Die Wirkleistung wird in Watt (W), die Blindleistung in Var (var) und die Scheinleistung in Voltampere (VA) gemessen.

elektrische Leitfähigkeit, → Leitfähigkeit.

elektrische Leitungen, zur Fortleitung des elektrischen Stromes vom Erzeuger bis zum Verbraucher verwendete metallische Leiter. E. L. werden in Außenleitungen und Innenleitungen eingeteilt. **Außenleitungen** sind → Freileitungen und → Kabel. Bei **Innenleitungen,** d. h. in Räumen verlegten e.n L. unterscheidet man e. L. für feste Verlegung, e. L. für Beleuchtungskörper und Zuleitungen für ortsveränderliche Verbraucher.

1) E.L. für feste Verlegung. Die **Gummiaderleitung** besteht aus einem Kupfer- oder Aluminiumleiter, der wie bei allen isolierten e.n L. feuerverzinnt, mit einer Gummimischung umgeben, mit gummiertem Band umwickelt und mit einer imprägnierten Zell- oder Baumwollbeflechtung versehen ist. Sie dient vor allem als Installationsleitung und wird in Rohren unter Putz verlegt. **Stegleitungen** bestehen aus zwei oder drei mit Gummi oder Plasten isolierten Adern, die durch eine Umhüllung mit Steg aus demselben Stoff zusammenhängen. **Rohrdraht,** nach dem Erfinder auch Kulodraht genannt, dient vor allem zur Verlegung über Putz. Der Durchmesser ist wesentlich geringer als bei einer e.n Leitung im Rohr und ermöglicht eine unauffällige Installation in Wohnräumen. **Mantelleitung** ist mit einem Plaststoffmantel als Schutzverkleidung versehen. Sie ist auch ohne Metallmantel zum Verlegen auf Putz zugelassen. Außerdem darf sie auch unter Putz verlegt werden. Der Mantel ist abwaschbar und bedarf keines Anstrichs. **Bleimantelleitungen** verwendet man in feuchten Räumen. Der verzinnte Kupfer- oder Aluminiumleiter ist mit Plaststoff oder einer Gummimischung umhüllt und mit Band bewickelt. Die einzelnen Adern sind verseilt und mit einer Bitumenmischung umgeben, die den gesamten freien Mantelraum ausfüllt. Der nahtlose Bleimantel ist zusätzlich mit einer chemisch widerstandsfähigen und elektrisch isolierenden Schutzhülle versehen.

2) E.L. für Beleuchtungskörper. Die **Fassungsader** darf nur in Beleuchtungskörpern verwendet werden, da ihre Isolation verhältnismäßig schwach ist. Oft sind zwei Adern zu einer Doppelader verseilt. Der Leiter von Fassungsadern besteht ebenso wie bei den Zuleitungen für ortsveränderliche Verbraucher zur besseren Beweglichkeit aus einer Litze, d. h. sehr feinen Kupferdrähten.

3) Zuleitungen für ortsveränderliche Verbraucher. Bei der **Gummiaderschnur** ist die Kupferlitze mit einer Gummischicht umgeben und mit Kunstgarn beflochten. Größere Festigkeit gegenüber Zug- und Biegebeanspruchungen weist die **Gummischlauchleitung** auf. Sie ist sehr biegsam, völlig wasserdicht und läßt sich bequem reinigen. In der leichten Ausführung, wie sie für Tischlampen, Staubsauger, Heizkissen u. a. verwendet wird, ist jede der feindrähtigen Kupferleitungen mit Baumwolle umsponnen und mit einer Gummimischung umgeben, und beide zusammen sind rundverseilt sowie mit einem gemeinsamen Gummimantel so umpreßt, daß kein Hohlraum bleibt. Bei der mittleren Ausführung (Zwei- oder Vierfachleitung für Haushaltgeräte, Handleuchten, kleine Maschinen u. a.) sind die Gummimäntel dicker. Bei der schweren Ausführung (Zwei- oder Vierfachleitung für ortsbewegliche Motoren, Maschinen, wie Schweißmaschinen u. dgl.) sind noch Zwischenmäntel aus Baumwollband und ein zweiter äußerer Gummimantel vorhanden. — Für den Aufbau und die Güte des Leitungsmaterials bestehen TGL-Vorschriften.

elektrische Maschine (Tafel 39), eine elektromagnetische Anordnung zur Umwandlung von elektrischer Energie in mechanische Energie bzw. umgekehrt. Der Umwandlungsprozeß geschieht auf der mechanischen Seite durch Kräfte auf stromdurchflossene Leiter oder durch Grenzflächenkräfte im Magnetfeld, auf der elektrischen Seite durch die Induktion von Spannungen im Magnetfeld (→ Induktion 2). Bei Energiefluß von der elektrischen Seite zur mechanischen liegt Motorbetrieb vor (**Elektromotor**), bei Energiefluß von der mechanischen zur elektrischen Seite Generatorbetrieb (**Generator** oder **Dynamomaschine**). Prinzipiell kann jede e. M. in beiden Energieflußrichtungen arbeiten.

Der Energieumwandlungsprozeß ist mit folgenden Verlusten behaftet: Wicklungsverluste (in Erregerwicklungen auch als Erregerverluste bezeichnet), Ummagnetisierverluste als Hystereseverluste und Wirbelstromverluste, Bürstenübergangsverluste, Luftreibungsverluste, Bürstenreibungsverluste und Lagerreibungsverluste.

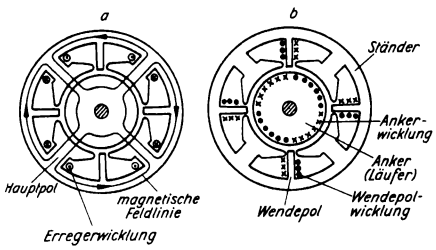
Aufbau. Bei der fast ausschließlich vorhandenen Ausführungsform als rotierende Maschine (abweichender Sonderfall: → Linearmotor) besteht eine e. M. aus den Hauptteilen *Ständer* (*Stator*) und *Läufer* (*Rotor*). Der Läufer befindet sich im allgemeinen innerhalb des Ständers. Das Magnetfeld wird im allgemeinen von stromdurchflossenen Wicklungen aufgebaut. Wenn eine derartige Wicklung nur ihre eigenen Verluste von außen zugeführt erhält, so daß sie am eigentlichen Energieumsatz nicht beteiligt ist, bezeichnet man sie als Erregerwicklung. Eine Erregerwicklung, die ein zeitlich konstantes Feld aufzubauen hat, kann auch durch Permanentmagnete ersetzt werden. Davon wird bei Kleinstmaschinen (Leistungen unter 500 W) Gebrauch gemacht. Hinsichtlich des mechanischen Aufbaus e.r M.n werden nach TGL 16558 verschiedene Bauformen unterschieden.

Zur Abführung der Verluste ist eine Kühlung erforderlich. Sie erfolgt im allgemeinen durch Luft, die mit Hilfe entsprechender Ventilatoren über die zu kühlenden Teile geführt wird. Sehr große Maschinen benutzen als Kühlmittel Wasserstoff, in neuester Zeit auch Wasser, das unmittelbar durch die aus Hohlleitern hergestellten Wicklungen gedrückt wird. Man unterscheidet Gleichstrom-, Drehstrom- und Einphasenwechselstrommaschinen.

1) **Gleichstrommaschinen.** Der Ständer der Gleichstrommaschinen besitzt $2p$ (p = Polpaarzahl) ausgeprägte Pole, auf denen die Spulen der Erregerwicklung mit von Pol zu Pol wechselndem Wicklungssinn untergebracht sind. Die Erregerwicklung baut ein Feld auf, das sich in $2p$ Wirbeln über dem Luftspalt zwischen Ständer und Läufer schließt. Der Läufer trägt in gleichmäßig verteilten Aussparungen (Nuten) die Ankerwicklung (Schleifen- oder Wellenwicklung), deren Spulen mit dem → Kommutator verbunden sind. An jeder Kommutatorlamelle sind das Ende einer Ankerspule und der Anfang einer anderen Ankerspule angeschlossen. Unter dem Gesichtspunkt der Erzeugung eines konstanten Drehmoments sorgt der Kommutator dafür, daß die Spulenseiten der Ankerwicklung unabhängig von der Drehbewegung im Bereich der einzelnen Pole stets in gleicher Richtung vom Ankerstrom durchflossen werden. Die Kräfte, die diese Spulenseiten im zeitlich konstanten Feld der Erregerwicklung erfahren, liefern das Drehmoment der e.n M. Der Strom einer Ankerspule, ein nichtsinusförmiger Wechselstrom, ändert nach Durchlaufen

des Bereichs zwischen zwei → Bürsten seine Richtung (→ Stromwendung). Unter dem Gesichtspunkt der Spannungsinduktion sorgt der Kommutator dafür, daß zwischen zwei Bürsten in jedem Augenblick Spulen hintereinandergeschaltet erscheinen, die unabhängig von der Drehbewegung in etwa gleicher Weise über den Bereich zwischen den beiden Bürsten verteilt sind. Dadurch beobachtet man zwischen den Bürsten praktisch eine Gleichspannung, obwohl in den einzelnen Spulen Wechselspannungen induziert werden.

Anker- und Erregerwicklung können auf verschiedene Weise zusammengeschaltet sein (Abb. 1); dementsprechend unterscheidet man zwischen Nebenschluß-, Reihenschluß- und Doppelschlußmaschinen. Um funkenfreie Stromwendung zu erreichen, sind zwischen den Hauptpolen → Wendepole vorgesehen, deren Wicklung mit dem Anker hintereinandergeschaltet ist. Wenn die Wendepole nicht richtig ausgelegt sind, kommt es zum → Bürstenfeuer. Große Maschinen werden zusätzlich mit einer Kompensationswicklung (→ Kompensation) ausgerüstet, die das Ankerfeld auch im Bereich der Hauptpole kompensiert.



1 Prinzipanordnung einer vierpoligen Gleichstrommaschine: *a* mit Stromverteilung in der Erregerwicklung und deren Feld, *b* mit Stromverteilung in der Ankerwicklung und der Wicklung der Wendepole. × Stromrichtung in Papierebene hinein, · Stromrichtung aus Papierebene heraus

a) Bei der **Nebenschlußmaschine** sind Anker- und Erregerwicklung parallel geschaltet. Sie besitzt bei Betrieb an einem Netz mit konstanter Spannung ein Magnetfeld, das unabhängig von der Belastung konstant bleibt. Dadurch erhält man als Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie eine schwach fallende Gerade (*Nebenschlußverhalten*). Wenn an der Welle kein Moment angreift, stellt sich die Leerlaufdrehzahl ein. Wird an der Welle ein bremsendes Moment angelegt, sinkt die Drehzahl etwas ab (Motorbetrieb), im Falle eines beschleunigenden Moments steigt sie etwas an (Generatorbetrieb). Die Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie läßt sich durch Änderung der Ankerspannung, durch Vorwiderstände im Ankerkreis und durch Vorwiderstände im Erregerkreis nach größeren oder kleineren Drehzahlen hin verschieben. Deshalb ist die Nebenschlußmaschine als Nebenschlußmotor in gesteuerten oder geregelten Antrieben von großer Bedeutung, z. B. zum Antrieb von Wälzgerüsten, Fördermaschinen, Papiermaschinen, Werkzeugmaschinen. Die Nebenschlußmaschine, die als Generator auf Widerstände arbeitet, bezeichnet man als selbsterregten **Nebenschlußgenerator**. Die Erregung dieser Maschine wird durch das remanente Feld eingeleitet, das nach einmaliger Aufmagnetisierung des magnetischen Kreises infolge der Erscheinung der Remanenz des Eisens vorhanden ist. Durch das remanente Feld wird eine kleine Spannung (Remanenzspannung) induziert, die einen Strom durch die Erregerwicklung zur Folge hat, der das Feld bei richtiger Polung verstärkt und damit die induzierte Spannung vergrößert usw. Es tritt ein Selbsterregungsvorgang ein, der durch die Sättigungseigenschaft des Eisens begrenzt wird. Die Strom-Spannungs-Kennlinie des selbsterregten Nebenschlußgenerators beginnt beim Strom Null mit der Leerlaufspannung. Mit Verkleinerung des Belastungswiderstandes wächst der Strom bei abnehmender Spannung und erreicht schließlich einen Höchstwert (Kippunkt), bei Spannung Null strebt er einem relativ kleinen Kurzschlußstrom zu. Der selbsterregte Nebenschlußgenerator dient hauptsächlich dazu, die Erregerwicklung einer anderen e.n M. zu speisen (Erregermaschine).

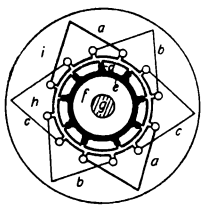
b) Bei der **Reihenschlußmaschine (Hauptschlußmaschine)** sind Anker- und Erregerwicklung hintereinandergeschaltet. Diese Maschine wird fast ausschließlich als Motor an einer vorhandenen konstanten Gleichspannung betrieben (**Reihenschlußmotor** oder **Hauptschlußmotor**). Da Anker- und Erregerwicklung hintereinandergeschaltet sind, ändert sich das Magnetfeld mit dem Ankerstrom und damit in Abhängigkeit von der Belastung. Man erhält eine stark fallende Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie (*Reihenschlußverhalten*), die sich durch Änderung der Ankerspannung, durch Vorwiderstände im Ankerkreis und durch Parallelwiderstände zur Erregerwicklung verschieben läßt, so daß eine Drehzahlstellung möglich wird. Das Reihenschlußverhalten ist vor allem bei Fahrzeugen (elektrische Lokomotiven, Straßenbahnen) erwünscht, deren Antrieb deshalb das Haupteinsatzgebiet der Reihenschlußmaschine bildet.

c) Die **Doppelschlußmaschine (Compoundmaschine, Verbundmaschine)** besitzt sowohl eine Nebenschlußerregerwicklung als auch eine Reihenschlußerregerwicklung. Die Reihenschlußerregerwicklung wird bei Einsatz als Motor sowie bei Einsatz als Generator vorgesehen. Sie dient bei Motorbetrieb am Netz mit konstanter Spannung dazu, eine Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie zu erhalten, die zwischen der des Nebenschlußmotors und der des Reihenschlußmotors liegt. Bei Generatorbetrieb kann man durch Mitkompoundierung den Abfall der Stromspannungskennlinie verringern und durch Gegenkompoundierung verstärken. Letzteres besitzt Bedeutung beim Einsatz der Maschine als Schweißgenerator.

d) Wird die Erregerwicklung aus einem anderen Netz gespeist als dem, mit dem der Anker zusammenarbeitet, spricht man von einer fremderregten Maschine. Die **fremderregte Gleichstrommaschine** verwendet man vor allem bei Generatorbetrieb auf Widerstände. In diesem Falle braucht der Mechanismus der Selbsterregung nicht zu Hilfe genommen zu werden, der Nachteile hinsichtlich des Stellbereiches der Spannung und der Schnelligkeit der Spannungsänderung aufweist. Die Strom-Spannungs-Kennlinie des fremderregten Gleichstromgenerators zeigt eine von der Leerlaufspannung ausgehende, mit zunehmendem Strom monoton fallende Spannung. Als Spannungsquelle für die Erregerwicklung dient oft eine zweite, direkt gekuppelte Gleichstrommaschine, die als selbsterregter Nebenschlußgenerator arbeitet. In diesem Fall spricht man von Eigenerregung.

Sonderfälle der Gleichstrommaschine stellen die → Verstärkermaschine und die → Unipolarmaschine dar.

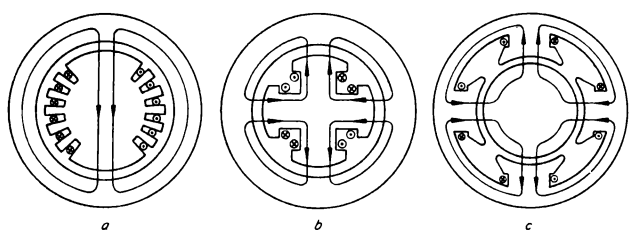
2) **Drehstrommaschinen.** Sie werden eingeteilt in Drehstrom-Asynchron-, Drehstrom-Synchron- und Drehstrom-Kommutatormaschinen. a) Bei der **Drehstrom-Asynchronmaschine (Induktionsmaschine)** weicht die Läuferdrehzahl etwas von der durch die Netzfrequenz diktierten Drehzahl des Drehfeldes ab. Bei der Asynchronmaschine sind Ständer und Läufer als gleichmäßig genutete Blechpakete aufgebaut. Der Ständer trägt eine Dreiphasenwicklung (Drehstromwicklung), die aus drei in Stern oder Dreieck geschalteten Wick-



2 Prinzipanordnung einer vierpoligen Drehstromasynchronmaschine mit Kurzschlußläufer. *a*, *b*, *c* Wicklungsstränge der dreiphasigen Ständerwicklung, *d* Stab des Kurzschlußkäfigs, *e* Ring des Kurzschlußkäfigs, *f* Läufer, *g* Welle, *h* Luftspalt, *i* Ständer

lungssträngen besteht und am Drehstromnetz betrieben wird. Sie erregt in jedem Augenblick ein Feld, das sich in $2p$ (p = Polpaarzahl) Wirbeln über dem Luftspalt zwischen Ständer und Läufer schließt. Der Läufer wird als Schleifringläufer **(Schleifringläufermaschine)** oder als Kurzschlußläufer (Käfigläufer) ausgeführt **(Kurzschlußläufermaschine, Käfigläufermaschine,** Abb. 2). Als Schleifringläufer trägt der Läufer eine der Ständerwicklung analoge Wicklung, die über die → Schleifringe von außen zugänglich ist. Der Kurzschlußläufer besitzt unisoliert in den Läufernuten untergebrachte Stäbe, die stirnseitig durch Kurzschlußringe miteinander verbunden sind. Bei kleinen Maschinen wird der gesamte Käfig im Gußverfahren hergestellt.

Wenn die Drehstrom-Asynchronmaschine am Drehstromnetz betrieben wird, entsteht ein → Drehfeld. Dabei beobachtet man im Luftspalt zwischen Ständer und Läufer eine sinusförmige Verteilung der magnetischen Induktion, die bei konstanter Amplitude mit einer konstanten, von der Polpaarzahl der Ständerwicklung und der Frequenz des Speisenetzes (im allgemeinen 50 Hz) bestimmten Geschwindigkeit umläuft. Das Drehfeld induziert in den Läuferkreisen Spannungen, deren Höhe und Frequenz der Relativgeschwindigkeit zwischen Drehfeld und Läufer proportional sind. Diese Spannungen treiben Ströme an, deren Kräfte im Drehfeld das Drehmoment bilden. Damit ein Drehmoment entwickelt wird, muß der Läufer demnach stets mit einer von der Drehzahl des Drehfelds (synchrone Drehzahl) abweichenden Drehzahl, d. h. asynchron umlaufen. Wenn an der Maschinenwelle ein bremsendes Moment anliegt (Motorbetrieb), sinkt die Drehzahl gegenüber der Drehfelddrehzahl, bei einem



3 Ausführung des Polsystems bei der Drehstromsynchronmaschine mit Andeutung der stromdurchflossenen Leiter der Erregerwicklung und ihres Feldes: *a* bei einer zweipoligen Vollpolmaschine, *b* bei einer vierpoligen Schenkelpolmaschine als Innenpolmaschine, *c* bei einer vierpoligen Schenkelpolmaschine als Außenpolmaschine

beschleunigenden Moment (Generatorbetrieb) steigt sie an. Die Asynchronmaschine wird fast ausschließlich im Motorbetrieb als **Asynchronmotor** eingesetzt. Die Abweichung der Läuferdrehzahl von der Drehfelddrehzahl bezogen auf die Drehfelddrehzahl wird als → Schlupf bezeichnet; sie beträgt im Nennbetrieb bei großen Maschinen weniger als 1 %, bei sehr kleinen Maschinen bis zu 10 %. Der Abfall der Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie im normalen Arbeitsbereich zwischen Leerlauf und motorischem Nennbetrieb kann beim Schleifringläufer durch äußere Widerstände im Läuferkreis vergrößert werden. Damit besteht die Möglichkeit einer gewissen Drehzahlstellung, die allerdings mit großen Verlusten verbunden ist. Eine verlustarme Drehzahlstellung erreicht man, wenn in die Läuferkreise schlupffrequente Spannungen eingespeist werden. Derartige Spannungen gewinnt man mit Hilfe von Drehstrom-Kommutatormaschinen, die als Frequenzwandler arbeiten und als → Hintermaschinen bezeichnet werden. Unter dem Einfluß der Streufelder entwickelt die Asynchronmaschine im Bereich kleiner Drehzahlen, also insbesondere im Stillstand, trotz großer Ströme (3- bis 6facher Nennstrom) nur kleine Momente. Dem kann beim Schleifringläufer dadurch abgeholfen werden, daß während des Anlassens zusätzliche Widerstände in den Läuferkreis geschaltet werden (→ Anlasser). Beim Kurzschlußläufer werden die Verhältnisse durch den Einsatz von Stromverdrängungsläufern (Doppelkäfigläufer, Hochstabläufer) verbessert. Eine Verkleinerung des Anzugsstromes erhält man auch durch die → Stern-Dreieck-Schaltung. Dabei wird allerdings auch das Anzugsmoment weiter verkleinert, so daß von dieser Möglichkeit nur dann Gebrauch gemacht werden kann, wenn die Maschine nicht gegen nennenswerte Momente hochlaufen muß. Moderne Netze sind im allgemeinen hinreichend leistungsstark, um die direkte Einschaltung von Asynchronmaschinen auch größter Leistungen (mehrere Megawatt) zu ermöglichen. Der Schleifringläufer wird deshalb nur noch dort eingesetzt, wo diese Netzverhältnisse nicht gegeben oder extrem hohe Anzugsmomente gefordert sind bzw. eine gewisse Drehzahlstellung vorgenommen werden soll.

Die Drehstrom-Asynchronmaschine stellt den am meisten verbreiteten Antriebsmotor dar. Sie ist — vor allem in der Ausführung mit Kurzschlußläufer — robust, wartungsarm und billig. Diesem Vorteil stehen als Nachteile gegenüber, daß die Drehzahl wirtschaftlich nur mit großem Aufwand gestellt werden kann und daß der Magnetisierungsstrom zum Aufbau des Magnetfeldes dem Drehstromnetz entnommen werden muß. Der Leistungsfaktor ist deshalb stets induktiv und liegt zwischen 0,65 und 0,90. Bei konzentriertem Einsatz von Asynchronmaschinen (große Werke) macht sich deshalb eine Kompensation der Blindleistung erforderlich (→ Phasenschieber). Einzelne große Asynchronmaschinen mit Schleifringläufer können vorteilhaft auch von der Läuferseite her durch den Einsatz entsprechender Hintermaschinen kompensiert werden.

b) Bei der **Drehstrom-Synchronmaschine** ist die Läuferdrehzahl gleich der durch die Netzfrequenz diktierten Drehzahl des Drehfeldes. Die Synchronmaschine besitzt in der Normalausführung als **Innenpolmaschine** einen Läufer, der eine gleichstromerregte Erregerwicklung trägt. Die Erregerwicklung liegt bei der **Vollpolmaschine** (für Polpaarzahl $p = 1$) in den Nuten eines walzenförmigen Läufers, bei der **Schenkelpolmaschine** (für Polpaarzahl $p > 1$) auf dem Kern ausgeprägter Pole des Polrads (Abb. 3). Der Ständer ist wie bei der Asynchronmaschine aufgebaut. Bei der **Außenpolmaschine**, die nur für kleine Leistungen und als Schenkelpolmaschine gebaut wird, befinden sich die ausgeprägten Pole mit der Erregerwicklung im Ständer. In diesem Fall muß die gesamte Maschinenleistung über die Schleifringe des Läufers zugeführt werden. Der Gleichstrom für die Erregerwicklung wird meist von einer angekuppelten Gleichstrommaschine (Erregermaschine) geliefert. Die dreiphasige Ankerwicklung (Ständerwicklung bei der Normalausführung als Innenpolmaschine) wird am Drehstromnetz betrieben. Es entsteht wie bei der Asynchronmaschine ein Drehfeld, dessen Drehzahl durch die Frequenz des Netzes und die Polpaarzahl der Maschine bestimmt ist. Dieses Drehfeld kann mit dem gleichstromerregten Polsystem nur ein zeitlich konstantes Moment bilden, wenn der Läufer stets mit einer der Drehzahl des Drehfeldes gleichen Drehzahl, d. h. synchron umläuft. Die Synchronmaschine am Netz besitzt unabhängig von der Belastung eine konstante Drehzahl. Greift an der Welle ein bremsendes Moment an, so findet eine gewisse Verschiebung zwischen dem Feld des Polsystems und dem Ankerdrehfeld statt, die Maschine geht in den Motorbetrieb über. Ein beschleunigendes Moment an der Welle bewirkt, daß die Verschie-

bung in umgekehrter Richtung erfolgt und die Maschine in den Generatorbetrieb übergeht. Bei Überlastung geht der Synchronismus zwischen Drehfeld und Läufer verloren, die Maschine fällt außer Tritt.

Die Phasenlage des Ankerstroms kann mit Hilfe des Erregerstroms verändert werden. Ausgehend von einem Erregerstrom, bei dem Strom und Spannung des Ankers in Phase sind, wird der Ankerstrom bei Vergrößerung der Erregung (Übererregung) voreilend, bei Verkleinerung der Erregung (Untererregung) nacheilend gegenüber der Spannung.

Als Generator sind Synchronmaschinen die dominierenden Maschinen in der Energieversorgung, nur in Ausnahmefällen werden dazu Asynchrongeneratoren eingesetzt. Für den Einsatz in Dampfkraftwerken kommt wegen der möglichst hochzulegenden Turbinendrehzahl nur die Vollpolmaschine in Frage, die dann als **Turbogenerator** bezeichnet wird. Turbogeneratoren werden heute bis zu einer Leistung von 600 MVA (Megavoltampere) gebaut. In Wasserkraftwerken liegen niedrigere Drehzahlen vor, so daß man Schenkelpolmaschinen einsetzt, die heute für Leistungen bis 500 MVA hergestellt werden. Kleinere Synchronschenkelpolgeneratoren zur Speisung von Bordnetzen auf Schiffen und zur Notstromversorgung werden durch Dieselmotoren angetrieben. Synchrongeneratoren werden mit ihrer Antriebsmaschine hochgefahren und, nachdem die Maschinenspannung gleich der Netzspannung gemacht worden ist, mit dem Netz verbunden; dieser Vorgang wird als → Synchronisierung bezeichnet.

Als Motor werden Synchronmaschinen dann eingesetzt, wenn große Leistungen gefordert sind und keine Drehzahlstellung erforderlich ist. Der Synchronmotor besitzt gegenüber dem Asynchronmotor den Vorteil, daß die Phasenlage des Ankerstroms gegenüber der Spannung mit Hilfe der Erregung beliebig eingestellt werden kann. Übererregte Synchronmotoren können deshalb zusätzlich zur Kompensation induktiver Blindleistung verwendet werden. Setzt man die Synchronmaschine ausschließlich zu diesem Zweck ein, wobei keinerlei mechanische Leistung über die Welle fließt, wird sie als → Phasenschieber **(Blindleistungsmaschine)** bezeichnet. Synchronmotoren und Phasenschieber müssen, bevor der Mechanismus als Synchronmaschine einsetzt, mit anderen Mitteln auf synchrone Drehzahl gebracht werden. Das geschieht heute fast ausschließlich in Form des asynchronen Anlaufs. Dazu besitzt die Synchronmaschine zusätzlich zur Erregerwicklung wie die Asynchronmaschine mit Kurzschlußläufer einen Kurzschlußkäfig, dessen Stäbe in den Polschuhen untergebracht sind. Mit Hilfe dieses Käfigs läuft die Maschine unerregt als Asynchronmaschine bis in die Nähe der synchronen Drehzahl hoch und synchronisiert sich nach Zuschalten der Erregung. Synchronmotoren werden bis zu größten Leistungen zum Antrieb von Kolbenkompressoren, Turbokompressoren und Schiffsschrauben eingesetzt.

c) Die **Drehstrom-Kommutatormaschine** besitzt einen Ständer wie die Asynchronmaschine bzw. Synchron-Innenpolmaschine, der Läufer ist wie bei der Gleichstrommaschine aufgebaut. Die Anordnung der Bürsten unterscheidet sich dagegen von der der Gleichstrommaschine. Das magnetische Feld ist bei den meisten Drehstrom-Kommutatormaschinen ein Drehfeld wie bei der Asynchronmaschine bzw. der Synchronmaschine. Drehstrom-Kommutatormaschinen werden fast ausschließlich im Motorbetrieb eingesetzt (Sonderfall des Einsatzes als → Hintermaschine). Die Wirkungsweise ist etwa die gleiche wie die eines Asynchronmotors, in dessen Läuferkreis zur Drehzahlstellung eine zusätzliche, schlupffrequente Spannung eingespeist wird. Die Aufgabe der Frequenzwandlung übernimmt dabei der → Kommutator. Je nach Art der Zusammenschaltung von Ständer und Läufer unterscheidet man **Drehstrom-Nebenschlußmaschinen** und **Drehstrom-Reihenschlußmaschinen.** Das Drehzahl-Drehmoment-Verhalten dieser Maschinen entspricht dem der entsprechenden Gleichstrommaschinen. Die Drehzahlstellung geschieht durch Stelltransformatoren oder Bürstenverschiebung. Der Einsatz erfolgt, wenn die Drehzahlstellung erforderlich ist, aber kein Gleichstromnetz zur Verfügung steht.

Als Hintermaschine für große Asynchronmaschinen wird die **Scherbiusmaschine** eingesetzt. Sie ist eine ständererregte Drehstrom-Kommutatormaschine, deren Luftspaltfeld kein Drehfeld darstellt und die zur Verbesserung der Kommutierung mit Wendepolen ausgerüstet werden kann. Sie ist für große Leistungen (bis 1000 kW) herstellbar.

3) **Einphasenwechselstrommaschinen.** a) Die **Einphasen-Reihenschlußmaschine** ist im Prinzip wie eine Gleichstrom-Reihenschlußmaschine aufgebaut. Sie wird in zwei Ausführungsformen gebaut, als Bahnmotor und als Universalmotor. Der **Bahnmotor** dient zum Antrieb → elektrischer Bahnen, die unmittelbar mit Wechselstrom gespeist werden. Da die Stromwendung bei Wechselstrom schwieriger zu beherrschen ist als bei Gleichstrom, wurde die Frequenz des Bahnmotors in vielen Ländern auf 16 2/3 Hz (Hertz) festgelegt. Der **Universalmotor** ist ein Reihenschlußmotor für kleine Leistung, der sowohl mit Gleichstrom als auch mit Wechselstrom betrieben werden kann. Er dient vor allem zum Antrieb von Haushaltgeräten, Büromaschinen und Elektrowerkzeugen.

Zu den Wechselstrom-Reihenschlußmaschinen gehört der Wirkungsweise nach auch der heute kaum noch gebaute **Repulsionsmotor.** Er besteht aus einem Ständer mit verteilter Wicklung, die an einem Wechselspannungsnetz liegt, und aus einem Anker, dessen Gleichstromwicklung über Bürsten in sich kurzgeschlossen ist.

b) Die **Einphasen-Synchronmaschine** und die **Einphasen-Asynchronmaschine** sind wie die entsprechenden Drehstrommaschinen aufgebaut, besitzen jedoch nur eine einphasige Ständerwicklung. Einphasen-Synchronmaschinen werden besonders als Generator für die Bahnstromversorgung für große Leistungen gebaut, darüber hinaus setzt man Einphasen-Synchron- und -Asynchronmaschinen im allgemeinen als Motoren für kleine Leistungen ein. Da die einphasige Ankerwicklung kein Drehfeld, sondern nur ein Wechselfeld aufbauen kann, entwickeln diese Maschinen kein asynchrones Anzugsmoment, während im Betrieb durch die Rückwirkung des Läufers zumindest ein Teil des Feldes zum Drehfeld wird. Um den Anlauf zu ermöglichen oder das Verhalten im Nennbetrieb zu verbessern, werden deshalb Hilfswicklungen vorgesehen, die man mit phasenverschobenen Strömen einspeist (→ Kondensatormotor).

Eine Sonderform einer einphasigen Asynchronmaschine ist der **Spaltpolmotor.** Er besteht aus Ständer mit ausgeprägten Polen und einem Kurzschlußläufer. Im Ständer befindet sich eine Wechselstromwicklung; ein Teil jedes Ständerpoles trägt eine Kurzschlußwicklung.

Lit. G. Müller: E. M.n (Berlin (1967); Poljak: Turbogeneratoren (dtsch Berlin 1959); Pustola u. Sliwinski: Kleine Einphasenmotoren (dtsch Berlin 1962); Stalzer: Grundlagen des elektromotorischen Antriebs (Leipzig 1956); Die Technik der elektrischen Antriebe, Grundlagen (2. Aufl. Berlin 1967); Elektromaschinenbau (Berlin 1964).

elektrische Meßinstrumente, Instrumente zum Messen elektrischer Größen. E. M. sind z. B. → Strommesser, → Spannungsmesser, → elektrischer Leistungsmesser, Leistungsfaktormesser und → Frequenzmesser. Ist das Meßinstrument mit zusätzlichen Einrichtungen, wie Verstärkern, umschaltbaren Spannungsteilern u. a., zusammengebaut, so spricht man von einem *elektrischen Meßgerät*. E. M. bestehen aus Meßwerk und Gehäuse. Das Meßwerk setzt die elektrische Größe in eine (meist Dreh-) Bewegung seines *beweglichen Organs* um. Die ferner zum Meßwerk gehörende *Skalenscheibe* weist neben der Teilung Kurzzeichen über die Eigenschaften des Instrumentes auf.

Das bewegliche Organ wird mit Zapfen in Gleitlagern oder mit Spitzen in Lagersteinen gelagert. Bei empfindlichen e.n M.n wird es zwischen Spannbändern aufgehängt, oder es hängt an einem einzelnen Torsionsfaden. Zum Vermeiden der Parallaxe beim Ablesen kann die Skale mit einem Spiegel unterlegt werden. Für → Galvanometer verwendet man Lichtzeiger.

Gegen das Antriebsmoment der zur Messung ausgenutzten elektromagnetischen und elektrostatischen Kräfte muß ein lageabhängiges *Rückstellmoment* wirken, durch das die Größe gemessen wird. Im Anzeigepunkt sind beide Momente gleich. Das Rückstellmoment wird erzeugt durch: 1) die Schwerkraft (nur bei billigen Schalttafelgeräten), 2) die Richtkraft einer Blatt-, Schrauben- oder Spiralfeder, eines Torsionsfadens oder -drahtes, 3) die magnetische Kraft eines Rückstellmagneten. Ein rasches Einstellen ohne Pendeln des beweglichen Organes erfordert besondere Dämpfungsmaßnahmen, d. s. Luftdämpfung, Wirbelstromdämpfung, Flüssigkeitsdämpfung. 1) Bei Luftdämpfung ist am beweglichen Organ ein Dämpferflügel befestigt, der sich mit hoher Luftreibung in einer Kammer bewegt. Wirksamer dämpft ein in einem Rohr geführter Kolben. 2) Wirbelstromdämpfung wird bei e.n M.n mit statischem Magnetfeld angewendet. In einem geschlossenen elektrischen Leiter am beweglichen Organ (Kurzschlußwindung, Metallflügel), der sich im Magnetfeld bewegt, entstehen Wirbelströme, die die Bewegungsenergie in Wärme umsetzen. 3) Bei Flüssigkeitsdämpfung befindet sich das bewegliche Organ ganz oder teilweise in Öl, Glyzerin oder, in Sonderfällen, in Quecksilber. Es muß den Strömungswiderstand überwinden.

Unter *Empfindlichkeit* eines e.n M.s versteht man das Verhältnis des Zeigerausschlages (in Skalenteilen) zur verursachenden Meßgröße. Der *Anzeigefehler* ist die prozentuale Fehlangabe eines e.n M.s. Er wird in Prozent des Meßbereichsendwertes, der Skalenlänge bzw. des richtigen Wertes angegeben. Nach der Größe dieses Fehlers unterscheidet man folgende Klassen: 0,1; 0,2 (Feinmeßgeräte); 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5 (Betriebsmeßgeräte). Dieser Zahlenwert gibt den zugelassenen Fehler unter Normalbedingungen in % an; Klasse 1,5 bedeutet z. B., daß das e. M. maximal einen Fehler von $\pm 1{,}5\,\%$ des Endwertes aufweisen darf. Bei extremen Werten von Temperatur, magnetischer Störfeldstärke u. a. sind jedoch größere Fehler zugelassen. Der *Anzeigebereich* umfaßt die gesamte Skale, der *Meßbereich* nur den Teil, für den die Genauigkeitszusage zutrifft.

Lit. Philippow: Taschenbuch Elektrotechnik I (Berlin 1968); Stanek: Technik e.r M. (2. Aufl. Berlin 1962); Henze: Atlas der Meßgeräte (Berlin 1962); VDE-Vorschrift 0140/10.59.

elektrische Musikinstrumente, Musikinstrumente, bei denen der erzeugte Schall nur über Verstärker und Lautsprecher abgestrahlt werden kann. Man unterscheidet zwei Arten der e.n M. 1) Bei den **teilelektrischen M.n** werden die Schallschwingungen in der bei mechanischen Musikinstrumenten üblichen Weise erzeugt, jedoch an Stelle vom hier fehlenden Instrumentenresonanzkörper mit Hilfe geeigneter elektroakustischer Tonabnehmer und Verstärker von einem Lautsprecher abgestrahlt (z. B. Elektrochord, elektrische Gitarre, elektrische Geige, elektrisches Cello, elektrischer Baß u. a.). 2) Bei den **vollelektrischen M.n** werden mit Transistoren-, Elektronenröhren- oder Glimmröhren-Generatoren elektrische Schwingungen (Töne, Kippschwingungen oder Rauschen) erzeugt (z. B. Baldwin-Orgel, Trautonium, Mixturtrautonium, Polychord-Orgel). Einen Sonderfall stellt die Hammond-Orgel dar. Hier werden rotierende Stahlscheiben elektromagnetisch abgetastet.

elektrischer Leistungsmesser, Wattmeter, ein elektrisches Meßinstrument oder Meßgerät zum Messen von Wirkleistungen und Blindleistungen. Bei Gleichstrom und niederfrequentem Wechselstrom bis zu einigen 100 Hz werden → Elektrodynamometer verwendet. Bei höheren Frequenzen benutzt man → Elektrometer, thermische, Dioden- oder Röhrenleistungsmesser. Daneben ist es möglich, die Leistung aus Einzelmessungen des Stromes, der Spannung und des Phasenwinkels zu errechnen.

elektrischer Strom, die Bewegung elektrischer Ladungen in einer Vorzugsrichtung. Die Bewegung der Ladung kann erfolgen 1) rein mechanisch, z. B. wenn geladene Teilchen von Luftströmungen mitgeführt werden (→ Konvektionsstrom), 2) durch das Wirken von elektrischen Feldern auf Leiter und Halbleiter (Leitungsstrom), 3) durch das Wirken von elektrischen Feldern in Nichtleitern (→ Verschiebungsstrom).

Fließt der elektrische S. nur in einer Richtung, so spricht man von → Gleichstrom, ändert er dagegen seine Flußrichtung periodisch, so spricht man von → Wechselstrom.

elektrische Schwingungen, → elektromagnetische Schwingungen.

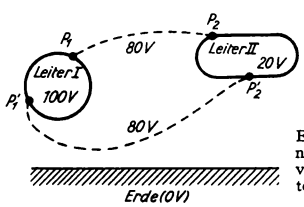
elektrisches Feld, im ursprünglichen Sinne ein Hilfsbegriff zur Beschreibung der auf eine elektrische Ladung (Probeladung) an verschiedenen Orten wirkenden Kraft, die durch andere elektrische Ladungen hervorgerufen wird. Die **elektrische Feldstärke** E ist als Quotient aus der Kraft auf den geladenen Probekörper und der Ladung des Probekörpers definiert und ist ebenso wie die Kraft ein Vektor. Das elektrische F. ist dementsprechend ein Vektorfeld (→ Feld), in dem jedem Raumpunkt ein Vektor der elektrischen Feldstärke zugeordnet ist. Die gebräuchliche Einheit der elektrischen Feldstärke ist 1 Volt/Meter, die charakteristische Konstante des elektrischen F.es ist die *Dielektrizitätskonstante* (→ Feldkonstanten). In seiner tieferen Bedeutung existiert das elektrische F. als objektive Realität unabhängig von den Ladungen und stellt ebenso wie Masse oder Ladung eine Erscheinungsform der Materie dar.

Sofern das elektrische F. durch ruhende Ladungen hervorgerufen wird, spricht man von einem **elektrostatischen Feld.** Die Feldlinien (→ Feld) gehen in diesem Fall stets von positiven Ladungen (Quellen des Feldes) aus und endigen auf negativen Ladungen (Senken des Feldes). Solch ein Feld wird als *Quellenfeld* bezeichnet. Im elektrostatischen Feld ist die Arbeit, die nötig ist, um eine Probeladung gegen die Feldkräfte von einem Punkt zu einem anderen zu verschieben, unabhängig von dem Weg, auf dem die Ladung zwischen beiden Punkten verschoben wird. Bestimmt man daher, von einem Bezugspunkt ausgehend (im allgemeinen ein unendlich ferner oder ein mit der Erde leitend verbundener Punkt), die Arbeit, die nötig ist, um die Probeladung zu beliebigen Raumpunkten zu bringen, so beschreibt diese eindeutig das Feld. Der Quotient aus dieser Verschiebungsarbeit und der Ladung der Probe wird als *elektrisches* oder *elektrostatisches Poten-*

tial φ definiert. Das Potential ist ein Skalar, d. h. eine reine Zahl. Die Einheit des elektrischen Potentials ist 1 Volt. Richtung und Betrag der elektrischen Feldstärke in beliebigen Raumpunkten erhält man aus Richtung und Betrag des größten Potentialgefälles in diesen Punkten. Linien, die Punkte gleichen Potentials verbinden, heißen *Potentiallinien* oder *Niveaulinien*. Bei dem elektrischen F. einer einzelnen positiven Punktladung verlaufen die Feldlinien radial nach außen, während die Potentiallinien konzentrische Kreise sind (Abb.). Flächen, in denen alle Punkte gleiches Potential besitzen, heißen *Potentialflächen*, *Niveauflächen* oder *Äquipotentialflächen*. Potentialflächen verlaufen stets senkrecht zu den Feldlinien. Bei einer Punktladung sind die Potentialflächen konzentrische Kugeln. Elektrische F.er können auch durch zeitlich veränderliche Magnetfelder hervorgerufen werden (elektromagnetische → Induktion). In diesem Falle sind die Feldlinien des elektrischen F.es stets geschlossene Linien, die die Feldlinien des magnetischen Feldes umschließen. Man spricht dann von einem *elektromagnetischen Wirbelfeld*. Auf dieser Erscheinung beruht die Wirkungsweise bestimmter Elektronenbeschleuniger.

elektrische Spannung, Zeichen u (Momentanwert), U (Effektivwert und Gleichwert), die in elektrostatischen und langsam veränderlichen elektrischen Feldern zwischen zwei Punkten des Feldes herrschende elektrische Potentialdifferenz. Die e. S. ist die Arbeit W, die zur Verschiebung einer Ladung Q zwischen diesen Punkten nötig ist, dividiert durch Q, also die Arbeit je Ladungseinheit: $U = \frac{W}{Q}$. Die Einheit der e.n S. ist das Volt (V).

Da alle Punkte der Oberfläche eines Leiters in einem elektrischen Feld (wegen der leichten Verschiebbarkeit der Elektronen auf ihr) das gleiche Potential bzw. die gleiche e. S. (z. B. gegen die Erde als Nullpotential) annehmen, so ist die e. S. zwischen je zwei beliebigen Punkten P_1, P_2 oder P'_1, P'_2 zweier verschiedener Leiter I und II immer dieselbe (Abb.).



Elektrische Spannung zwischen zwei verschiedenen Leitern

Ist eine leitende Verbindung zwischen den Leitern vorhanden, so ruft die e. S. einen elektrischen Strom hervor, durch den die Unterschiede der potentiellen Energien der Ladungsträger ausgeglichen werden. Wird die e. S. künstlich aufrechterhalten, z. B. durch ein galvanisches Element, so fließt der Strom dauernd. Die e. S. zwischen den Enden eines Stromverbrauchers, z. B. eines Widerstandes, heißt → Spannungsabfall. Die e. S. wird mit → Spannungsmessern gemessen.

Die Ansprechspannung von Rundfunkapparaten beträgt 1 μV (Mikrovolt) bis 1 mV (Millivolt), die Spannung eines Klingeltransformators 3 bis 8 V, die von Fernmeldeanlagen 20 bis 60 V, die elektrischer Bahnen 3 bis 25 kV (Kilovolt), die eines Bandgenerators 5 MV (Megavolt).

Weiteres → Hochspannung, → Niederspannung, → Überspannung, → Nennspannung, → Berührungsspannung 2), → Gleichspannung, → Wechselspannung.

Lit. → Elektrizität.

elektrisches Potential, → elektrisches Feld.

elektrische Urspannung, → elektromotorische Kraft.

elektrische Verschiebung, dielektrische Verschiebung, elektrische Erregung, Verschiebungsdichte, Zeichen D, die Dichte des → Verschiebungsflusses. Sie hat die Dimension $\mathrm{As\,m^{-2}}$. Die e. V. kann man messen, indem man die Ladung bestimmt, die je Flächeneinheit auf einem Leiter durch → Influenz erzeugt wird, wenn dieser mit der entsprechenden Fläche senkrecht zur Feldrichtung in das Feld eingebracht wird. Mit der elektrischen Feldstärke E ist die e. V. durch die Beziehung $D = \varepsilon \cdot E$ verknüpft, wobei ε = die Dielektrizitätskonstante (→ Dielektrikum).

elektrische Welle, Gleichlaufschaltung, eine Anordnung aus zwei oder mehr Asynchronmaschinen mit Schleifringläufer (→ elektrische Maschine), deren Ständerwicklungen am gleichen Drehstromnetz liegen und deren Läuferwicklungen miteinander verbunden sind. Einer Verdrehung der einen Maschine folgen die anderen Maschinen mit einer gewissen, von der Belastung abhängigen Winkelabweichung. Die e. W. verhält sich demnach wie eine mechanische Welle. Eine sehr lange mechanische Welle ist weniger starr als eine elektrische.

elektrische Zugförderung, der Betrieb mit elektrisch angetriebenen Schienenfahrzeugen bei → Eisenbahnen, → Stadtschnellbahnen und → Straßenbahnen ohne Rücksicht auf die Energiezuführung, jedoch mit Ausnahme dieselelektrischer Fahrzeuge. Die e. Z. ist ein Teilgebiet der → Elektrotraktion.

Elektrisiermaschine, ein Gerät zur Erzeugung von Elektrizität durch Reibung (→ Reibungselektrizität) oder Influenz (→ Influenzmaschine) für Versuchszwecke.

Elektrisierung, 1) die Erzeugung von elektrischen Ladungen auf einem Körper (z. B. durch Reiben, → Reibungselektrizität; 2) die Behandlung mit elektrischem Strom; 3) → Polarisation 1).

Lit. → Elektrizität.

Elektrizität, allgemein die Gesamtheit der Erscheinungen, die auf elektrischen → Ladungen und auf den von ihnen ausgehenden → Feldern beruhen und die durch die → Maxwellsche Theorie beschrieben werden. Im engeren Sinne wird als E. auch die elektrische Ladung bezeichnet. Sie ist stets an materielle Träger gebunden. Die kleinste Einheit der Ladung ist die Elementarladung, die im Falle des Elektrons negatives und im Falle des Positrons und des Protons positives Vorzeichen trägt.

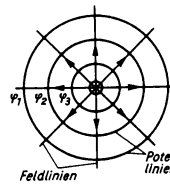
Die **Elektrostatik** beschreibt die Erscheinungen der ruhenden elektrischen Ladungen und der zeitlich unveränderlichen elektrischen Felder. Die **Elektrodynamik** im engeren Sinne beschreibt die Erscheinungen der bewegten elektrischen Ladungen (elektrische Ströme) und der zeitlich sich ändernden elektrischen und magnetischen Felder; unter Elektrodynamik im weiteren Sinne versteht man die gesamte Theorie der E. (→ Maxwellsche Theorie).

Lit. Novábatzky u. Neugebauer: Theoretische Elektrizitätslehre und Wellenoptik (Berlin 1957); Pohl: Einführung in die Elektrizitätslehre (15. Aufl. Berlin 1955); Rocard: E. (dtsch Berlin 1958); Schaefer: Einführung in die Maxwellsche Theorie der E. und des Magnetismus (6. Aufl. Berlin 1949); Recknagel: Physik — E. und Magnetismus (5. Aufl. Berlin 1967).

Elektrizitätsversorgung, svw. → Elektroenergieversorgung.

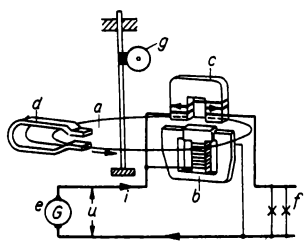
Elektrizitätswerk, svw. → Kraftwerk.

Elektrizitätszähler, ein Gerät zum Messen der elektrischen Arbeit, des Verbrauchs an elektrischer Energie. Man unterscheidet Amperestunden- und Wattstundenzähler. 1) **Amperestundenzähler** messen das Integral des Stromes über der



Verlauf der Feldlinien und Potentiallinien einer positiven Punktladung. Werte des Potentials: $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$

Zeit. Die elektrische Arbeit ergibt sich durch Multiplikation mit der als konstant angesehenen Netzspannung. Amperestundenzähler werden heute nur noch in Gleichstromnetzen als elektromagnetische Zähler (Magnetmotorzähler und Elektrolytzähler) verwendet. Elektromagnetische Zähler ähneln in ihrem Aufbau einem Gleichstrommotor mit Dauermagneterregung. Die Anzahl der Umdrehungen des Läufers ist bei konstanter Netzspannung ein Maß für die elektrische Arbeit. Bei elektrolytischen Zählern zersetzt der Strom eine Flüssigkeit. Das Volumen des an der Katode ausgeschiedenen Wasserstoffs oder Quecksilbers ist der geflossenen Strommenge proportional und wird zur Anzeige der elektrischen Arbeit benutzt. Der bekannteste elektrolytische Zähler ist der Stia-Zähler, der eine Quecksilberanode, eine Kohlekatode und eine Kalium-Quecksilberjodid-Lösung als Elektrolyt besitzt. 2) **Wattstundenzähler** messen das Integral der elektrischen Leistung über der Zeit, also unmittelbar die elektrische Arbeit, wobei die Anzahl der Umdrehungen eines Läufers in einem Zählwerk registriert und zur Anzeige benutzt wird. Sie werden für Gleichstrom als elektrodynamische Zähler mit einem der Netzspannung proportionalen Ankerstrom und mit Felderregung durch den Verbraucherstrom gebaut. Das nötige Bremsmoment wird durch Wirbelstrom-Bremsung einer mit dem rotierenden Anker verbundenen und im Magnetfeld eines Dauermagneten befindlichen Aluminiumscheibe aufgebracht. Wattstundenzähler für Wechselstrom sind die weitverbreiteten Induktionszähler (Motorzähler). Der bewegliche Teil des Zählers ist eine Aluminiumscheibe, in der durch eine Strom- und eine Spannungsspule Wechselströme induziert werden. Die magnetischen Wechselflüsse der Strom- und Spannungsspule sind räumlich und zeitlich gegeneinander verschoben. Die in der Scheibe vom Fluß der Spannungsspule induzierten Wechselströme verlaufen im Bereich des magnetischen Wechselfeldes der Stromspule und umgekehrt. Das dadurch entstehende Drehmoment ist proportional dem Produkt $U \cdot I \cdot \cos\varphi$ (U = Spannung, I = Stromstärke, φ = Phasenwinkel), also der dem Netz entnommenen Wirkleistung. Die Umdrehungen der Scheibe werden gezählt und sind ein Maß für die elektrische Arbeit. Das erforderliche Bremsmoment wird wie beim elektrodynamischen Zähler durch Wirbelstrombremsung der Scheibe mit Hilfe eines Dauermagneten aufgebracht.



Induktionszähler. *a* Triebscheibe, *b* Spannungsspule, *c* Stromspule, *d* Dauermagnet, *e* Stromerzeuger, *f* Stromverbraucher, *g* Zählwerk

Zähler für besondere Tarife sind *Doppel-* und *Dreifach-Tarifzähler*, die eine Verrechnung des Verbrauchs zu verschiedenen Zeiten ermöglichen. *Spitzenzähler* registrieren nur die oberhalb einer vereinbarten Pauschallast verbrauchte elektrische Energie. *Maximumzähler* lassen neben der entnommenen elektrischen Energie die Höhe der Spitzenbelastung erkennen. Für Industriebetriebe finden neben den *Wirkleistungszählern* auch *Blindleistungszähler* Verwendung.

Elektroakustik, ein Teilgebiet der Akustik, befaßt sich mit der Umwandlung mechanischer Schwingungen in elektrische und umgekehrt durch → elektroakustische Wandler (Mikrophon, Lautsprecher u. a.) und mit der Schallspeicherung (z. B. auf Magnettonband, Schallplatte) sowie mit der elektrischen Erzeugung mechanischer Schwingungen (z. B. mit → elektrischen Musikinstrumenten). Mit Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörbereiches, d. h. oberhalb 20 kHz (Kilohertz), befaßt sich die Ultraschalltechnik (→ Ultraschall).

Ein Teilgebiet der E. ist die → Hydroakustik.

Lit. Reichardt: Die physikalischen Grundlagen der E. (Leipzig 1961); Ztschr.: Hochfrequenztechnik und E. (Leipzig).

elektroakustische Wandler, Schallwandler, elektromechanische Einrichtungen zur Umwandlung des Schalls in elektrische Schwingungen und umgekehrt. E. W., die mechanische Schwingungen in elektrische umsetzen, heißen **Aufnahmewandler** (d. s. Schallempfänger wie → Mikrophone, Tonabnehmer für → Plattenspieler und → elektrische Musikinstrumente, Schwingungsaufnehmer). **Wiedergabewandler** (d. s. Schallsender wie → Lautsprecher, → Hydrophone) sind Geräte, die elektrische Schwingungen in mechanische Schwingungen der gleichen Frequenz umwandeln.

Lit. Hecht: Die e.n W. (5. Aufl. Leipzig 1961).

Elektro-Analgesiegerät, ein → Reizstromgerät.

Elektroanalyse, elektrochemische Analyse, auf chemischen und physikalischen Vorgängen in der Lösung und an den Grenzflächen der Elektroden einer elektrolytischen Zelle beruhende Methode zur quantitativen Bestimmung einer chemischen Substanz. Zu den elektrochemischen Analysenmethoden gehören z. B. die → Konduktometrie, die → Polarographie und die → Potentiometrie.

Lit. → Analyse.

Elektrochemie, ein Teilgebiet der physikalischen Chemie, das sich mit der gegenseitigen Umwandlung der elektrischen und der chemischen Form der Energie befaßt. Außerdem beschäftigt sich die E. mit der Anwendung der Gesetze der klassischen Elektrizitätslehre auf Strukturfragen der Materie.

In der allgemeinen E. gibt es zwei Grundphänomene: 1) Chemischer Umsatz durch Zufuhr elektrischer Energie von außen: → **Elektrolyse.** 2) Gewinnung elektrischer Energie durch chemische Reaktionen: **Galvanismus,** → galvanische Elemente. Man kann folgende Spezialgebiete unterscheiden: 1) die Theorie der elektrolytischen Lösung: elektrolytische Dissoziation, elektrolytische Leitfähigkeit, interionische Wechselwirkungen; 2) die Theorie der Elektrodenprozesse: elektromotorische Kräfte, Probleme der Überspannung, Passivität und Korrosion, Elektrokinetik.

Industriell spielt die E. eine bedeutende Rolle, da sehr viele Metalle und sonstige Elemente billig und schnell auf elektrochemischem Wege herstellbar sind, z. B. Aluminium, Magnesium, Kalium, Natrium und Chlor. Weit verbreitet sind elektrothermische Reaktionen, bei denen der elektrische Strom die für die Reaktionen notwendige Energie als thermische Energie liefert; z. B. bei der Herstellung von Kalziumkarbid und Phosphor. Viele Metalle werden durch elektrolytische Raffination gereinigt. Die Gewinnung elektrischer Energie durch stofflichen Umsatz wird z. B. im Akkumulator ausgenützt.

Lit. Billiter: Technische E., Bd I (3. Aufl. Halle 1952); Drossbach: Grundzüge der allgemeinen und technischen E. (Berlin 1952); Kortüm: Lehrbuch der E. (3. Aufl. Weinheim 1963); Mannchen u. Wibranetz: E. Lehr-

briefbuch (Freiberg 1959); E. Müller u. Reuther: Elektrochemisches Praktikum (9. Aufl. Dresden, Leipzig 1953); Schmitt: E. mit Einführung in die anorganische Chemie (5. Aufl. Leipzig 1959); Vetter: Elektrochemische Kinetik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961); Handb. der technischen E., hrsg. v. Eger, 5 Bde (Leipzig 1953 bis 1961).

Elektrochirurgie, Elektrokaustik, Kaltkaustik, ein Teilgebiet der medizinischen Elektronik, umfaßt die Verwendung von Hochfrequenzstrom für chirurgische Zwecke. Bei der **Elektrotomie** wird das Gewebe mittels plötzlichen Erhitzens als Folge hoher Stromdichte durchtrennt (*Schmelzschnitt*), die an einer stromdurchflossenen, messer- oder schlingenartigen Elektrode aus Molybdän, Wolfram u. a. entsteht. Die **Elektrokoagulation** ist ein Austrocknen oder Verschorfen des Gewebes durch Einwirkung geringerer Hitze verschieden großer, flächen- oder kugelförmiger Elektroden. Zwischen diesen und dem Gewebe besteht bei der **Elektrodessikation** ein Luftabstand, der durch Entladungsfunken überbrückt wird.

Der Hochfrequenzstrom wird in einem Röhrengenerator erzeugt, der Stromkreis durch den Körper des Patienten geschlossen. Die E. hat gegenüber der normalen Chirurgie die Vorteile, daß die Blutgefäße durch die Hitzeeinwirkung sofort wieder geschlossen werden, dadurch kaum Blutungen auftreten und keine Bakterien, kranke Zellen u. a. in den Blutkreislauf gelangen; auch entstehen nur geringe Nachschmerzen.

Lit. → medizinische Elektronik.

Elektrode, der Teil eines festen Leiters, der der Zuführung des elektrischen Stromes in eine Flüssigkeit, ein Gas, ein Vakuum oder auf einen Festkörper dient, z. B. bei der Elektrolyse, bei Gasentladungs- und Elektronenröhren. Die E.n bestehen aus Elektronenleitern (Leiter 1. Klasse) und sind meist Metallstücke, -bleche oder -drähte. Die mit dem Pluspol der Stromquelle verbundene E. wird als *Anode*, die mit dem Minuspol verbundene E. als *Katode* bezeichnet. Die Anode nimmt bei Stromfluß aus dem sie umgebenden Medium Elektronen auf, die z. B. bei Oxydationsvorgängen (*anodische Oxydation*) frei werden. Zur Anode wandern unter dem Einfluß des elektrischen Feldes Elektronen oder Anionen (negative Ionen). Zur Katode wandern die Kationen, die positiven Ionen einer Lösung. An der Katode finden Reduktionsvorgänge statt (*katodische Reduktion*).

1) In der Elektrochemie versteht man unter E. die eine, meist feste Phase eines Halbelements, die die bei einem elektrochemischen Vorgang (z. B. $Fe^{3+} + e \rightleftharpoons Fe^{2+}$) freiwerdenden oder benötigten Elektronen ab- oder zuführt. Dabei kann das Elektrodenmaterial an dem Vorgang beteiligt sein (z. B. die Kupferelektrode $Cu \rightleftharpoons \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$). Zwischen E. und Lösung entsteht im Gleichgewichtszustand (kein Stromfluß) eine Potentialdifferenz, die ein Maß für die Triebkraft der entsprechenden elektrochemischen Reaktion ist und von der Natur der Reaktion und den Konzentrationen der Reaktionsteilnehmer abhängt (Nernstsche Gleichung). Als indifferente E.n verwendet man meist Pt, oft auch Graphit. Um die Potentialdifferenz zwischen E. und Lösung messen zu können, muß man das Potential der Lösung mit einer weiteren E., der **Bezugselektrode,** abgreifen. Die Potentialdifferenz zwischen einer **Wasserstoffelektrode** (wasserstoffbeladenes Platin oder Palladium) und einer Lösung der Wasserstoffionenaktivität 1 wurde dafür willkürlich bei allen Temperaturen gleich Null gesetzt. Weitere, häufig verwendete Elektroden sind die **Kalomelelektrode** (potentialbestimmender Vorgang: $2Hg + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2 + 2e$), die **Chinhydronelektrode** (potentialbestimmender Vorgang: Hydrochinon $\rightleftharpoons$ Chinon $+ 2e + 2H^+$) und die **Glaselektrode.** Letztere ist im Gegensatz zu anderen Elektroden unabhängig von Redoxsystemen und wird zur Messung des *p*H-Wertes eingesetzt. Eine Glasmembran trennt eine Lösung bekannten *p*H-Wertes von einer unbekannten. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Seiten der Membran ist ein Maß für die Differenz der *p*H-Werte unabhängig von anderen in der Lösung vorhandenen Stoffen und wird durch zwei in die Lösungen tauchende Bezugselektroden abgegriffen. Kolloide und Elektrodengifte stören die Messung nicht. Neuentwickelte Glaselektroden können außer zur Bestimmung von Wasserstoffionen auch für andere Ionen, z. B. Schwermetallionen, eingesetzt werden.

2) Bei der Elektrolyse sind die E.n die in die Elektrolytlösung oder Salzschmelze eintauchenden Formtypen (Platten, Zylinder, Netz u. a. aus Metallen, Magnetit, Graphit oder Kohle), die die Stromzuführung übernehmen und an denen sich die Elektrolyseprodukte abscheiden.

3) Im Elektroofen ist die E. ein stabähnlicher, meist zylindrischer Körper aus Kohle oder Graphit. Bei der Kalziumkarbid-, Aluminium- und Phosphorherstellung wird häufig die **Söderbergelektrode** verwendet. Sie besteht aus einem Stahlrohr von 0,5 bis 1 m Durchmesser, in das eine aus Koks, Teer und Pech bestehende Masse eingestampft ist. Diese wird mit der gleichen Geschwindigkeit nachgedrückt, mit der die E. unten abbrennt.

4) In der Schweißtechnik gibt es abschmelzende (verzehrende) und nichtabschmelzende E.n. **Abschmelzende E.n** dienen zum elektrischen Handlichtbogenschweißen. Sie bestehen aus einem Schweißstab (Kerndraht) aus Stahl, Gußeisen oder NE-Metallen. Der Schweißstab hat eine Umhüllung (Mantel), die aus Erzen, Basen, Säuren, organischen Stoffen (z. B. Zellulose) und Metallpulvern bestehen kann und zum besseren Zünden, zum Gasschutz und zur Schlackebildung und teilweise zur Auflegierung dient. Die Schweißstäbe der E. liefern beim Abschmelzen den notwendigen Zusatzwerkstoff für die Schweißstelle. Als **nichtabschmelzende E.n** verwendet man Kohle- oder Graphitelektroden für das Kohlelichtbogenschweißen und Druckluftfugenhobeln, Wolframelektroden beim WIG- und Arcatomschweißen sowie beim WIG-Schneiden, wassergekühlte E.n aus Kupfer oder Kupferlegierungen beim Widerstandspunktschweißen.

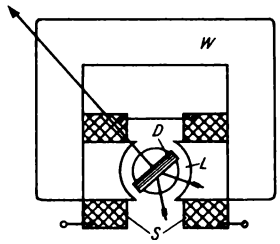
Elektrodessikation, → Elektrochirurgie.

Elektrodynamik, → Elektrizität.

elektrodynamisches Kreuzspulmeßwerk, → Leistungsfaktor.

Elektrodynamometer, elektrodynamisches Drehspulinstrument, ein elektrisches Meßinstrument, das bei Gleich- und Wechselstrom verwendet werden kann. Die Wirkungsweise entspricht der des → Drehspulinstrumentes, jedoch wird das Magnetfeld im Luftspalt L mittels einer zweiten feststehenden stromdurchflossenen Spule S anstatt eines Dauermagneten erzeugt. Das Instrument besitzt Luftdämpfung. Das Rückstellmoment wird von zwei Spiralfedern geliefert, die gleichzeitig der Drehspule D den Strom zuführen. Man unterscheidet Ausführungen mit Weicheisenkreis W, der wegen der Wirbelstromverluste aus hochpermeablen Blechen geschichtet wird, und eisenlose (nur für Präzisionsmeßgeräte). Das E. wird als Strom- und Spannungsmesser, als Wirkleistungsmesser und als Blindleistungsmesser verwendet. Als **Strommesser** und stromverbrauchenden **Spannungsmesser** setzt man E. hauptsächlich für Präzisionsmessungen des Effektivwertes von Wechselströmen bzw. -spannungen ein. Dabei werden die beiden Spulen parallel oder in Reihe geschaltet. Als **Wirkleistungsmesser** wird das E. für Präzisions- und Betriebsmessungen bei Gleich- und Wechselstrom verwendet.

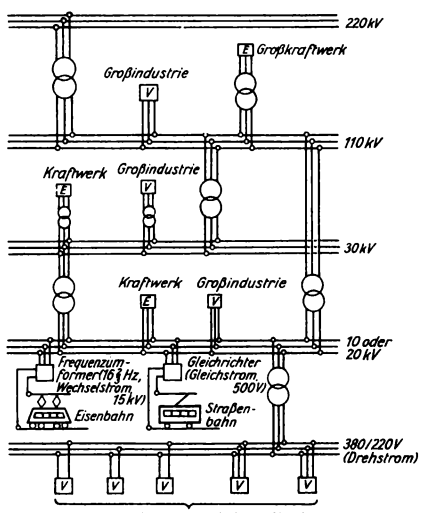
Dabei wird S in den Stromweg und D über einen Vorwiderstand an die Spannung gelegt. Als **Blindleistungsmesser** arbeitet das E. ähnlich wie als Wirkleistungsmesser, nur tritt hier an



Elektrodynamometer

die Stelle des Vorwiderstandes eine Schaltung, die die Phase um 90° dreht.

Elektroenergieversorgung, Elektrizitätsversorgung, die Gesamtheit der technischen und wirtschaftlichen Probleme und Aufgaben bei der bedarfsgerechten Bereitstellung von Elektroenergie für die verschiedenen Verbrauchergruppen (Industrie, Haushalte, Landwirtschaft u. a.). Zur E. gehören die Erzeugung, Übertragung und Verteilung der Elektroenergie. Die Erzeugung erfolgt in Kraftwerken mittels Drehstromgeneratoren mit Nennspannungen von 6,3, 10,5 und 15,75 kV. Zur Übertragung und Verteilung der Elektroenergie verwendet man Freileitungen und Kabel. Je größer die Entfernung zwischen dem Standort der Kraftwerke und den Verbraucherschwerpunkten ist, desto höher wählt man die Übertragungsspannung; sie kann 110, 220 und 380 kV (Hoch- bzw. Höchstspannung) betragen. In verschiedenen Ländern werden Versuche mit noch höheren Spannungen sowie mit hochgespanntem Gleichstrom zur Energieübertragung unternommen. Die Umwandlung von der Generatornennspannung auf die Übertragungsspannung erfolgt in Aufspanntransformatoren. Über die Leitungen gelangt die Elektroenergie in die Verbraucherzentren, in denen sie mit Hilfe von Transformatoren abgespannt wird. Die Übertragungsleitungen werden zusammengeschaltet als Verbundnetz betrieben, in das die Kraftwerke einspeisen (→ Verbundbetrieb). Diese Betriebsform ermöglicht es, auch bei Störungen in Kraftwerken und an Übertragungselementen Energielieferungsunterbrechungen bei den Abnehmern weitgehend zu vermeiden. Die Verteilung der Elektroenergie erfolgt in der Regel mit Spannungen von 10 oder 20 kV, seltener 30 kV (Mittelspannung). Die weitere Umwandlung richtet sich nach der bei den Abnehmern benötigten Gebrauchsspannung, in Ortsnetzen der öffentlichen Energieversorgung z. B. 380/220 V (Niederspannung), in Industrieanlagen 6000, 3000, 500, 660 V und 380/220 V. Als Stromarten werden vor allem Drehstrom und Einphasenwechselstrom sowie — nach Gleichrichtung — Gleichstrom verwendet. Die Elektroenergieabnehmer lassen sich nach der Art der Stromabnahme unterteilen in Abnehmer mit Hochspannungsanschluß, die aus dem Hoch- oder Mittelspannungsnetz beliefert werden, Umspannung und Verteilung aber selbst besorgen, und Abnehmer mit Niederspannungsanschluß, die meist mit der Gebrauchsspannung 380/220 V beliefert werden. An diese wird der Strom für große Motoren, Öfen u. dgl. dreiphasig (meist 380/220 V), für allgemeine Haushalt- und Kleinverbrauchszwecke einphasig (meist 220 V) übergeben. Letzteres geschieht heute meist dadurch, daß ein Außenleiter (eine der drei Drehstromphasen) als Stromzuführung und der Nulleiter (→ Dreiphasenstrom) als Rückführung dienen. Man teilt die Anschlüsse der einzelnen Häuser oder Straßenzüge auf die drei Phasen so auf, daß die Belastung der drei Phasen ungefähr gleich groß wird.



Elektroenergieversorgung: Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung der Elektroenergie. ⊖ Umspanner, V Verbraucher, E Erzeuger

An der Anschluß- bzw. Übergabestelle eines Elektroenergieabnehmers werden der Elektroenergieverbrauch mit Hilfe von Kilowattstundenzählern und vielfach auch die elektrische Höchstleistung gemessen. Zur Messung der Höchstleistung dienen spezielle Meßgeräte. Die Verrechnung der Elektroenergie erfolgt nach dem für die jeweilige Abnehmergruppe (Haushalte, Landwirtschaft, Gewerbe, Industrie) gültigen Tarif. Berücksichtigt wird neben der Energieverbrauchsmenge auch die höchste in Anspruch genommene elektrische Leistung, gemessen in kWh. Infolge des Tag- und Nachtrhythmus, der Lebensgewohnheiten der Menschen, der Arbeitszeiten u. ä. ergibt sich während der einzelnen Tages- und Nachtstunden ein unterschiedlicher Leistungsbedarf, der in der Tagesbelastungskurve (→ Belastung) zum Ausdruck kommt. Die Elektroenergie läßt sich nicht direkt speichern. Zu jedem Zeitpunkt müssen Verbrauch und Erzeugung übereinstimmen. Eine indirekte Speicherung ist in Akkumulatoren und — wirtschaftlich bedeutender — mittels Pumpspeicherwerken möglich.

Lit. Trapp-Habenicht-Rückert: Das Errichten elektrischer Anlagen (5. Aufl. Leipzig 1957); Hildebrand: Wirtschaftliche Energieversorgung (Leipzig 1965).

Elektroenzephalogramm, abg. **Eeg,** als Kurve dargestellter zeitlicher Verlauf von Hirnaktionsspannungen, die vom unverletzten Schädel abgeleitet werden. Das E. wird von einem → Elektroenzephalographen auf einem gleichmäßig ablaufenden Schreibstreifen aufgezeichnet oder von einem Elektroenzephaloskop auf einer Elektronenstrahlröhre sichtbar gemacht.

Ein E. setzt sich im wesentlichen aus folgenden Elementarwellen zusammen: Alphawellen, Frequenzbereich 8 bis 13 Hz (Hertz), Amplitude 40 bis 150 μV (Mikrovolt); Betawellen, Frequenzbereich 14 bis 50 Hz, Amplitude 10 bis 20 μV; Deltawellen: Frequenzbereich 0,5 bis 3,5 Hz, Amplitude 100 bis 200 μV; Thetawellen: Frequenzbereich 4 bis 7 Hz, Amplitude 50 bis 100 μV.

Lit. Kugler: Elektroenzephalographie in Klinik und Praxis (Stuttgart 1962); → medizinische Elektronik.

Elektroenzephalograph, abg. **Ee,** ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung von Hirnaktionsspannungen vom unverletzten Schädel und Aufzeichnung ihres zeitlichen Verlaufes (→ Elektroenzephalogramm). E.en bestehen aus Ableitelektroden, elektronischen Verstärkern und unterschiedlichen Registriersystemen (→ Elektrograph). Den E.en können elektronische Datenverarbeitungsgeräte bzw. Analysatoren nachgeschaltet werden.

Elektroerodieren, elektroerosive Metallbearbeitung (Tafel 28), ein Fertigungsverfahren, das Abtragen kleiner Werkstoffteilchen durch periodische Entladungen (Lichtbogen oder Funken) zwischen zwei Elektroden (Werkzeug und Werkstück) innerhalb einer dielektrischen Flüssigkeit. Der Werkstoff der Werkzeugelektrode braucht nicht wie sonst bei spanenden Verfahren härter zu sein als der zu bearbeitende Werkstückstoff. Beim *Lichtbogenverfahren* erfolgt das Abtragen durch aufeinanderfolgende, zeitlich getrennte stationäre elektrische Entladung. Für eine genaue Bearbeitung ist dieses Verfahren nicht geeignet. Beim *Funkenerodieren* handelt es sich um aufeinanderfolgende, zeitlich voneinander getrennte, nicht stationäre elektrische Entladungen. (Abb.)

Das E. kann als elektroerosives Senken, Bohren, Gravieren, Schleifen, Schneiden (Flach-, Scheiben- oder Bandelektrode) zur Anwendung kommen. Als Elektrodenmaterial werden üblicherweise Kupfer, Messing, Wolfram, Graphit, Sinterlegierungen, Kupfer-Graphit und Grauguß benutzt. Dielektrische Flüssigkeiten sind destilliertes Wasser, Paraffin, Trafo-, Diesel- und Automatenöl oder Petroleum. Das E. wird vor allem bei Werkstücken aus Hartmetall, gehärtetem Stahl und harten, zähen und schwer bearbeitbaren Stahlsonderlegierungen angewendet.

Lit. Chudoba: Elektroerosive Metallbearbeitung (dtsch Berlin 1953); Liwschiz: Elektroerosive Metallbearbeitung (dtsch Berlin 1959); Solotych: Physikalische Grundlagen der Elektrofunken-Bearbeitung von Metallen (dtsch Berlin 1955).

elektroerosive Metallbearbeitung, svw. → Elektroerodieren.

Elektrofahrzeug, ein elektromotorisch angetriebenes Schienen-, Straßen- oder Wasserfahrzeug mit eigenem Energiespeicher (→ Speichertriebfahrzeug) oder Fremdeinspeisung. Zu den E.en gehören elektrische → Lokomotiven und elektrische → Triebwagen, Obusse (→ Omnibus), → Elektrostraßenfahrzeuge und Schiffe mit elektrischem Antrieb, ausgenommen alle Fahrzeuge mit dieselelektrischem Antrieb.

Elektrofilter, eine Einrichtung zur Entstaubung und Entteerung von Gasen, z. B. zur Entstaubung von Rauch- und Gichtgasen, zur Entteerung von Ent- und Vergasungsgasen und zur Entfernung von Säurenebeln aus Gasen. E. arbeiten mit hochgespanntem Gleichstrom bei Spannungen zwischen 30 und 60 kV. Mittels einer Sprühelektrode werden die Staubteilchen oder Flüssigkeitsnebel negativ aufgeladen und wandern unter dem Einfluß des elektrischen Feldes nach der positiven zylinder- oder plattenförmigen Elektrode, wo sie niedergeschlagen und entladen werden. Die Entstaubung und Entteerung mit E.n wird auch als **elektrische Gasreinigung** (abg. **EGR-Verfahren**) oder **Cottrell-Möller-Verfahren** bezeichnet.

Elektrofischerei, → Fischfangmethoden.

Elektroflaschenzug, Elektrozug, ein Hebezeug zum Heben oder Senken von Einzellasten. Der E. ist in der Grundkonzeption eine elektrisch angetriebene Seilwinde (→ Winde) und besteht aus Antriebsmotor, Bremse, Untersetzungsgetriebe und Seiltrommel. Je nach Bauart sind diese Elemente nebeneinander angeordnet, oder Untersetzungsgetriebe und Antriebsmotor sind innerhalb der Seiltrommel eingebaut. Der Antrieb erfolgt meist durch einen Verschiebeankermotor. Elektroflaschenzüge werden für Tragkräfte bis 10 Mp hergestellt, sie sind stationär aufgehängt oder mit Fahrwerken ausgerüstet und dann von Hand oder durch elektrischen Antrieb verfahrbar. Elektroflaschenzüge werden als Laufkatzen für Hängebahnen oder Hängekrane verwendet.

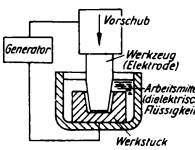
Elektrograph, ein Gerät zur Registrierung elektrischer Meßgrößen, insbesondere der → Bioelektrograph als ein medizinisch-elektronisches Gerät.

Elektrogyroantrieb, svw. → Gyroantrieb.

Elektroheilkrampf, → Reizstromgerät.

Elektrokapillarität, Bezeichnung für die Abhängigkeit der Grenzflächenspannung von der Potentialdifferenz zwischen den Phasen. Auf der Erscheinung der E. basiert die Ausarbeitung Heyrovskýs über → Polarographie.

Elektrokapillarkurve, eine Kurve, die den Zusammenhang zwischen der mechanischen Grenzflächenspannung eines Zweiphasensystems (z. B. Quecksilber und eine Lösung) und der elektrischen Potentialdifferenz wiedergibt.



Prinzip des Elektroerodierens

Elektrokardiogramm, abg. **Ekg,** als Kurve dargestellter zeitlicher Verlauf von Herzaktionsspannungen bzw. von deren Komponenten. Das E. wird von einem → Elektrokardiograph auf einem gleichmäßig ablaufenden Schreibstreifen aufgezeichnet oder von einem Elektrokardioskop auf einer Elektronenstrahlröhre sichtbar gemacht. Je nach der Lage der Ableitelektroden unterscheidet man Präkardial-, Endokardial-E. usw.

E.e sind von hohem diagnostischem Wert. Die Deutung der Zackenformen und -abstände erlaubt es dem geschulten Arzt, meist im Zusammenhang mit anderen Symptomen Aussagen über Funktion, Zustand, Lage und Form des Herzens zu machen.

Elektrokardiograph, abg. **Ek,** ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung von Herzaktionsspannungen und Aufzeichnung ihres zeitlichen Verlaufes (→ Elektrokardiogramm). Man unterscheidet **Einfach- (Einkanal-)** und **Mehrfach- (Mehrkanal-) E.en,** je nachdem, ob nur eine oder gleichzeitig mehrere Aktionsspannungskurven geschrieben werden können. **Vektor-E.en (Vektorkardiographen,** abg. **Vk)** dienen zur gleichzeitigen bzw. kombinierten Aufzeichnung von Herzaktionsspannungen von mehreren räumlich versetzten Ableitpunkten zum Zwecke der Ermittlung der räumlichen Lage des Integralvektors, d. h. des momentanen, resultierenden Spannungsvektors, der durch geometrische Addition der bei Erregung der Muskelfasern des Herzens auf Grund elektrischer Potentialdifferenzen zwischen erregten und unerregten Stellen definierten Elementarspannungsvektoren entsteht. Ein **Stereo-E.** ist ein Vektorkardiograph, der die simultane Aufzeichnung zweier Vektor-Kardiogramme zum Zwecke der stereoskopischen Betrachtung ermöglicht. **Katodenstrahl-E.en** enthalten als Sichtteil einen Katodenstrahloszillographen.

Alle modernen E.en bestehen aus Ableitelektroden, elektronischen Verstärkern und unterschiedlichen Registriersystemen (→ Bioelektrograph). Es gibt eine Vielzahl von genormten Ableitungsarten, die alle verschiedene Ableitpunkteschemata verwenden und zu unterschiedlichen Elektrokardiogrammen führen.

Den E.en können elektronische Datenverarbeitungsgeräte bzw. Datenanalysatoren nachgeschaltet werden.

Elektrokardiostimulator, ein → elektronisches Herzreizgerät.

Elektrokardiotachometer, ein medizinisch-elektronisches Gerät zum Messen und Anzeigen

bzw. zum Messen und Registrieren (**Elektrokardiotachograph**) der Herzschlagfrequenz. Sie erfolgt vorwiegend durch Auswertung der Herzaktionsspannung oder durch photoelektrische Abtastung im Blutkreislauf befindlicher Organe. Beim integrierenden E. bzw. Elektrokardiotachographen wird über Zeiten integriert, die größer sind als die Herzperiode. Im Gegensatz dazu ist das **Momentanelektrokardiotachometer** (abg. **M-Kt**) bzw. der **Momentanelektrokardiotachograph** ein E. bzw. ein Elektrokardiotachograph zum Messen und Anzeigen bzw. Registrieren der momentanen Herzfrequenz durch meßtechnische Auswertung jeder einzelnen Periode der Herzaktion. Elektrokardiotachographen bestehen aus Ableitelektroden bzw. Meßwandlern, elektronischen Baugruppen zur Verstärkung und Frequenzmessung (Zählschaltungen usw.) und unterschiedlichen Registriersystemen. Außerdem können sie mit Alarmeinrichtungen versehen und mit Einrichtungen zur medizinischen Telemetrie oder zur elektronischen Datenverarbeitung kombiniert sein. E. sind wie Elektrokardiotachographen aufgebaut, besitzen aber kein Registriersystem, sondern nur ein Anzeigeinstrument oder andere Anzeigevorrichtungen.

Das Ergebnis der Kardiotachographie ist ein *Kardiotachogramm* (abg. Ktg), ein in einem Frequenz-Zeit-Diagramm dargestellter Verlauf der Herzfrequenz. Die Darstellung der Zeitfunktion kann als geschlossener Kurvenzug erfolgen. Ein *Momentankardiotachogramm* (abg. M-Ktg) ist ein in einem Frequenz -Zeit-Diagramm dargestellter Verlauf der momentanen Herzfrequenz.

Elektrokaustik, svw. → Elektrochirurgie.

Elektrokeramik, Sammelbezeichnung für die in der Elektrotechnik angewandten keramischen Werkstoffe (→ Keramik). Es werden verwendet: 1) als Isolator für Hoch- und Niederspannung → Porzellan, für Hochfrequenz Sondersteatit (→ Calit, Frequenta), für Elektrowärme → Steatit u. a. magnesiumoxidhaltige (cordierithaltige) Massen (→ Ardostan, Sipa); 2) als Wandler von elektrischen in mechanische Schwingungen und umgekehrt → Piezolan; 3) als Dielektrikum für Kondensatoren → Condensa, → Epsilan, → Tempa, Kerafar; 4) als Magnetika für Hochfrequenz weichmagnetische Ferrite (→ Manifer, Ferroxcube), als Dauermagnete hartmagnetisches Bariumferrit (→ Maniperm, Ferroxdur); 5) als Heißleiter für Regelzwecke Magnesiumtitanoxid-Spinell, Ferrite oder Urandioxid.

elektrokinetische Erscheinungen, bestimmte Erscheinungen an der Phasengrenze fest/flüssig. Es kann sich auf Grund einer angelegten Spannung bzw. des damit verbundenen elektrischen Feldes die eine Phase gegenüber der anderen bewegen, umgekehrt kann durch Bewegung der beiden Phasen gegeneinander eine meßbare Spannung erzeugt werden. Zu den e.n E. zählen die → Elektrophorese, das → elektrophoretische Potential, die → Elektroosmose, das → Strömungspotential.

Elektrokoagulation, → Elektrochirurgie.

Elektrokortikograph, Elektrocorticograph, abg. **Ec,** ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung von Hirnaktionsspannungen, wobei die Ableitelektroden mit dem Gehirn in direkter Verbindung stehen, und Aufzeichnung ihres zeitlichen Verlaufs als Kurve (Elektrokortikogramm). Weiteres → Bioelektrograph.

Elektrolumineszenzstrahler, svw. → Leuchtkondensator.

Elektrolunge (nicht zu verwechseln mit → Eiserner Lunge), ein spezielles Reizstromgerät zur Ausübung der direkten oder indirekten Elektrobeatmung, eines Verfahrens zur elektrischen Reizung der Atemmuskulatur. Diese erfolgt entweder direkt mit Hilfe elektrischer Reizströme, die über die entsprechenden Reizpunkte eine Erregung der Atemmuskulatur auslösen, oder indirekt durch Auslösung einer Erregung über die Reizpunkte des zum entsprechenden Nerv-Muskelsystem gehörenden motorischen Nerven, wobei die Reizung des Muskels vom Nerven aus erfolgt.

Eine E. besteht im wesentlichen aus einem elektrischen Impulsgenerator, Bedienungselementen, einem Meßkreis und einem Patientenkreis mit den entsprechenden Reizelektroden. Die E. wird z. B. zur Aufrechterhaltung der Atmung bei partiell gelähmter Atemmuskulatur angewendet.

Elektrolyse (Tafel 27), Zersetzung von Elektrolyten mit Hilfe des elektrischen Stromes. Es handelt sich dabei um Reduktions-Oxydationsvorgänge, die sich an den → Elektroden, die mit einer Gleichspannungsquelle verbunden sind und in eine Schmelze oder Flüssigkeit eintauchen, abspielen. An der Katode (− Pol) findet der Reduktionsvorgang, an der Anode (+ Pol) der Oxydationsvorgang statt.

Beispiele für katodische Reduktionen:

1) Reduktion von Kationen

$Na^+ + e \rightarrow Na$

$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$

$2H^+ + 2e \rightarrow H_2$

$Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$

2) Reduktion neutraler Moleküle

$Cl_2 + 2e \rightarrow 2Cl^-$

$O_2 + 4H^+ + 4e \rightarrow 2H_2O$

3) Reduktion von Anionen

$NO_3^- + 2e + 2H^+ \rightarrow NO_2^- + H_2O$

Beispiele für anodische Oxydationen:

1) Oxydation von Metallen und Kationen

$Ag \rightarrow Ag^+ + e$

$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e$

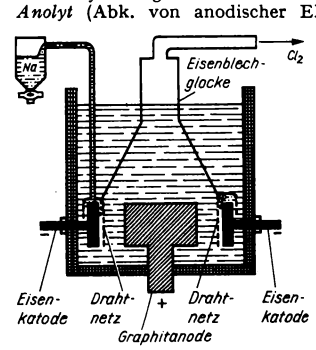
2) Oxydation von neutralen Molekülen

$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e$

3) Oxydation von Anionen

$2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e$

Bei der E. finden stets beide Vorgänge statt, da die bei der Oxydation an der Anode abgegebenen Elektronen über die Spannungsquelle zur Katode gelangen, um hier für den Reduktionsvorgang zur Verfügung zu stehen. Wenn z. B. eine Natriumchloridschmelze elektrolysiert wird, so werden an der Anode Chloridionen zu Chlor oxydiert und an der Katode äquivalente Mengen Natriumionen zu metallischem Natrium reduziert (Abb.). Bei der E. von Lösungen laufen die Vorgänge nicht immer eindeutig ab (→ Chloralkalielektrolyse). Bei den meisten Elektrolyseverfahren werden der Katoden- und der Anodenraum durch ein Diaphragma getrennt. Die Elektrolytlösung im Bereich der Katode bezeichnet man als *Katolyt* (Abk. von katodischer Elektrolyt), die Elektrolytlösung im Bereich der Anode als *Anolyt* (Abk. von anodischer Elektrolyt). Die



Downs-Zelle zur Schmelzflußelektrolyse von Natriumchlorid

Beziehung zwischen der umgesetzten Stoffmenge und der benötigten Elektrizitätsmenge wird durch die → Faradayschen Gesetze ausgedrückt. Damit die E. ablaufen kann, ist eine Mindestspannung erforderlich, die *Zersetzungsspannung*. Sie ist abhängig von der Art des Stoffes, von der Temperatur und vom Elektrodenmaterial. Erklärt wird diese Tatsache durch das Auftreten von Polarisations- und Überspannungen, die der von außen angelegten Spannung entgegengesetzt gerichtet sind und die überwunden werden müssen (→ Polarisation, → Überspannung).

Die E. wird in der chemischen Industrie angewendet 1) zur Gewinnung von Alkalilaugen (bes. Natronlauge), Chlor und Wasserstoff (→ Chloralkalielektrolyse) sowie Sauerstoff und Peroxidverbindungen; 2) zur Gewinnung oder Raffination von Metallen (Elektrolytmetalle), → Elektrometallurgie; 3) zur Herstellung von metallischen Überzügen (Galvanostegie) und metallischen Kopien von einem Gegenstand (Galvanoplastik) sowie zum Polieren, Beizen, Entmetallisieren und Ätzen (→ Galvanotechnik). In der analytischen Chemie beruhen auf der E. die Verfahren der Elektrogravimetrie, Polarographie, Amperometrie und Coulometrie.

Lit. Billiter: Neuere Fortschritte der technischen E. (Halle 1930); Falkenhagen: Elektrolyse (2. Aufl. Leipzig 1954); Schwabe: Periodische Erscheinungen bei der anodischen Auflösung des Zinks (Berlin 1954); Handb. der technischen Elektrochemie, hrsg. v. Eger Bd 1 u. 3 (Leipzig 1961 u. 1955); → Elektrometallurgie.

Elektrolyt, 1) ein Stoff, der in wäßriger Lösung oder im geschmolzenen Zustand mehr oder weniger vollständig in seine Ionen dissoziiert ist und durch Ionentransport den elektrischen Strom leitet.

2) das ionenleitende Medium zwischen zwei Elektroden.

elektrolytischer Zähler, ein → Elektrizitätszähler.

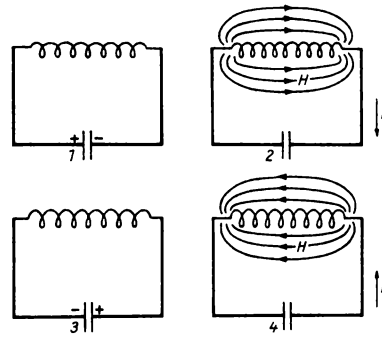
Elektromagnet, ein → Magnet.

elektromagnetische Energie, die Energie im → elektrischen Feld und magnetischen Feld (→ Magnetismus). — Wird eine Ladung e, z. B. ein Elektron, im elektrischen Feld beschleunigt, so erreicht sie nach Durchlaufen der Spannung U die Energie U_e. Handelt es sich nicht um ein einzelnes Elektron, sondern um einen Strom der Stärke I, so ist die in der Zeit t transportierte Ladung $I \cdot t$, und man erhält für die Energie wie oben $U \cdot I \cdot t$ (in Wattsekunden), wenn U in Volt, I in Ampere und t in Sekunden gemessen werden.

Im elektrischen Feld ist sinngemäß für U die elektrische Feldstärke E und für die Ladung e die elektrische Verschiebung D zu setzen. Man erhält damit für die Energie W_{el} in der Volumeneinheit $W_{el} = 1/2\, ED$. Im Magnetfeld gilt die entsprechende Gleichung mit der magnetischen Induktion B an Stelle von E und mit der magnetischen Feldstärke H an Stelle von D. $W_m = 1/2\, BH$. Ein elektromagnetisches Feld besitzt also in der Volumeneinheit die Energie $W = W_{el} + W_m = 1/2\, ED + 1/2\, BH$. Man erhält W in $\mathrm{J\,m^{-3}} = \mathrm{Ws\,m^{-3}}$, wenn E in $\mathrm{V\,m^{-1}}$, D in $\mathrm{C\,m^{-2}}$, B in $\mathrm{Vs\,m^{-2}}$ und H in $\mathrm{A\,m^{-1}}$ gemessen werden. Die Umrechnung auf andere Energiegrößen ergibt 10^7 erg = 1 J = 1 Ws = 0,239 cal (→ Elektrowärme).

elektromagnetische Schwingungen, elektromagnetische Wellen, die periodischen Zustandsänderungen des elektromagnetischen Feldes (→ Elektromagnetismus).

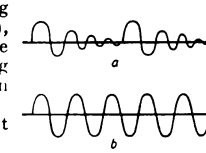
Man kann eine e. Schwingung am einfachsten in einem Schwing(ungs)kreis erzeugen, d. i. ein aus einem Kondensator und einer Spule bestehender Stromkreis. Wird in ihm durch Induktion ein kurzer Stromstoß erzeugt, so lädt sich zunächst der Kondensator auf (Phase 1, Abb. 1). Sobald die induzierte Spannung nicht mehr wirkt, gleicht sich die Ladung des Kondensators wieder aus, d. h., es fließt ein Strom von der positiven zur negativen Platte. Dieser Strom ruft aber in der Spule ein Magnetfeld hervor (Phase 2), → Elektromagnetismus. Wenn sich die Ladung ausgeglichen hat, hört der Strom auf zu fließen. Das



1 Die verschiedenen Phasen der Schwingungen in einem elektrischen Schwingkreis. *H* magnetische Feldstärke, *i* Stromfluß

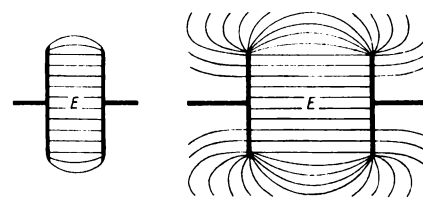
Magnetfeld bricht ebenfalls zusammen. Hierdurch wird jedoch nach dem Induktionsgesetz wieder eine Spannung erzeugt, die erneut den Kondensator — diesmal entgegengesetzt — auflädt (Phase 3), so daß wieder alles von vorn anfängt (Phase 4, dann wieder 1, 2 usw.). Die Schwingung hört jedoch bald auf (sie ist gedämpft, Abb. 2), da durch den Strom Wärme erzeugt und dabei die Energie verbraucht wird. Um die Schwingung dauernd in Gang zu halten, muß stets im rechten Moment wieder Energie zugeführt werden.

Die Frequenz eines solchen Schwingkreises ist bei vernachlässigbarer Dämpfung $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$, wobei L die Induktivität der Spule in Henry, C die Kapazität des Kondensators in Farad ist. Die Frequenz f wird in Hertz (Hz) gemessen.



2 Darstellung von gedämpften Schwingungen (*a*) und ungedämpften Schwingungen (*b*)

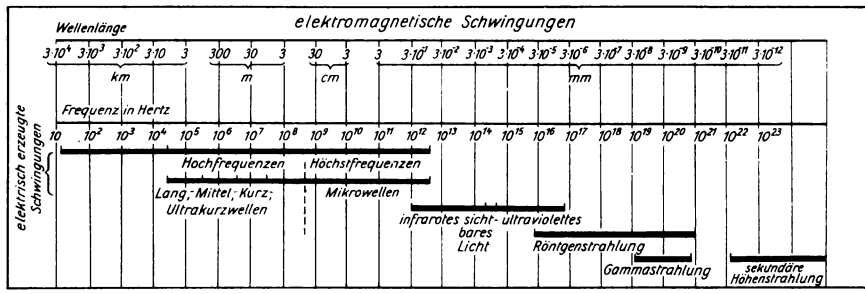
Verbindet man die Kondensatorplatten mit den Polen eines Induktors, so wird bei jedem Stromstoß des Induktors, d. h. bei jeder Unterbrechung des Primärstroms, der Kondensator neu aufgeladen und ein neuer Schwingungszug ausgelöst; es entstehen also Folgen gedämpfter Schwingungen, die jedesmal einen Teil der zwischen zwei Induktorentladungen verstreichenden Zeit ausfüllen. Ungedämpfte Schwingungen erhält man entweder mit Hochfrequenz-Wechselstrom-Maschinen oder, bei höherer Frequenz fast ausschließlich, mit der → Elektronenröhre.



3 Übergang vom Plattenkondensator zur Antenne. *E* elektrische Feldstärkelinien

Zieht man die Kondensatorplatten immer weiter auseinander, so wird das elektrische Feld zwischen den Platten immer mehr streuen. Führt man schließlich die erste Platte als langen Stab aus und verwendet als zweite Platte die Erde, so hat man eine → Antenne (Abb. 3). Mit ihr können

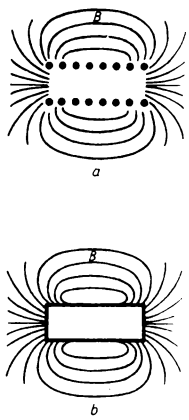
e. S. in den sie umgebenden Raum ausgestrahlt werden, denn hier werden wieder elektrische und magnetische Wechselfelder periodisch hervorgerufen, die sich im Vakuum mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. An einer anderen Stelle kann man sie wieder durch eine Antenne mit Schwingkreis empfangen (→ Rundfunktechnik). In anderen Medien ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit kleiner; sie hängt vom Brechungsindex ab.



1 Elektromagnetisches Spektrum

Zu den e. S. gehören außer den langen Wellen, deren Erzeugung beschrieben wurde, noch wesentlich kürzere Wellen, die Gammastrahlen, die Röntgenstrahlen, das sichtbare Licht. Die Unterschiede in den Arten der Strahlungen — in den Farben — beruhen also auf der unterschiedlichen Wellenlänge λ bzw. Frequenz f. Das Produkt $\lambda \cdot f$ ist die Geschwindigkeit aller elektromagnetischen Wellen und im Vakuum gleich der Lichtgeschwindigkeit.

Nach der Entstehung der e.n S. unterscheidet man zwei Gruppen: 1) die kürzerwelligen, als Licht bezeichneten e.n S. vom Infrarot bis zu den Gammastrahlen. Sie entstehen durch Elektronensprünge in Atomen oder Molekülen oder durch Änderung der Rotations- oder Schwingungsenergie der Moleküle; 2) die längerwelligen, als **elektrische Schwingungen** im engeren Sinne bezeichneten e.n S. von den Millimeterwellen bis zum Wechselstrom. Sie werden mit elektronischen Hilfsmitteln erzeugt (Wechselstromgeneratoren, Röhrensender mit Schwingkreisen, für kürzeste Wellen Laufzeitröhren mit Topfkreisen u. a.).



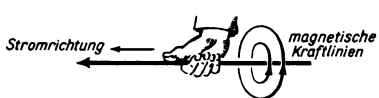
2 Verlauf der magnetischen Feldlinien im Äußeren von stromdurchflossener Spule (*a*) und Stabmagnet (*b*). *B* magnetische Feldstärke

elektromagnetisches Wirbelfeld, → elektrisches Feld.

elektromagnetische Wellen, svw. → elektromagnetische Schwingungen.

Elektromagnetismus, die Wechselbeziehungen zwischen Elektrizität und Magnetismus. Bei allen zeitlich veränderlichen elektrischen Vorgängen, z. B. bei wandernden Ladungen, d. h. bei elektrischen Strömen, bei sich ändernden elektrischen Feldern, entstehen Magnetfelder. Entsprechend erzeugen veränderliche Magnetfelder in Leitern Ströme, → Induktion 2).

Ein stromdurchflossener Leiter ist von ringförmigen magnetischen Feldlinien umgeben. Sie verlaufen, in Richtung des Stromes gesehen, im Rechtsschraubensinn (*Rechtefaustregel*, Abb. 1).



1 Rechtefaustregel

Wickelt man einen solchen stromführenden Leiter zu einer Spule auf, so setzen sich die Vektoren der magnetischen Feldstärke derart zusammen, daß das Feld der Spule ungefähr dem eines Stabmagneten gleicht (Abb. 2). Solche Spulen, die außerdem zur Verstärkung des magnetischen Flusses mit einem Eisenkern versehen sind, verwendet man deshalb als Elektromagneten.

Befindet sich ein geschlossener Leiterkreis in einem veränderlichen Magnetfeld, so wird bei jeder Änderung des magnetischen Kraftflusses durch den Leiterkreis in diesem eine Spannung und damit ein Strom induziert. Den magnetischen Kraftfluß kann man z. B. durch Drehen des Leiterkreises im Feld ändern. Letzteres ist das Prinzip aller elektrischen Generatoren und Motoren. Der entstehende Strom ist so gerichtet, daß das von ihm herrührende Magnetfeld die Bewegung zu hemmen sucht (Lenzsche Regel).

Wenn die beiden Vorgänge — Induktion eines Stromes durch sich änderndes Magnetfeld, Entstehung eines Magnetfeldes durch einen Strom — zusammenwirken, können elektromagnetische Schwingungen entstehen. Allgemein entsteht bei jeder Änderung eines elektrischen Feldes ein magnetisches Feld und umgekehrt. Die Aufeinanderfolge dieser wechselseitigen Feldänderungen ist eine elektromagnetische Welle.

Für diese Wechselbeziehungen zwischen Elektrizität und Magnetismus gelten zwei Grundgleichungen. 1) **Ampèresches Gesetz:** Ein elektrischer Strom ruft ein ihm proportionales Magnetfeld hervor, dessen Richtung mit der des Stromes eine Rechtsschraube bildet. 2) **Faradaysches Induktionsgesetz:** Die Änderung des magnetischen Flusses durch eine Fläche A ruft eine ihr bis auf das Vorzeichen gleiche Spannung auf der Berandung von A hervor.

Quantitativ in Gleichungen ausgedrückt lauten die Gesetze — alle folgenden Beziehungen im praktischen Maßsystem —

$$\iint E\,da = \oint H\,ds$$

$$\frac{d}{dt}\iint B\,da = -\oint E\,ds$$

Hierin bedeutet $\iint (E\,da)$ den Strom durch die Fläche A mit $(E\,da)$ als Strom durch ein sehr kleines Flächenstück da; hierzu ist außer der Stromdichte S (Strom/Flächeneinheit) auch die Verschiebungsstromdichte $\frac{dD}{dt}$ zu rechnen, also

$$E = S + \frac{dD}{dt}.$$

Ferner bedeuten H die magnetische Feldstärke, B die magnetische Flußdichte, $\iint (B\,da)$ den magnetischen Fluß durch die Fläche A, $\oint (E\,ds)$ die Spannung auf der Berandung von A, E die elektrische Feldstärke und ds ein sehr kleines Stück der Berandung von A; t ist die Zeit. Zu diesen beiden Gleichungen fügt man noch drei weitere Tatsachen: 1) die Konstanz der Ladung e, 2) das Fehlen freier Magnetpole, 3) die Konstanz der Ausbreitungsgeschwindigkeit c elektromagnetischer Wellen im Vakuum (der Lichtgeschwindigkeit). Dadurch erhält man das System der **Max-**

wellschen Gleichungen, das alle Erscheinungen der Elektrizität und des Magnetismus erfaßt:

$\frac{d}{dt}\iint_A (B\ da) = \oint (E\ ds)$ Induktionsgesetz,

$\iint_A (E\ da = \oint (H\ ds)$ Ampèresches Gesetz,

$\oiint (D\ da) = e$ Konstanz der Ladung,

$\oiint (B\ da) = 0$ Fehlen freier Magnetpole,

$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

ε_0 und μ_0 sind Dielektrizitätskonstante und Permeabilität des Vakuums. $\oiint$ bedeutet Integration über eine geschlossene Fläche, analog wie $\oint$ für Integration über eine geschlossene Kurve steht. Über den Zusammenhang zwischen D und E → elektrische Verschiebung, zwischen H und B → magnetische Induktion. Die Gesetze der Elektrostatik und Magnetostatik, also der einzigen Gebiete der Elektrizitätslehre und des Magnetismus, in denen elektrische und magnetische Felder nicht gekoppelt vorkommen, folgen als einfachste Grenzfälle aus den Maxwellschen Gleichungen.

Nicht nur elektrische und magnetische Erscheinungen werden von diesen Gleichungen erfaßt, sondern auch optische. Es zeigte sich nämlich bei Versuchen von Hertz, daß Licht eine elektromagnetische Strahlung (→ elektromagnetische Schwingungen) ist. Dadurch erklärt sich z. B. auch, daß die Polarisationsebene von Licht, das durch ein Magnetfeld läuft, gedreht wird (→ Faraday-Effekt). Alle Gesetze der Optik, wie Reflexionsgesetz, Berechnungsgesetz usw., kann man aus den Maxwellschen Gleichungen ableiten.

Lit. → Elektrizität.

Elektromedizin, umfaßt die Anwendung elektrischer Ströme für diagnostische und therapeutische Zwecke. Die **Elektrodiagnostik** bedeutet im erweiterten Sinne die Untersuchung biologischer Objekte mit Hilfe medizinisch-elektronischer Geräte insbesondere zur Erfassung von Organerkrankungen und -anomalien. Die **Elektrotherapie** bedeutet im erweiterten Sinne die Behandlung von Krankheiten mit Hilfe medizinisch-elektronischer Geräte.

Der klassische Begriff E. hatte ursprünglich mehr die Bedeutung des allgemeinen Begriffes **Elektrobiologie** in bezug auf die Medizin. Es handelt sich dabei um die Erfassung, Darstellung und Auswertung bzw. Anwendung der mit biologischen Objekten im Zusammenhang stehenden rein elektrischen Erscheinungen.

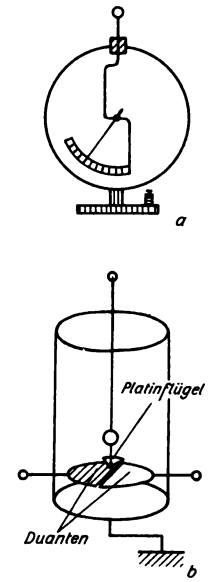
Elektrometallurgie, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Verfahren der Metallgewinnung und -raffination mittels Elektroenergie. Man unterscheidet 1) **elektrothermische Verfahren,** bei denen die elektrische Energie in Wärmeenergie umgewandelt und im → Elektroofen genutzt wird; 2) **elektrochemische Verfahren,** bei denen Elektroenergie in chemische Energie verwandelt wird (→ Elektrolyse). Die elektrochemischen Verfahren kann man einteilen in Gewinnungselektrolyse, bei der im wäßrigen oder geschmolzenen Elektrolyten lösliche Verbindungen unter Metallabscheidung zerlegt werden, und Raffinationselektrolyse, bei der unreines Metall als Anode geschaltet wird. Dieses löst sich bei Stromdurchgang und scheidet sich in reiner Form an der Katode ab, während die Verunreinigungen entweder nicht löslich sind (→ Anodenschlamm) oder gelöst, aber nicht mit abgeschieden werden. Die elektrochemisch raffinierten Metalle werden als *Elektrolytmetalle* bezeichnet.

Lit. Agejenkow u. Kakowski: E. der wäßrigen Lösungen (dtsch Berlin 1952).

Elektrometer, ein elektrisches Meßinstrument zum Messen von Gleich- und Wechselspannungen. Beim E. werden die elektrostatischen Kraftwirkungen zwischen elektrisch geladenen Metallelektroden ausgenutzt (→ Coulombsches Gesetz). Der Ausschlag ist abhängig von den Effektivwerten der angelegten Spannungen.

Das **Braunsche E.** nutzt die Kraftwirkung zwischen einer beweglichen Nadel und dem Gehäuse aus, die sich infolge der angelegten Spannung entgegengesetzt aufladen. Es zeichnet sich durch einfachen Aufbau aus und wird insbesondere in der Hochspannungstechnik verwendet. Einen Spezialfall stellt das → Elektroskop dar. Um die Empfindlichkeit zu steigern, verwendet man bei den **Duanten-** und **Quadrantenelektrometern** zusätzliche Elektroden, die an Hilfsspannungen gelegt werden. Beim **Hoffmannschen Duantenelektrometer** ist der bewegliche Teil ein dünner Platinflügel, der an einem Faden über den entgegengesetzt geladenen Duanten hängt. Das Quadrantenelektrometer hat einen zweigeteilten Flügel und vier feste Platten oder Kammern, von denen je zwei miteinander elektrisch verbunden sind. Die Auslenkung wird wie beim Galvanometer mittels Spiegel und Lichtstrahl auf einer Skale sichtbar gemacht. Diese Instrumente lassen sich auch als elektrische Leistungsmesser verwenden.

Fadenelektrometer arbeiten nach dem gleichen Prinzip wie die Duantenelektrometer. An die Stelle des Flügels tritt ein Metalldraht, der zwischen parallelen Metallplatten ausgespannt ist. Die Auslenkung des Fadens wird mit einer Mikroskopoptik betrachtet, die mit einer Okularskale versehen ist. Infolge der geringen Kapazität können die Fadenelektrometer auch bei hohen Frequenzen verwendet werden. Spezialausführungen werden in der Strahlungsmeßtechnik benutzt.



Elektrometer: *a* Braunsches Elektrometer, *b* Duantenelektrometer

Elektrometerröhre, eine Elektronenröhre — meist in Form einer Triode — mit einem besonders hohen Isolationswiderstand zwischen Katode und Steuerelektrode. Der Gitterstrom wird durch sehr lange Isolationswege und durch Benutzung von Anodenspannungen, die kleiner als 10 V sind (zur Vermeidung von Stoßionisation der restlichen Gasmoleküle), auf etwa 10^{-15} A herabgedrückt, so daß Gitterableitwiderstände bis 10^{14} Ω möglich sind. Bei einigen E.n werden Raumladegitter verwendet; bei einigen anderen Typen ist das Steuergitter als Platte ausgebildet, die auf der anderen Seite des Heizfadens der Anode gegenüberliegt (Zweiplattenröhre). E.n werden zur Messung und Verstärkung sehr kleiner Gleichströme und -spannungen sowie kleiner Ladungen, vor allem bei hohen Innenwiderständen der Meßobjekte, verwendet.

Elektromotor, eine → elektrische Maschine.

elektromotorische Kraft, abg. **EMK,** die auf Grund chemischer Vorgänge oder veränderlicher Magnetfelder entstehende „Kraft" auf elektrische Ladungsträger (Elektronen). Sie wird in Form der **elektrischen Urspannung,** Zeichen e (Momentanwert), E (Effektivwert, Mittelwert), wirksam. Die von der e. K. hervorgerufene elektrische Urspannung ist bei elektrischen Energieerzeugern stets um den „inneren" Spannungsabfall höher als die Klemmenspannung: $E = U + I \cdot R_i$ (U = Klemmenspannung, I = Stromstärke, R_i = innerer Widerstand). Ist der Spannungsabfall am inneren Widerstand des Elektrizitätserzeugers vernachlässigbar oder die Stromquelle völlig unbelastet, dann stimmt die elektrische Urspannung mit der an den Klemmen gemessenen Spannung überein. Zur Messung der elektrischen Urspannung dürfen daher nur Spannungsmesser verwendet werden, die zur Anzeige keinen Strom verbrauchen, z. B. elektrostatische Meßinstrumente oder → Kompensatoren. Die e. K. der Normalelemente wird als Spannungsnormal benutzt.

Als **Gegen-EMK** wird die Ursache für die bei der Umformung von elektrischer Energie in eine andere Energie im elektrischen Kreis in Erscheinung tretende Spannung bezeichnet, die der umgeformten Energie zugeordnet ist und im Sinne einer Verkleinerung des Stromes wirkt. Sie entsteht bei elektrischen Maschinen im Motorbetrieb als induzierte Spannung, bei der Elektrolyse als galvanische Spannung.

Elektromyograph, abg. **Em**, ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung von Aktionsspannungen der Skelettmuskulatur und Aufzeichnung ihres zeitlichen Verlaufes (Elektromyogramm). E.en bestehen aus Ableitelektroden, elektronischen Verstärkern und verschiedenartigen Registriersystemen, → Bioelektrograph. In Verbindung mit E.en können als elektronische Zusatzgeräte **Elektromyointegratoren** zur Gewinnung des Myointegrals durch Integration von Muskel-Aktionsströmen verwendet werden. Das Myointegral ist ein in der Elektromyographie verwendetes Diagnostikum zur quantitativen Erfassung des Muskeltonus und anderer interessierender Größen. Es stellt die Gesamtheit der pro Minute gemessenen Muskelaktionsströme dar.

Elektron, 1) auch als **Negatron** bezeichnet, Zeichen e, e^- oder $\ominus$, ein leichtes Elementarteilchen, das zur Klasse der Leptonen gehört. Das E. hat eine Ruhmasse von 0,511 MeV, eine negative Ladung von $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C und eine spezifische Ladung von $1{,}759 \cdot 10^{8}$ C g^{-1}. Die Masse des E.s beträgt etwa $^1/_{1836}$ der Masse des Wasserstoffatoms. Der Durchmesser des E.s ist etwa 10^{-13}cm. Die negative Ladung des E.s wird als *Elementarladung* bezeichnet, weil alle in der Natur vorkommenden elektrischen Ladungen ganzzahlige Vielfache dieser Ladung sind. Das E. hat einen Spin vom Betrag $^1/_2$. Das magnetische Moment hat den Wert von 1 Bohrschen Magneton (→ Magneton). Das zum E. gehörige Antiteilchen ist das → Positron. Die Atomhülle ist aus E.en aufgebaut (→ Atom) und als solche für die chemischen Eigenschaften der Elemente und die Entstehung der Linienspektren verantwortlich. Bei den Molekülen bewirken E.en die Elektronenbandenspektren. E.en sind entscheidend für den Charakter der chemischen Bindung. Bei der metallischen Bindung sind die äußeren E.en so locker an das Atom gebunden, daß sie sich sehr leicht im Gitter bewegen können und so als **Leitungselektronen** den elektrischen Ladungstransport bei Anlegen einer äußeren Spannung übernehmen. Die Leitungselektronen bilden das **Elektronengas;** eine Temperaturerhöhung von außen kann bewirken, daß ihre kinetische Energie genügend ansteigt und sie den Metallverband als freie E.en verlassen (glühelektrischer Effekt). Außerdem lassen sich freie E.en durch Bestrahlung von Atomen oder Molekülen mit kurzwelligem Licht, durch schnell bewegte Atome oder Moleküle und als Katodenstrahlen erzeugen. Freie E.en treten weiterhin beim radioaktiven Zerfall als Betastrahlen auf. An E.en wurden für zwei wichtige physikalische Theorien die experimentellen Beweise erbracht: 1) Schnell bewegte E.en zeigen die von der Relativitätstheorie geforderte Massezunahme (Energie-Masse-Satz). 2) Bewegte E.en sind Materiewellen äquivalent, die durch Interferenzwirkungen nachgewiesen werden können (Anwendung im Elektronenmikroskop).

2) **Elektronmetall,** Sammelbezeichnung für Magnesium-Aluminium-Legierungen mit 5 bis 10 % Aluminium, Rest Magnesium. Sie werden wegen ihrer geringen Dichte und ihrer guten Festigkeitseigenschaften hauptsächlich im Flugzeug- und Fahrzeugbau eingesetzt.

Elektronenaustauscher, frühere Bezeichnung für → Redoxharze.

Elektronenbeugung, → Katodenstrahlung.

Elektronenblitzgerät, → Blitzlicht.

Elektronengas, → Elektronentheorie der Metalle, → Bindung 1).

Elektronengeräte, Geräte, die die Bewegung freier Elektronen im Hochvakuum oder in verdünnten Gasen unter dem Einfluß elektrischer und magnetischer Felder zu verschiedenen Zwekken ausnutzen. So dienen z. B. in Elektronenröhre, Photozelle und Sekundärelektronenvervielfacher (→ Sekundäremissionsvervielfacher) Elektronen als Stromträger, in der Röntgenröhre werden Elektronen abgebremst und ihre Energie in Strahlungsenergie umgewandelt. Elektronenstrahlen werden benutzt zum Aufschreiben in Katodenstrahloszillographen (→ Oszillograph) und Fernsehröhren, als Richtungsanzeiger im Elektronenkompaß (→ Kompaß), als Schaltelement im Elektronenstrahlschalter, als energiereiche Garbe zum Beschuß von Atomkernen im Betatron. Im Bildwandler, Elektronenmikroskop und Elektronenspiegelteleskop dienen die Elektronenstrahlen zur Abbildung analog der optischen Abbildung durch Linsen. E. zur Steuerung und Überwachung von technischen Anlagen, Elektronenrechengeräte (→ Rechenautomat), ferner Rundfunk- und Fernsehgeräte werden als **elektronische Geräte** bezeichnet.

Elektronenkanone, eine Anordnung zur Erzeugung eines stark gebündelten Elektronenstrahls. Die E. besteht aus Heizer, Katode, Fokussier- und Hilfselektroden; sie wird in Braunschen Röhren, Wanderfeldröhren u. a. verwendet.

Elektronenleitung, Leitung I. Ordnung, die Fähigkeit eines Stoffes, den elektrischen Strom infolge des Vorhandenseins freier oder locker gebundener Elektronen zu leiten. Diese freien oder locker gebundenen Elektronen sind eine Eigenart der Metallbindung (→ Bindung). Unterschied: → Ionenleitung.

E. findet man vorwiegend bei festen Metallen; bei geschmolzenen Metallen tritt daneben in ganz geringem Umfang auch Ionenleitung auf. Ferner sind Stoffe, die sich durch metallischen Glanz auszeichnen, wie Graphit, zahlreiche Metalloxide, -sulfide, -karbide, elektronenleitend. Die Metallverbindungen rechnet man meist zu den → Halbleitern, und zwar zu den Elektronenhalbleitern im weiteren Sinne. Elektronenhalbleiter im engeren Sinne sind die in der Technik gebräuchlichen elektronischen Halbleiter.

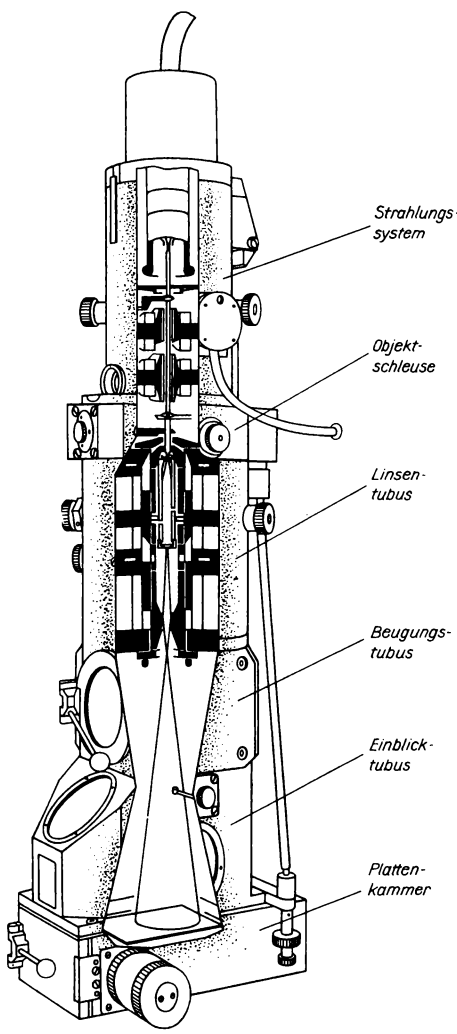
Elektronenlinsen, → Elektronenoptik.

Elektronenmasse, Kurzz. m_e, nicht gesetzliche Bezeichnung für die Ruhmasse des Elektrons. $1\ m_e = 9{,}108 \cdot 10^{-31}$ kg $= 9{,}108 \cdot 10^{-28}$ g.

Elektronenmikroskop (Tafel 52), **Übermikroskop,** ein auf der → Elektronenoptik beruhendes Gerät, das mit Hilfe von Elektronenstrahlen hochvergrößert abbildet. Beim Lichtmikroskop (→ Mikroskop) ist das Auflösungsvermögen auf etwa eine halbe Wellenlänge begrenzt, d. h. bei Verwendung sichtbaren Lichtes auf maximal 200 nm (Nanometer), bei ultraviolettem Licht auf 100 nm. Die förderlichen Vergrößerungen sind dementsprechend 1500- bzw. 3000fach. Mit den besten E.en erreicht man heute routinemäßig ein Auflösungsvermögen von 1 nm und im Einzelfall 0,5 nm, d. h. nahezu die durch Wellenlänge und unvermeidbare Linsenfehler vorgegebene theoretische Grenze. Die förderliche Vergrößerung geht bis 600 000fach.

Das E. in seiner normalen Form als **Durchstrahlungsmikroskop** entspricht in Aufbau, Strahlengang und Bezeichnung der Bauteile im wesentlichen einem als Projektionsmikroskop eingerichteten Lichtmikroskop. Zur Erzeugung des Linsenfeldes werden elektromagnetische Linsen (beim **elektromagnetischen E.**) mit besonderen Stromquellen hoher Konstanz oder elektrostatische Linsen (beim **elektrostatischen E.**) mit einem Hochspannungsgerät erregt. Dieses dient

außerdem zur Erzeugung der Elektronenstrahlen. Die von einem glühenden Wolframdraht ausgesandten Elektronen werden auf 40 bis 100 kV beschleunigt (Wellenlänge etwa 0,005 nm), durch die erste Linse, den Kondensor, konvergent gemacht und durch das Objekt geschickt. Danach laufen sie durch die zweite Linse, das Objektiv, das ein 20- bis 100fach vergrößertes Zwischenbild des Objekts entwirft. Ein kleiner Ausschnitt dieses Zwischenbildes wird durch eine dritte Linse, das Projektiv, weiter vergrößert. Da man die Elektronenstrahlen nicht direkt sehen kann, beobachtet man das Zwischenbild oder das vom Projektiv entworfene Endbild auf einem Leuchtschirm mit bloßem Auge oder durch ein vergrößerndes Beobachtungsmikroskop, oder man photographiert es direkt oder (seltener) vom Leuchtschirm ab. Moderne E.e haben 1 bis 2 Linsen als Kondensor und 3 bis 5 Linsen zur Abbildung. Zur Scharfeinstellung kann die Brennweite des Objektivs verändert werden. Es steht meist eine Reihe von Vergrößerungsstufen zur Verfügung, die durch Umschalten der Zwischenlinse(n) erreicht werden.



Strahlengang im Elektronenmikroskop (Elektronenoptische Anlage EF 4)

Damit die Ausbreitung der Elektronen nicht gestört wird und keine Gasentladungen auftreten, muß in der Röhre des E.s ein hohes Vakuum herrschen, in das die Objekte und das Photomaterial mit Hilfe von Schleusen eingeführt werden. Die E.e sind mit einer Hochvakuumpumpe verbunden und werden im Betrieb laufend evakuiert.

Außer der normalen Form des E.s als Durchstrahlungsmikroskop gibt es → Emissionsmikroskope, → Feldelektronenmikroskope, → Rastermikroskope und → Schattenmikroskope.

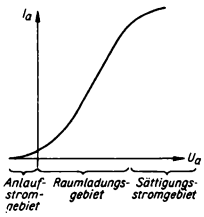
Anwendung. Das Vakuum und die große Bestrahlungsintensität verhindern die Beobachtung lebender Objekte. Die Eindringtiefe selbst schnellster Elektronen ist sehr gering (im Gegensatz zur Röntgenstrahlung), so daß man die Objekte nur dann direkt abbilden kann, wenn sie hinreichend dünn sind (0,01 bis 0,1 μm). Es können nur Trockenpräparate untersucht werden. Organisches Material wird nach geeigneter Fixierung und Einbettung mit Hilfe eines Ultramikrotoms dünn geschnitten. Als Objektträger benutzt man 0,01 μm dünne (praktisch unsichtbare) Lackfilme auf einer metallenen Blende. Von massiven Gegenständen, z. B. Metalloberflächen, kann man nach verschiedensten Verfahren das Relief der Oberfläche auf einen dünnen Film übertragen und diesen in das E. bringen. Der Kontrast im elektronenoptischen Bild entsteht hauptsächlich durch Streuung der Elektronen an den Atomen; schwere Atome (hohe Ordnungszahl) haben ein hohes Streuvermögen, so daß mit ihrer Hilfe die Abbildung an sich kontrastarmer Objekte durch Bedampfung (Beschattung) mit kleinsten Substanzmengen verbessert wird.

Die elektronenoptischen Aufnahmen haben in fast allen Zweigen der Wissenschaft und Technik Bedeutung erlangt, besonders auch in der medizinischen Forschung. Man kann z. B. Viren nur mit dem E. sichtbar machen. Die Leistungsgrenze des E.s liegt bei der Abbildung sehr großer Moleküle, etwa vom Molekulargewicht 50 000.

Durch Weglassen der Linsen wird das E. zur **Elektronenbeugungsanlage.** Sie dient der Aufklärung kristalliner Strukturen mit Hilfe der Beugungsbilder, die beim Durchgang der Elektronenstrahlen durch die Gitterstruktur infolge von Interferenz erzeugt werden.

Lit. Mahl u. Götz: Elektronenmikroskopie (Leipzig 1951); Picht u. Heydenreich: Einführung in die Elektronenmikroskopie (Berlin 1966).

Elektronenoptik, ein Teilgebiet der Optik, das die Bewegung freier Elektronen (und Ionen) in elektrischen und magnetischen Feldern, besonders zur Erzeugung von Abbildungen, behandelt. Die elektrischen oder magnetischen Felder dienen zur Ablenkung der Elektronenstrahlen in gleicher Weise, wie Linsen, Spiegel und andere lichtoptische Geräte zur Ablenkung der Lichtstrahlen dienen. Als elektronenoptische Linsen (Elektronenlinsen) dienen rotationssymmetrische Anordnungen von auf verschiedenem Potential liegenden Lochblenden (elektrostatische Methode) oder stromdurchflossene Spulen, die mit Eisen gekapselt sind und ihr Feld meist durch Polschuhe auf engen Raum konzentrieren (magnetische Methode). Achsennahe Strahlen geladener Teilchen werden beim Durchgang fokussiert; die Bildentstehung folgt der Linsengleichung (→ Linse). Die (meist ebenfalls der Lichtoptik entsprechenden) Linsenfehler lassen sich durch geeignete Formgebung der Elektroden bzw. Polschuhe und besonders durch Beschränkung der Apertur (ewta 10^{-3}) genügend klein halten. Die Brennweiten sind von der Geschwindigkeit, d. h. von der Beschleunigungsspannung der Elektronen und von Spannung bzw. Strom der Linse abhängig. Während die Lichtoptik mit einzelnen brechenden Flächen arbeitet, verlaufen



1 Kennlinie einer Diode

die in der E. wirksamen Felder stetig. Doch führen in der theoretischen Behandlung sowohl die geometrische E., die nach klassischen Methoden mit Korpuskeln rechnet, als auch die Wellenoptik, die mit Materiewellen arbeitet, zu den gleichen Ergebnissen (Dualismus von Welle und Korpuskel).

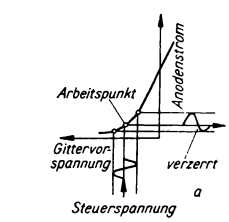
Die E. dient als unentbehrliche Grundlage für die Konstruktion eines einfachen magischen Auges ebenso wie für die komplizierten Großgeräte der modernen Kernphysik. Die Vereinigung mehrerer Elektronenlinsen mit allem notwendigen Zubehör zum → Elektronenmikroskop ist nur eine der Anwendungen der E.

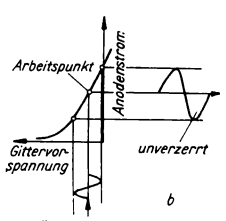
Lit. v. Ardenne: Tabellen der Elektronenphysik... (Berlin 1956); Picht: Einführung in die Theorie der E. (2. Aufl. Leipzig 1957).

Elektronenpaar, → Bindung 2).

Elektronenröhre, ein hochevakuiertes Gefäß — meist aus Glas, mitunter auch aus Metall, Keramik oder einer Kombination dieser Werkstoffe —, in dem zwischen zwei Elektroden, der Elektronen emittierenden Katode und der Elektronen aufnehmenden Anode, ein Elektronenstrom fließt. Dieser Elektronenstrom läßt sich durch weitere, zwischen Katode und Anode liegende gitterförmige Elektroden (kurz *Gitter* genannt) nahezu trägheitslos steuern, was z. B. bei der Verstärkung ausgenutzt wird. Es können bis zu sieben gitterförmige Elektroden zwischen Katode und Anode eingeschaltet werden. Nach der Gesamtzahl der Elektroden spricht man von Dioden (2 Elektroden), Trioden (3), Tetroden (4), Pentoden (5), Hexoden (6), Heptoden (7), Oktoden (8), Enneoden (9). E.n mit mehreren Gittern nennt man auch **Mehrgitterröhren.** Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man z. B. → Verstärkerröhre, → Mischröhre, → Abstimmanzeigerröhre, → Elektrometerröhre, Gleichrichterröhre. Verbundröhren enthalten mehrere Röhrensysteme in einem evakuierten Kolben vereinigt, wobei die Röhrensysteme auch gemeinsame Elektroden haben können. Die E.n sind z. B. als Empfänger- und Senderöhren wichtige Bauelemente in der Nachrichtentechnik, deren Entwicklung im wesentlichen auf der Verwendung der E.n beruht. Auch in der Steuerungs- und Regelungstechnik werden E.n verwendet.

Prinzip und Wirkungsweise. Die einfachste E. ist die **Diode,** die nur zwei Elektroden, Katode und Anode, enthält. Die Katode ist eine auf der thermischen Elektronenemission beruhende → Glühkatode. Sie ist von einer meist zylinderförmigen Anode umgeben. Im Betrieb sendet die glühende Katode Elektronen aus. Da die Elektronen die Glühkatode mit verschieden hohen Austrittsgeschwindigkeiten verlassen, können sie gegen eine schwach negativ geladene Anode anlaufen, und es fließt in der Zuleitung ein geringer Anodenstrom (*Anlaufstrom*), der exponentiell mit wachsender negativer Anodenspannung abnimmt (*Anlaufstromgebiet*). Die langsamen Elektronen, die nicht zur Anode gelangen können, umgeben die Katode als Elektronenwolke und führen so zur Bildung einer negativen Raumladung. Verbindet man die Anode der Diode mit dem positiven Pol, die Katode mit dem negativen Pol der Spannungsquelle, so werden die Elektronen von der Anode angezogen, treffen auf ihr auf, und es fließt ein wesentlich höherer Anodenstrom, dessen Größe von der zwischen Anode und Katode wirkenden Spannung (*Anodenspannung*) und von der Raumladung abhängt (*Raumladungsgebiet*). Ist die positive Anodenspannung so groß, daß alle emittierten Elektronen zur Anode gelangen, dann bildet sich keine Raumladung aus, sondern es fließt der höchstmögliche, nur von der Emissionsfähigkeit der Katode abhängige Anodenstrom (*Sättigungsstrom*), der bei weiterer Spannungserhöhung nicht mehr steigt (*Sättigungsstromgebiet*). Der Sättigungsstrom wird bei modernen E.n im praktischen Betrieb im allgemeinen nicht erreicht, da die Gefahr der Zerstörung durch Überlastung der Katode und der Anode besteht. Wird der Anodenstrom in Abhängigkeit von der Anodenspannung graphisch dargestellt, so erhält man eine Kurve, die *Strom-Spannungs-Kennlinie* oder kurz die *Kennlinie* einer Diode (Abb. 1). Von den drei Abschnitten der Kennlinie (Anlaufstrom-, Raumladungs- und Sättigungsstromgebiet) hat das Raumladungsgebiet die größte praktische Bedeutung, da im Anlaufstromgebiet der auftretende Anodenstrom zu klein, im Sättigungsstromgebiet eine Steuerung des Anodenstromes nicht möglich ist. Der Kennlinienverlauf im Raumladungsgebiet gehorcht dem Raumladungsgesetz, das für die Diode in erster Näherung lautet: $I_a = KU_a^{3/2}$, wobei I_a = Anodenstrom, U_a = Anodenspannung, K = Raumladungskonstante, abhängig von der räumlichen Anordnung der Elektroden. Dieses $U^{3/2}$-*Gesetz* sagt aus, daß die Kennlinie einer E. im Raumladungsgebiet weder linear (geradlinig) noch quadratisch verläuft, sondern dazwischenliegend mit der Potenz 1,5 (semikubisch).





2 Arbeitspunktfestlegung auf der I_a-U_g-Kennlinie einer Triode: *a* bei Verwendung als Gleichrichter, *b* bei Verwendung als Verstärker

Wird zwischen Katode und Anode ein Gitter, *Steuergitter* genannt, angebracht, so erhält man die **Dreielektrodenröhre** oder **Triode.** Der Anodenstrom läßt sich bei der Triode sowohl durch die Anodenspannung als auch durch die zwischen Gitter und Katode angelegte Spannung (*Gitterspannung* U_g) verändern oder steuern. Die Steuerwirkung beider Elektroden, die von der geometrischen Anordnung der Elektroden abhängt, läßt sich zusammenfassen und durch die resultierende *Steuerspannung* $U_{st} = U_g + DU_a$ ausdrücken. Der Durchgriff D (s. u.) ist dabei ein Maß für den Einfluß der Anodenspannung auf die Steuerspannung. Dieser Einfluß ist vorhanden, weil die elektrischen Feldlinien von der Anode durch die Gitterdrähte in den Katodenraum durchgreifen und so an der Steuerung des Emissionsstromes beteiligt sind. Der Durchgriff nimmt bei Verkleinerung der Gitterzwischenräume sowie bei Vergrößerung des Gitteranodenabstandes ab. Damit kein Gitterstrom im äußeren Kreis fließt, wird an das Steuergitter eine negative *Gittervorspannung* angelegt. Da ein Stromkreis, in dem eine Spannung wirksam ist, aber in dem kein Strom fließt, keine Leistung verbraucht, ist mit einem negativ vorgespannten Gitter eine leistungslose Steuerung des Anodenstromes möglich, worauf die große Bedeutung der E. für die Verstärkertechnik beruht. Für den Zusammenhang zwischen Anodenstrom und Steuerspannung gilt im Raumladungsgebiet für die Triode mit negativem Steuergitter die Beziehung $I_a = K' U_{st}^{3/2}$, wobei K' = Raumladungskonstante der Triode, $U_{st} = U_g + DU_a$ = Steuerspannung. Wegen der Nichtlinearität dieses Gesetzes ist eine völlig verzerrungsfreie Verstärkung nicht möglich. Da bei der Triode der Zusammenhang zwischen Anodengleichstrom, Anodengleichspannung und Gittergleichspannung nicht mehr ohne weiteres durch eine einzige Kennlinie veranschaulicht werden kann, sind Parameterdarstellungen in der Form $I_a = f(U_g)$ mit U_a als Parameter und $I_a = f(U_a)$ mit U_g als Parameter üblich, die wegen der aufgetragenen Gleichgrößen die Bezeichnungen *statisches* I_a-U_g-*Kennlinienfeld* oder *Eingangskennlinienfeld* bzw. *statisches* I_a-U_a-*Kennlinienfeld* oder *Ausgangskennlinienfeld* tragen. Diese Kennlinienfelder dienen zur Dimensionierung von Schaltungen. Zur rein rechnerischen Ermittlung des Verhaltens der Triode in einer Schaltung bei Aussteuerung mit Wechselspannungen wurden definierte **Röhrenkennwerte** eingeführt, die ein

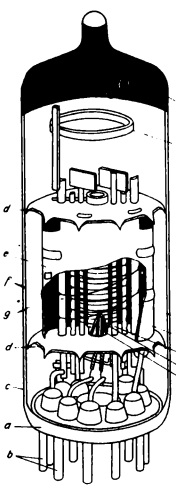
Maß für die Änderung sind, die eine der drei Gleichgrößen (Anodenstrom, Anodenspannung und Gitterspannung) erfährt, wenn sich eine der beiden anderen um einen bestimmten Betrag ändert. Diese Röhrenkennwerte sind: die Steilheit, der Durchgriff und der Innenwiderstand. Die *Steilheit* S gibt an, um wieviel mA sich der Anodenstrom ändert, wenn die Gitterspannung bei konstant gehaltener Anodenspannung um 1 V geändert wird. Der Anstieg der I_a-U_g-Kennlinien ist ein Maß für die Steilheit (daher auch die Bezeichnung!). Bei Trioden sind Steilheitswerte zwischen 1 mA/V und 50 mA/V erreichbar. Der *Durchgriff* D ist das Verhältnis einer Gitterspannungsänderung zur Anodenspannungsänderung bei konstantem Anodenstrom. Er wird in Prozenten angegeben und liegt zwischen 1 % und 40 %. Der Reziprokwert von D wird als *Leerlaufverstärkungsfaktor* μ bezeichnet; er gibt die mit einer Triode maximal erreichbare Spannungsverstärkung an. Der Innenwiderstand R_i ist das Verhältnis von Anodenspannungsänderung zu Anodenstromänderung bei konstant bleibender Gitterspannung. Gegenüber einem in den Anodenkreis eingeschalteten Verbraucher wirkt die Triode bei Aussteuerung wie ein Wechselspannungsgenerator mit der Leerlaufspannung $\mu\, u_g$ (u_g = Gitterwechselspannung) und dem Innenwiderstand R_i. Der Innenwiderstand kann bei Trioden etwa Werte zwischen 1 kΩ und 100 kΩ erreichen. Die Röhrenkennwerte S, D und R_i kennzeichnen das Verhalten der Triode in einem z. B. durch die Gleichspannungen U_g und U_a bestimmten → Arbeitspunkt der Kennlinie. Mit Hilfe der **Barkhausenschen Röhrenformel** $SDR_i = 1$ läßt sich aus zwei Kennwerten der dritte berechnen.

Die Verstärkungseigenschaft der Triode beruht darauf, daß eine der negativen Gittervorspannung überlagerte Wechselspannung Anodenstromschwankungen um den durch die Vorspannung festgelegten Anodenruhestromwert hervorruft. Die Anodenstromänderungen sind proportional der steuernden Gitterwechselspannung, wenn sich der durch die Gittervorspannung festgelegte Arbeitspunkt im mittleren Kennlinienteil befindet. Liegt im Anodenkreis in Reihe mit der Anodengleichspannungsquelle ein Außenwiderstand R_a, so kann an diesem Widerstand die durch die Anodenstromschwankung hervorgerufene Wechselspannung abgenommen werden. Da kleine Gitterwechselspannungen große, von der Steilheit im Arbeitspunkt abhängende Anodenstromänderungen erzeugen, ist die am Außenwiderstand entstehende Wechselspannung in ihrer Amplitude verstärkt. Die Verstärkung kann bei Hintereinanderschalten mehrerer Trioden bis zum Millionenfachen betragen. Bei *Spannungsverstärkern* (*Vorverstärker*) arbeitet man mit negativer Gittervorspannung, damit kein Gitterstrom fließt und die Steuerung leistungslos erfolgt. Der Wert der Gittervorspannung wird dabei so festgelegt, daß der Arbeitspunkt in einem Kennlinienbereich schwacher Krümmung liegt, um die Verzerrungen klein zu halten. *Leistungsverstärker* (*End-* und *Sendeverstärker*) arbeiten z. T. mit Gitterstrom und benötigen dann eine Steuerleistung. Wird die E. als Gleichrichter verwendet, so legt man den Arbeitspunkt in einen Bereich starker Krümmung (Abb. 2).

Die der Triode anhaftenden Nachteile (zu niedrige Verstärkung, zu kleiner Innenwiderstand, zu große Anoden-Gitterkapazität) können z. T. durch Einführung eines positiven *Schirmgitters* zwischen Steuergitter und Anode behoben werden. Bei dieser **Vierelektrodenröhre** oder **Tetrode** tritt eine Verteilung des Katodenstromes in einem bestimmten Verhältnis auf Schirmgitter und Anode auf. Dieses Verhältnis hängt vom Aufbau des Röhrensystems sowie von der Schirmgitter- und Anodenspannung ab. Daher werden die Röhrenkennwerte der Tetrode auch von der Stromverteilung abhängen. Nachteil der Tetrode ist, daß die durch die positive Schirmgitterspannung stark beschleunigten Elektronen mit großer Energie auf das Schirmgitter und die Anode auftreffen und dort Sekundärelektronen auslösen. Um den Sekundärelektronenaustausch zwischen Anode und Schirmgitter zu verhindern, der eine fallende Kennlinie im I_a-U_a-Kennlinienfeld ergeben kann und die Aussteuerfähigkeit der Tetrode begrenzt, fügt man ein weiteres, auf Katodenpotential liegendes Gitter ein, das *Bremsgitter*, und erhält so die **Pentode.** Der Katodenstrom der Pentode wird praktisch nur noch von der Steuergitter- und Schirmgitterspannung bestimmt; die Anode übt fast keinen Einfluß mehr auf den Katodenstrom aus. Pentoden zeichnen sich gegenüber Trioden und Tetroden durch eine hohe Verstärkung, kleine Anoden-Steuergitterkapazität und großen Innenwiderstand aus. Für Regelzwecke werden → Regelröhren verwendet. Die **Hexode** erhält man, wenn man das Bremsgitter einer Pentode als Steuergitter ausbildet und zwischen dieses Steuergitter und die Anode ein zusätzliches Schirmgitter einfügt, um die Anodenrückwirkung auf das zweite Steuergitter zu verhindern. Bei der **Heptode** wurde zur Vermeidung des Sekundärelektronenaustausches ein zweites Bremsgitter eingeführt. Hexode und Heptode sind **Doppelsteuerröhren,** da sich der Anodenstrom bei beiden Röhrentypen durch zwei Steuergitter unabhängig voneinander steuern läßt. Sie dienen z. B. in Überlagerungsempfängern als → Mischröhren. Die heute nicht mehr verwendete **Oktode** hat außer den sieben Elektroden der Heptode noch eine aus zwei Stäben bestehende Hilfsanode. Die **Enneode** mit ihren 7 Gittern kann als erweiterte Hexode aufgefaßt werden, bei der zwischen dem 2. Schirmgitter und der Anode noch je ein Steuer-, Schirm- und Bremsgitter eingebaut sind. Die Enneode wurde zur Demodulation von frequenz- oder phasenmodulierten Schwingungen entwickelt.

Aufbau (als Beispiel wurden Empfängerröhren gewählt, Abb. 3). Moderne Empfängerröhren haben ein relativ kleines Elektrodensystem (Gesamtanordnung aller Elektroden), das in senkrechter Lage dicht über einem Preßteller aus Glas sitzt. Der Preßteller trägt eingeschmolzene Elektrodenzuführungen in kreisförmiger Anordnung. Die Zuführungen sind meist aus Nickel und dienen als Sockelstifte. Der Preßteller wird mit dem Kolbenrand verschmolzen. Die Abstützung des Systems im Kolben erfolgt durch die zur Isolation und Halterung der Elektroden notwendigen Glimmerscheiben. Die Anoden werden aus Nickel- oder Eisenblech gestanzt und in die gewünschte Form gebogen. Zur Verbesserung der Abstrahlung der durch die aufprallenden Elektronen erzeugten Wärme (→ Anodenverlustleistung) wird die Anode geschwärzt. Die Gitter werden auf Spezialmaschinen wendelförmig gewickelt. Gitterstege aus Kupfer oder Nickel tragen die Gitterwindungen aus dünnem Molybdändraht. Die Katode ist eine meist indirekt geheizte Oxidkatode (→ Glühkatode).

Bei sämtlichen E.n wird das in den Glaskolben eingeschmolzene Elektrodensystem unter gleichzeitigem Entgasen durch Erhitzen der Elektroden auf dem Pumpautomaten evakuiert. Zur Verbesserung des Vakuums verwendet man Getter, die nach dem Pumpen durch Hochfrequenzerhitzung aus einem Trägermaterial verdampft werden und noch in der Röhre vorhandene Gasreste binden, so daß man einen Enddruck bis unter 10^{-5} Torr erreicht. E.n in dieser Bau-



3 Aufbau einer Empfängerröhre. *a* Preßteller, *b* Sockelstifte, *c* Kolben, *d* Glimmerscheiben, *e* Anode, *f* Gitterstege, *g* Gitterwindungen, *h* Oxidkatode, *i* Getterträger, *k* verdampftes Gettermetall, *l* Heizer, *m* Steuergitter, *n* Schirmgitter, *o* Bremsgitter

weise werden als **Miniaturröhren** bezeichnet. Die kleinsten E.n in Glasausführung sind die **Subminiaturröhren** mit einem Kolbendurchmesser von etwa 10 mm. Sie können in die Schaltung eingelötet werden und sind für sehr kleine Geräte geeignet. Miniaturröhren, die mit kleinen Heiz- und Anodenspannungen betrieben werden, nennt man auch **Batterieröhren**. Empfängerröhren für den Einsatz im Frequenzbereich von 0,1 bis 1 GHz müssen einen besonders kleinen Abstand zwischen Steuergitter und Katode haben, damit die Laufzeit der Elektronen in tragbaren Grenzen bleibt. Dieser kleine Elektrodenabstand wird in Spanngitterröhren durch den Einbau von Spezialgittern (Spanngittern) erreicht. Besonders kleine Abmessungen und einen Metallkolben hat der → Nuvistor. Außer den Laufzeiteinflüssen, die eine völlig trägheits- und leistungslose Steuerung der Elektronen verhindern, begrenzen die Selbstinduktivitäten der Zuleitungen und die Kapazitäten der Elektroden die Anwendung der bisher genannten E.n bei hohen Frequenzen. Für den Dezimeterwellenbereich wurden vor allem Trioden besonderer Bauform entwickelt, bei denen die Elektroden nicht wie üblich zylindrisch, sondern eben angeordnet sind. Die Elektroden einschließlich der Zuführungen bestehen aus Scheiben oder Ringen, die durch Glas- oder Keramikteile gegeneinander isoliert sind. Diese E.n werden als **Scheibentrioden** bezeichnet. Sie können durch diesen Aufbau ohne störende Zuleitungsverluste mit einem Topfkreis verbunden werden. Mit Scheibentrioden ist die Verstärkung und Erzeugung von Schwingungen bis zu einer Frequenz von etwa 10 GHz möglich. Bei noch höheren Frequenzen muß man das Prinzip der Gittersteuerung (*Dichtesteuerung*) der Elektronen verlassen und die Elektronenlaufzeit steuern, indem man die Geschwindigkeit der Elektronen durch die zu verstärkende Wechselspannung beeinflußt (*Geschwindigkeitssteuerung*). E.n mit Geschwindigkeitssteuerung werden unter dem Begriff → Laufzeitröhren zusammengefaßt.

Eine besondere Bauform der E. ist die → Elektronenstrahlröhre. Den E.n können auch die → Photozellen und → Sekundäremissionsvervielfacher zugeordnet werden.

Lit. Barkhausen: Lehrb. der E. (4 Bde, Leipzig 1962 bis 1964, 8. bis 10. Aufl.); Beier: Röhrentaschenb., Bd II (3. Aufl. Berlin 1963); Cubasch: Spezialröhren (Berlin 1960).

Elektronenschleuder, svw. → Betatron.

Elektronenspiegel, eine elektronenoptische Reflexionsfläche, die der lichtoptischen entspricht. Der E. entsteht, wenn das negative Potential der Mittelelektrode einer elektrostatischen Einzellinse (→ Elektronenoptik) so weit erhöht wird, daß die Elektronen bis zur Geschwindigkeit null abgebremst werden und dann nach Umkehr wieder zurückfallen. Je nach Geometrie und Spannung lassen sich Sammel- und Zerstreuungsspiegel realisieren.

Elektronenspiegelteleskop, ein Spiegelteleskop mit elektronischem Okular. Das vom Hohlspiegel entworfene optische Bild wird von einem Bildwandler in ein Elektronenbild umgesetzt und photographisch oder auf einer Bildröhre festgehalten. Durch diese Einrichtung wird die Lichtstärke, aber nicht das Auflösungsvermögen gegenüber normalen Spiegelteleskopen verbessert.

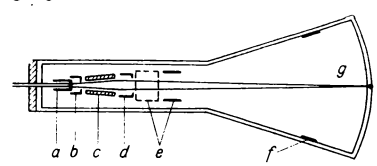
Elektronenspinresonanz, abg. **ESR, paramagnetische Resonanz,** ein Teilgebiet der Spektroskopie, das sich mit der Untersuchung von Molekülen und Radikalen, die ungepaarte Elektronen besitzen und aus diesem Grunde paramagnetisches Verhalten zeigen, beschäftigt. Ein Elektron hat den Spin $\pm^1/_2$, der Anlaß zu einem magnetischen Moment gibt. In einem Magnetfeld können die Elektronenspins mehrere diskrete Lagen einnehmen, die sich energetisch unterscheiden. Die Überführung von einem niederenergetischen in einen höherenergetischen Zustand kann ähnlich wie bei der → kernmagnetischen Resonanz mit Hilfe eines eingestrahlten elektromagnetischen Feldes erfolgen. Die Resonanzfrequenzen geben Auskunft über Zahl der ungepaarten Elektronen und deren Umgebung. Die E. ist in der Chemie ein wichtiges Verfahren, besonders zur Untersuchung von Komplexen und Radikalen.

Elektronenstoßversuch, svw. → Franck-Hertz-Versuch.

Elektronenstrahlabtragen, ein Fertigungsverfahren zum Abtrennen kleiner Werkstoffteilchen in Form sehr kleiner Bohrungen oder sehr dünner Schnitte durch Schmelzen und Verdampfen unter Einwirkung eines kontinuierlich oder impulsförmig auftreffenden Elektronenstrahles hoher Leistungsdichte. Das E. wird für Werkstücke aus besonders harten Werkstoffen angewendet, z. B. aus gehärteten Stählen, Hartmetallen, Keramik und Diamant. Strahlungswerkzeug ist eine Elektronensonde, durch deren Konstruktion die thermische Strahlwirkung ausgenützt wird. Die einheitlich gerichtete Strömung von Elektronen wird im Vakuum in einem kreisförmigen Brennfleck fokussiert. Emittiert von einer glühenden Katode und beschleunigt durch elektrische Felder bewegen sich die Elektronen von der Katode zur Anode. Beim Auftreffen von Elektronen auf das als Anode geschaltete Werkstück wird ihre kinetische Energie zu mehr als 99 % in Wärme umgewandelt und der Werkstoff örtlich geschmolzen und verdampft.

Elektronenstrahlofen, → Elektronenstrahlschmelzen.

Elektronenstrahlröhre, Katodenstrahlröhre, Braunsche Röhre, eine Elektronenröhre, deren Wirkungsweise auf dem Vorhandensein und der Steuerung von einem oder mehreren Elektronenstrahlen beruht. Die aus einer Glühkatode austretenden Elektronen werden durch eine hohe Gleichspannung — je nach Verwendungszweck zwischen 500 V und 30 kV — beschleunigt und durch elektrische oder magnetische Felder einer elektronenoptischen Anordnung zum Strahl gebündelt (fokussiert). Beim Auftreffen auf einem Leuchtschirm erzeugt der Elektronenstrahl einen Lichtfleck von etwa 1 mm bis 5 μm Durchmesser. Die Stärke des Elektronenstrahls und damit die Helligkeit läßt sich mit einer Elektrode (*Wehneltzylinder*), die sich vor der Katode befindet und gegen diese eine negative Spannung besitzt, in weiten Grenzen beeinflussen. Durch eine vor dem Leuchtschirm angeordnete Nachbeschleunigungsanode werden die Elektronen durch ein



Elektronenstrahlröhre (schematisch). *a* Katode, *b* Wehneltzylinder, *c* Hilfsanode zur Fokussierung, *d* Anode, *e* Ablenkplatten, *f* Nachbeschleunigungsanode, *g* Leuchtschirm

weiteres elektrisches Feld beschleunigt, wodurch eine erhebliche Helligkeitssteigerung bei gleicher Ablenkempfindlichkeit erreicht wird. Der Elektronenstrahl kann nahezu trägheitslos durch elektrische und magnetische Felder abgelenkt werden. Zur elektrostatischen Ablenkung, wie sie vor allem in **Oszillographenröhren** angewendet wird, sind in der E. zwei zueinander senkrecht stehende

Plattenpaare (*Ablenkplatten*) hintereinander angebracht. Dem katodennahen Plattenpaar (*Meßplatten*) wird die zur Darstellung des zeitlichen Verlaufs vorgesehene Spannung (Meßspannung) zugeführt, die den Elektronenstrahl senkrecht ablenkt. An das schirmnahe Plattenpaar (*Zeitplatten*) legt man eine sägezahnförmige Spannung (Kippspannung), die den Elektronenstrahl regelmäßig und der Zeit proportional waagerecht ablenkt und auf dem Leuchtschirm die Kurve des zeitlichen Verlaufs der Meßspannung entstehen läßt. In den **Zweistrahl-Oszillographenröhren** vereinigt man zwei vollständige Systeme zur Elektronenstrahlerzeugung in einem evakuierten Glaskolben, um gleichzeitig zwei voneinander unabhängige Vorgänge auf einem Schirm verfolgen zu können. Diese E.n enthalten vier gegeneinander gut abgeschirmte Plattenpaare. Die elektromagnetische Ablenkung des Elektronenstrahles, die vorzugsweise bei → Bildröhren angewendet wird, erfolgt durch magnetische Felder, die von senkrecht zur Röhrenachse liegenden Spulen erzeugt werden. Diese Spulen bilden eine auf dem Bildröhrenhals sitzende Ablenkeinheit.

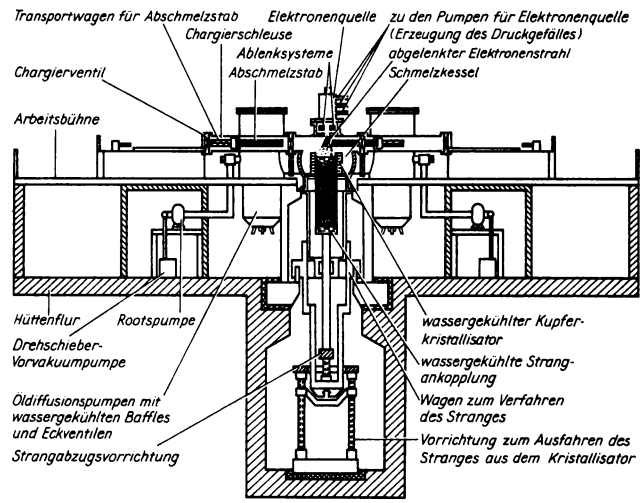
Die E.n werden in Elektronenstrahloszillographen und in Fernsehempfängern verwendet, wobei die Größe und Form des Kolbens nach dem Verwendungszweck ausgewählt werden. Ferner dienen Elektronenstrahlröhren in Radaranlagen sowie in bestimmten Echoloten zur Aufzeichnung der reflektierten Signale. Eine spezielle Anwendung findet die E. in der Elektronenuhr. Um langsam ablaufende Vorgänge geschlossen darstellen und mehrere nacheinander ablaufende Vorgänge miteinander vergleichen zu können, werden E.n mit extrem langer Nachleuchtdauer hergestellt. Eine Bauform einer solchen E. trägt wegen ihrer blauen Schirmfarbe die Bezeichnung **Blauschriftröhre.** Das Schirmbild muß durch Erwärmung der Leuchtschicht gelöscht werden. Bei der **Sichtspeicherröhre** wird das Leuchtschirmbild von einem Schreibstrahl geschrieben und bleibt mittels einer Speicherelektrode mehrere Tage erhalten.

Lit. Fricke: Der Katodenstrahl-Oszillograph (2. Aufl. Leipzig 1956).

Elektronenstrahlschalter, ein trägheitsarm wirkender Schalter, bei dem an Stelle der mechanischen Schaltbrücke ein Elektronenstrahl tritt. Eine Braunsche Röhre enthält statt des Leuchtschirms Auffangelektroden, auf die der Elektronenstrahl durch Einwirkung magnetischer oder elektrischer Felder wahlweise gelenkt werden kann.

Elektronenstrahlschmelzen (Tafel 26), ein Fertigungsverfahren insbesondere zum Schmelzen hochreiner Metalle. Die zum Schmelzen notwendige Wärme wird dabei beim Auftreffen elektronenoptisch gebündelter Elektronenstrahlen auf das Material frei. Die Beschleunigung der Elektronen erfolgt im Hochvakuum (10^{-4} bis 10^{-5} Torr), wodurch im Zusammenhang mit den erzeugten hohen Temperaturen eine hervorragende Entgasung der Materialien sowie ein Ausdampfen vieler unerwünschter Fremdstoffe bewirkt wird. Durch das E. können besonders hochschmelzende, reaktive Metalle, z. B. Uran, Titan, Zirkonium, Molybdän, Wolfram, in sehr reiner Form (z. B. für den Reaktor- und Flugzeugbau) sowie extrem reine Edelstähle gewonnen werden. Gegenüber anderen Schmelzverfahren der modernen Vakuummetallurgie hat das E. den Vorteil, daß die Elektronenenergie nach einem bestimmten Programm durch Strahlablenkung mittels eines Ablenksystems auf den Abschmelzstab und die Oberfläche der Schmelze im Kristallisator verteilt werden kann und daß sie zu fast 100 % im Schmelzgut in Wärmeenergie verwandelt wird; außerdem sind die Entgasungsbedingungen durch die mögliche hohe Überhitzung der Schmelzbadoberfläche und das gute Schmelzvakuum sehr günstig.

Außer zum Schmelzen sind spezielle Elektronenstrahlanlagen zur Legierungsherstellung, zum porenfreien Vergießen des geschmolzenen Materials in Formen, zur Wärmebehandlung von Werkstoffen, zum Schweißen, zum Bedampfen sowie zum Bearbeiten und Zonenschmelzen von Einkristallen entwickelt worden.



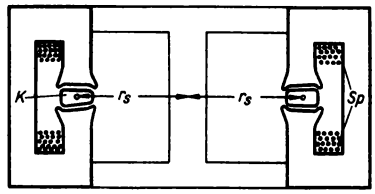
1700 kW-Elektronenstrahlmehrkammerofen im Schnitt

Das E. erfolgt in besonderen Schmelzöfen **(Elektronenstrahlöfen),** in denen die Elektronenstrahlen durch eine Wolfram-Glühkatode erzeugt werden. Eine besondere Bauart stellt der vom Forschungsinstitut Manfred von Ardenne entwickelte **Elektronenstrahlmehrkammerofen** dar. Dieser Ofen arbeitet mit einem über mehreren Vakuumkammern fokussierten Elektronenstrahl; das abgeschmolzene Gut wird aus der Kokille mit einer Strangabzugsvorrichtung abgezogen. Elektronenstrahlmehrkammeröfen ermöglichen die Herstellung porenarmer und praktisch schlackenfreier Edelstahlblöcke mit bis zu 12 t Masse.

Elektronenstrahlung, svw. → Katodenstrahlung.

Elektronensynchrotron, ein Kreisbeschleuniger für Elektronen. Die Elektronen werden gemäß dem Synchrotronprinzip beschleunigt, d. h., die Teilchen bewegen sich in einem magnetischen Führungsfeld auf einer Kreisbahn mit nahezu konstantem Radius (Sollkreis) und werden mittels elektrischer Felder beschleunigt, wobei von selbst eine Phasenfokussierung stattfindet. Zu Beginn des Synchrotronbetriebes müssen die Elektronen bereits nahezu Lichtgeschwindigkeit haben; sie werden deshalb mit etwa 2 MeV (Megaelektronenvolt) in das E. eingeschossen, oder man betreibt das E. im Anfang als → Betatron und schaltet dann auf Synchrotronbetrieb um. Die Weiterbeschleunigung erfolgt aber nicht durch Induktion wie beim Betatron, sondern durch hochfrequente Wechselspannung an Elektroden. Elektronen, die bereits auf etwa 2 MeV beschleunigt worden sind, haben nahezu Lichtgeschwindigkeit; eine weitere Energieerhöhung führt nur noch zu einer Vergrößerung der Elektronenmasse (relativistische Massenzunahme), während die Geschwindigkeit der Elektronen nicht mehr meßbar zunimmt. Man kann deshalb beim Synchrotronbetrieb eine konstante Beschleunigungsfrequenz verwenden; die Elektronen bleiben dennoch „im Takt". Mit der Er-

höhung der Elektronenmasse muß jedoch die Flußdichte B des magnetischen Führungsfeldes ansteigen, damit die Elektronen auf dem Sollkreis bleiben; B muß proportional der Elektronenenergie sein. Für die Stabilität der Bahn sorgen elektrische und magnetische Rückstellkräfte (Selbststabilisierung). Das hat zur Folge,



Schnitt durch ein Elektronensynchrotron. Der mittlere Teil des Magneten (dünne Umrandung) dient nur zur Vorbeschleunigung im Betatronbetrieb. Der Synchrotronbetrieb erfolgt durch den äußeren Teil (dicke Umrandung). Die Beschleunigungselektroden sind nicht eingezeichnet. r_s Sollkreisradius, Sp Spulen für die Felderregung, K ringförmiges Beschleunigungsrohr

daß die Elektronen, die in der Phase gegenüber der Sollphase etwas abweichen, nach einigen Umläufen von selbst in richtige Phase geraten. Ähnliches gilt für Elektronen mit kleiner Energieabweichung; beides führt dazu, daß die Elektronen auf dem Sollkreis kleine Schwingungen ausführen (*Synchrotronschwingungen*). Zur Verbesserung der Selbststabilisierung kann beim E. das AG-Prinzip angewendet werden (→ Protonensynchrotron). — Die auf einer Kreisbahn umlaufenden Elektronen wirken wie schwingende elektrische Dipole und senden infolgedessen eine elektromagnetische Strahlung aus, d. h., ein Teil der auf die Elektronen übertragenen Energie geht durch Strahlungsdämpfung verloren; sie wird durch eine entsprechend große Amplitude der an den Beschleunigungselektroden liegenden hochfrequenten Wechselspannung ausgeglichen. Die mit dem E. erreichbare Endenergie ist höher als beim Betatron; die 1000-MeV-Grenze wurde bereits überschritten.

Elektronentheorie der Metalle, Theorie der elektrischen Erscheinungen in Metallen (elektrische → Leitfähigkeit, → Hall-Effekt, → glühelektrischer Effekt, → Thermoelektrizität u. a.), die auf der Annahme freier Elektronen (*Elektronengas*) im Kristallgitter des Metalls beruht (→ Tolmansche Versuche). Begründet wurde sie von H. Drude und H. A. Lorentz und durch Anwendung der Fermistatistik weiterentwickelt von A. Sommerfeld. Entscheidend ist hierbei, daß das Elektronengas schon bei normalen Temperaturen Gasentartung zeigt.

Der heutigen Auffassung der E. d. M. liegen die quantenmechanische Behandlung der Elektronenbewegung und die Vorstellung von Energiebändern zugrunde; damit wurden viele (auch nichtelektrische) Erscheinungen in Metallen verständlich. Für die elektrische → Supraleitung fehlt indessen noch eine befriedigende Theorie.

Elektronenuhr, eine als Zeitmeßgerät dienende Elektronenstrahlröhre. Der Elektronenstrahl schreibt auf dem Leuchtschirm einen Kreis oder Strich. Die zu messende Zeit wird durch Ablenkimpulse auf der vom Elektronenstrahl beschriebenen Strecke markiert. Je nach der Ablenkgeschwindigkeit lassen sich Zeiten von Millisekunden bis zu Nanosekunden messen.

Elektronenvolt, Kurzz. **eV**, nicht gesetzliche Einheit der Energie oder der Arbeit. Elektronenvolt ist der Zuwachs an kinetischer Energie, den ein Elektron erhält, wenn es im Vakuum eine Potentialdifferenz von 1 Volt durchläuft. $1\,eV = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J (Joule). **Kiloelektronenvolt,** Kurzz. keV, $= 10^3$ eV; **Megaelektronenvolt,** Kurzz. MeV, $= 10^6$ eV; **Gigaelektronenvolt,** Kurzz. GeV, in der amerikanischen Literatur BeV, $= 10^9$ eV.

Elektronenwellen-Magnetfeldröhre, eine → Lauffeldröhre.

Elektronenwellenröhren, → Lauffeldröhre.

Elektronenzyklotron, svw. → Mikrotron.

Elektroneurograph, abg. En_e, ein medizinisch-elektronisches Gerät zur Ableitung bioelektrischer Potentiale der Nerven, Nervenfasern, des Rückenmarks u. a. und zur Aufzeichnung ihres zeitlichen Verlaufes. E.en bestehen aus Ableitelektroden, elektronischen Verstärkern und verschiedenartigen Registriersystemen, → Bioelektrograph.

Elektronik, ein Gebiet der Elektrotechnik, das die technische Anwendung der Steuerung von Elektronen und Ionen umfaßt, die sich in evakuierten oder gasgefüllten Röhren (Elektronenröhren, Thyratrons, Quecksilberdampfgleichrichter) oder in → Halbleitern bewegen. Diese Bauelemente werden vornehmlich in der Nachrichtentechnik, in der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik, Medizintechnik, bei elektronischen Rechenautomaten sowie elektronischen Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen verwendet. In Verbindung mit den anderen Bauelementen der Elektrotechnik dienen sie zur Verstärkung, Modulation und Demodulation, Gleichrichtung, Zeitvorgabe, Zeitdehnung und elektrischen Leistungssteuerung sowie zur trägheitslosen Schaltung elektrischer Größen. Die Reaktionszeiten (ms und μs) dieser Röhren und Halbleiter sind z. T. sehr viel kleiner als die von mechanischen oder pneumatischen Bauelementen. Die Bauelementedichte in elektronischen Geräten kann mittels der → Mikroelektronik noch wesentlich gesteigert werden.

Die Anwendung der E. in der Industrie kann z. B. auf dem Gebiet der stufenlosen Drehzahlregelung an Werkzeugmaschinen, der Feuchtigkeitsregelung bei Textilien, der Registerregelung an Mehrfarbenrotationsdruckmaschinen, der Schweißmaschinensteuerung und der Programmsteuerung an Pressen, Zentrifugen, Papierschneidemaschinen u. dgl. erfolgen und bildet eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Mechanisierung und Automatisierung vieler Prozesse. Die elektronische Meßtechnik bildet auch die Grundlage für die Meßmethoden der Kerntechnik. Mit Hilfe der E. lassen sich Arbeitsproduktivität und Qualität auf den betreffenden Anwendungsgebieten wesentlich erhöhen.

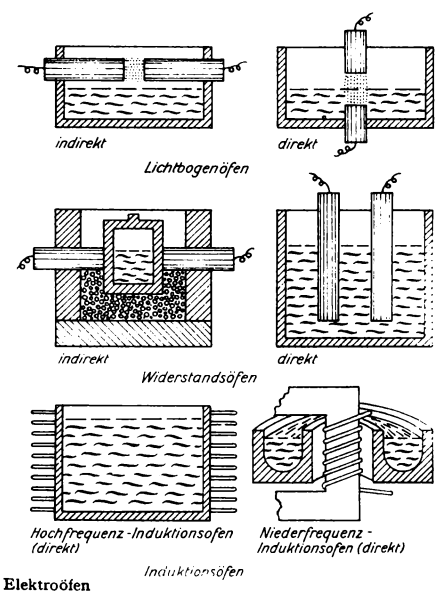
Lit. Davis u. Weed: Grundlagen der industriellen E. (dtsch 1958); Rose: Fundamente der E.: Einzelteile, Bausteine, Schaltungen (Berlin 1959); Rumpf: E. in der Fernsprech- und Vermittlungstechnik (1956), Bauelemente der E. (5. Aufl. Berlin 1966); Kretzmann: Handb. der industriellen E. (Berlin 1963); Wahl: E. für Elektromechaniker (Berlin 1966); Ztschr. Praktische E. für alle (Berlin).

elektronischer Spannungsmesser, ein elektrisches Meßgerät für Gleich- und bzw. oder Wechselspannungen. Der elektronische S. besteht aus einem Verstärker mit Elektronenröhren oder Transistoren für die Verstärkung der Meßspannung, einer Meßgleichrichterschaltung und einem Drehspulinstrument für die Anzeige. Gleichspannungen werden meist mit einem mechanischen oder elektronischen Zerhacker in Wechselspannungen umgeformt, da Wechselspannungsverstärker bei der erforderlichen Verstärkungskonstanz geringeren Aufwand erfordern als Gleichspannungsverstärker. Hauptvorteil dieser Geräte ist der hohe Eingangswiderstand, der der Meßstelle nur sehr wenig Leistung entnimmt, wodurch eine Grundforderung für die Spannungsmesser erfüllt wird. Die Meßungenauigkeit beträgt in der Regel einige Prozent. Die elektronischen S. werden im gesamten Nieder-, Mittel- und Hochfrequenzbereich verwendet und gehören zu den wichtigsten schwachstrom-

technischen Labormeßgeräten. Die Röhrengeräte, auch als **Röhrenvoltmeter** bezeichnet, werden gegenwärtig durch Transistorgeräte verdrängt.

elektronisches Herzreizgerät, ein elektronisches → Reizstromgerät zur Unterstützung der Herztätigkeit. Man unterscheidet insbesondere 1) Geräte zur Wiederbelebung des Herzens, insbesondere mittels periodischer elektrischer Impulse, die **Elektrokardiostimulatoren (Impulsatoren)**; 2) elektronische Geräte zur ständigen externalen (von außen erfolgenden) oder — bei Implantation (Einpflanzung) — internalen (von innen erfolgenden) Auslösung oder Unterstützung der periodischen Herzerregung, die **Herzreizgeräte (Herzschrittmacher, Pacemaker)**; 3) Geräte zur Beseitigung unerwünschter Erregungsabläufe (Herzkammerflimmern), die **Defibrillatoren** (transthorakale und direkte Defibrillation). Die Beseitigung des Herzkammerflimmerns durch Reizung des Herzens mit Hilfe elektrischer Stromimpulse wird vielfach auch als Elektroschockung bezeichnet, obwohl dieser Begriff an sich weiter gefaßt ist (→ Reizstromgeräte).

Elektroofen (Tafel 26), ein elektrisch beheizter Industrieofen, insbesondere zum Schmelzen von Metallen, zur Karbidherstellung und zum keramischen Feinbrand. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man Lichtbogen-, Widerstands- und Induktionsöfen sowie Vakuumöfen. 1) Der **Lichtbogenofen** benutzt die Wärmewirkung eines Lichtbogens, und zwar entweder indirekt, indem das Schmelzgut nur durch die strahlende Wärme des Lichtbogens erhitzt, also nicht vom Strom durchflossen wird, oder direkt, indem das Schmelzgut selbst als Pol des Lichtbogens dient. 2) Der **Widerstandsofen** benutzt die beim Stromdurchgang durch einen Ohmschen Widerstand entstehende Wärme, und zwar ebenfalls entweder indirekt, indem das Schmelzgut in einem Tiegel durch einen besonderen Ohmschen Widerstand (Drahtspirale, Kohle- oder Silitstab, Graphittiegel) erhitzt wird, oder direkt, indem das Schmelzgut selbst als Ohmscher Widerstand in den Stromkreis eingeschaltet ist. Im **kombinierten Lichtbogen-Widerstandsofen** dient das Schmelzgut auch als Ohmscher Widerstand, so daß es sowohl durch Widerstandswärme als auch durch die Lichtbogenwärme erhitzt wird. 3) Der **Induktionsofen** wirkt wie ein Transformator, dessen Sekundärwicklung durch die Schmelze gebildet wird. Die dabei entstehenden Wirbelströme erhitzen und durchwirbeln das Bad. Nach der verwendeten Stromart unterscheidet man Niederfrequenzöfen (mit etwa 50 Hz) und Mittel- bzw. Hochfrequenzöfen (mit etwa 350 bis 20000 Hz), die als Tiegelöfen ausgeführt sind. Der Induktionsrinnenofen wird kaum noch angewendet. 4) Der **Vakuumofen** ist ein Schmelzofen nach Art des Lichtbogenofens oder des Induktionstiegelofens, jedoch versehen mit einer Evakuierungseinrichtung, die ein Erschmelzen und Vergießen unter Vakuum (etwa 10^{-5} Torr) gestattet, → Vakuummetallurgie. Zu den Vakuumöfen gehört auch der **Elektronenstrahlofen,** bei dem ein im Vakuum sich ausbildender Elektronenstrahl durch Auftreffen auf die Schmelze Wärme erzeugt, → Elektronenstrahlschmelzen.



Elektroöfen

Elektroosmose, Elektroendosmose, eine elektrokinetische Erscheinung bei der Elektrolyse durch ein Diaphragma. Die E. beruht auf der Ausbildung einer → elektrischen Doppelschicht in den Poren des Diaphragmas. Die E. dient vor allem zum Entsalzen von Wasser, zur Entwässerung von Torf, Farbpasten oder Kolloiden (z. B. Latex, Leim), zur Reinigung von Tonerde, Kieselsäure, neuerdings auch zum Austrocknen von Mauerwerk feuchter Wohnungen.

Elektrophorese, ein physikalisches Analysenverfahren, bei dem molekulardisperse oder kolloiddisperse Teilchen (→ disperses System) einer Lösung im elektrischen Feld wandern. Durch Adsorption oder Abspaltung von Ionen sind diese kolloiddispersen Teilchen an ihrer Oberfläche gegenüber der Flüssigkeit aufgeladen. Beim Anlegen einer Spannung wandern nun die positiv geladenen Teilchen zur Katode **(Kataphorese)**, die negativ geladenen Teilchen zur Anode **(Anaphorese)** und können somit getrennt werden. Die gemeinsame Bezeichnung für beide Vorgänge ist E. Handelt es sich um das Wandern molekulardisperser Teilchen, so spricht man von **Ionophorese.** Findet die Trennung der entgegengesetzt geladenen Teilchen nicht in einer Lösung, sondern auf einem Trägermaterial statt, so bezeichnet man den Vorgang als **Elektropherographie.** Zur Trennung kleiner Substanzmengen (wenige mg) dient die **Papierelektrophorese.** Die zu trennende Mischung wird als Tropfen auf einen mit einem Puffer getränkten Papierstreifen gebracht und an dessen Ende eine Spannung von etwa 400 V angelegt **(Hochspannungselektrophorese).** Je nach der elektrophoretischen Beweglichkeit wandern die Teilchen verschieden schnell. Ihre Lage im Streifen kann durch Eigenfärbung, Farbreaktionen, Fluoreszenzmessungen o. ä. kenntlich gemacht werden. Mittels der E. können Eiweißstoffe, Alkaloide und andere Naturstoffe untersucht werden. Auch die Entstäubung von Gasen mit dem Elektrofilter ist eine E.

elektrophoretisches Potential, eine elektrokinetische Erscheinung, die sich ausbildet, wenn sich elektrisch geladene suspendierte Teilchen in einer Flüssigkeit gleichsinnig bewegen. Das elektrophoretische P. tritt insbesondere bei der Sedimentation auf.

Elektropyrexie, → Kurzwellentherapie.

Elektrorasierapparat, → Trockenrasierapparat.

Elektro-Rastergravur, → Druckplattengraviermaschine.

Elektroschiff, ein Schiff, dessen Propeller von Elektro-(Propeller-)Motoren angetrieben werden. Den dafür benötigten Strom erzeugen Generatoren, die mit Dieselmotoren (**Dieselelektroschiff,** abg. **DES**; dieselelektrischer Antrieb)

oder Dampfturbinen (**Turbinenelektroschiff**, abg. **TES**; turboelektrischer Antrieb) gekuppelt sind.

Elektroschlacke-Umschmelzverfahren, → Stahlerzeugung.

Elektroschlafgerät, ein → Reizstromgerät.

Elektroschmelzverfahren, → Stahlerzeugung.

Elektroschockgerät, → Reizstromgerät, → elektronisches Herzreizgerät.

Elektroskop, ein Gerät zum Nachweis einer kleinen elektrischen Spannung oder einer schwachen elektrischen Ladung. Beim **Blättchenelektroskop** spreizen sich zwei an einem Metallstab hängende Gold- oder Aluminiumblättchen bei Aufladung, da sie sich infolge ihrer gleichnamigen Ladung abstoßen. Blättchenelektroskope werden auch zur Ermittlung der Strahlungsintensität von radioaktiven Präparaten verwendet. Die radioaktive Strahlung ionisiert dabei das Gas im (vorher aufgeladenen) E. Dadurch werden die Ladungen der Blättchen neutralisiert, so daß diese zusammenfallen, und zwar um so schneller, je stärker das betreffende Präparat strahlt. Die neueren E.e weisen einen Wollastondraht auf, dessen Bewegungen im Mikroskop beobachtet oder auf einen Film projiziert werden.

Elektrostahl, im → Elektroofen erzeugter Stahl.

Elektrostatik, → Elektrizität.

elektrostatische Bindung, → Bindung 1).

elektrostatische Scheidung, die Trennung von Mineralgemischen in die Einzelkomponenten im elektrischen Feld. Man unterscheidet bei der e.n S. zwischen 1) **Starkfeldscheidung**, bei der im Sprühfeld Ionisation durch Koronaeffekte auftritt, wobei die Trennung durch Unterschiede in der Oberflächenleitfähigkeit erfolgt, und 2) **Schwachfeldscheidung** in einem Kondensatorfeld durch unterschiedliche Dielektrizitätskonstanten. Voraussetzung für die e. S. ist ein geringer Wassergehalt des Materials.

Die e. S. wird z. B. bei der Aufbereitung von Steinkohle, Kali- und Steinsalz und Eisenerzen angewendet.

elektrostatisches Feld, → elektrisches Feld.

elektrostatisches Potential, → elektrisches Feld.

Elektrostauchen, ein Freiformschmiedeverfahren zum Anstauchen von Verdickungen an stangenartige Werkstücke zur Masseverteilung für anschließendes Umformen im Gesenk. Zwischen einer Amboßelektrode und zwei Führungselektroden aus Kupfer oder Messing wird ein Sekundärstromkreis eines Transformators aufgebaut, in dem auch das Werkstück liegt und bei Stromstärken in der Größenordnung von 10000 Ampere in kurzer Zeit auf die Warmumformtemperatur erhitzt wird. Die hierbei angewendete elektrische Widerstandserwärmung und das gleichzeitige Umformen erfolgt so schnell, daß eine Verzunderung vermieden wird und in der gleichen Hitze anschließend gesenkgeschmiedet werden kann. Die örtlich begrenzte Erwärmung vermeidet das Ausknicken beim Stauchen von Werkstücklängen, die über der Knicklänge liegen.

Elektrostraßenfahrzeug, ein gummibereiftes Straßenfahrzeug mit elektromotorischem Antrieb, der aus mitgeführten Energiespeichern gespeist wird. Als E.e sind bisher vor allem Elektrokarren, Elektroschlepper (→ Traktor) und Elektrolastkraftwagen gebaut worden. Als Energiespeicher werden → Akkumulatoren verwendet, die nachts oder in Betriebspausen aufgeladen werden können; → Brennstoffzellen als Energiequelle befinden sich in Entwicklung. Die Masse und Leistung von Brennstoffzellen können den elektrischen Antrieb auch für Pkw wirtschaftlich machen. E.e laufen fast geräuschlos und sind völlig abgasfrei. Ihre Geschwindigkeit reicht für den Stadtverkehr aus.

Elektrostriktion, → Piezoelektrizität.

Elektrotechnik, der Zweig der Technik, der sich mit der Erzeugung, Fortleitung und Verwendung von Elektrizität sowie mit der Herstellung, Installation und Wartung der dazugehörigen Maschinen und Einrichtungen befaßt. Die Entwicklung der E. setzte 1876 mit der Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch den deutschen Ingenieur und Physiker W. von Siemens ein. Die E. wird in die beiden großen Zweige Starkstromtechnik und Schwachstromtechnik unterteilt. Die **Starkstromtechnik** beschäftigt sich mit der Stromerzeugung durch Generatoren, der Stromleitung, der Umsetzung elektrischer Energie in mechanische Arbeit durch Elektromotoren, der Umwandlung von Wechselstrom in Gleichstrom und umgekehrt, ferner mit der Aufspeicherung des Stromes in Akkumulatoren, der Regelung und Überwachung der Stromversorgung durch Regler, Zähler u. a. Die **Schwachstromtechnik** beschäftigt sich mit der Umformung, Fortleitung und Auswertung von Informationen (Nachrichten) und den dazu erforderlichen Geräten und Bauteilen. Sie umfaßt die Nachrichtentechnik, die Elektronik, Elektroakustik, die Hochfrequenztechnik und die Regelungstechnik.

Lit. Claussnitzer: Einführung in die E. (2. Aufl. Berlin 1966); Grafe, Loose, Kühn: Grundlagen der E., Bd 1 (Berlin 1967); Lunze u. Wagner: Einführung in die E. (Berlin, Tl 1 5. Aufl. 1967, Tl 2 3. Aufl. 1967); Philippow: Taschenb. E., Bd 1 (Berlin 1968), Nichtlineare E. (Leipzig 1963); Reinhardt: E. (8. Aufl. Berlin 1967), Reusch, Hoschke, Scholz: Lehrb. der E. (2 Bde, Berlin 1966); Teuchert u. Wahl: Grundlagen der E. (Berlin, Bd 1 6. Aufl. 1965, Bd 2 4. Aufl. 1965); Ztschr. ELEKTRIE (Berlin); Der Elektropraktiker (Berlin).

Elektrotomie, → Elektrochirurgie.

Elektrotraktion, elektrische Traktion, der Betrieb mit elektrisch (ausgenommen dieselelektrisch) angetriebenen Schienen-, Straßen- und Wasserfahrzeugen aller Art ohne Rücksicht auf die Energiezuführung.

elektrovalente Bindung, → Bindung 1).

Elektrowärme, die durch Umwandlung aus elektrischer Energie gewonnene Wärmeenergie. Die Umwandlung kann im Behandlungsgut direkt erfolgen oder in metallischen oder nichtmetallischen Heizleitern, von denen die Wärme durch Leitung, Konvektion oder Strahlung auf das Behandlungsgut übertragen wird. Die Gewinnung von E. hat gegenüber der Wärmegewinnung aus Brennstoffen besondere Vorteile. Es können bestimmte Temperaturen eingehalten, hohe Temperaturen erreicht und genau örtlich begrenzt werden. Außerdem gibt es keine Abfallprodukte. Die E. findet Anwendung in Haushalt (Elektroherde, Tauchsieder, Heizöfen), Landwirtschaft und Industrie (Elektro-Schmelzöfen, Glühöfen). Je nach Art der Gewinnung von E. unterscheidet man: **Widerstandserwärmung**, d. i. durch elektrischen Strom in Ohmschen Widerständen erzeugte Wärme (Joulesche Wärme); **Lichtbogenerwärmung; induktive Erwärmung**, d. i. Erwärmung durch in elektrisch gut leitenden Stoffen hervorgerufene Wirbelströme; **dielektrische Erwärmung**, d. i. Erwärmung elektrischer Nichtleiter im elektrischen Feld; **Elektronenstrahlerwärmung**, d. i. Erwärmung durch Umwandlung der kinetischen Energie freier beschleunigter Elektronen in Wärmeenergie beim Auftreffen derselben auf das zu erwärmende Gut; Erwärmung durch **Laserstrahl**. Dielektrische Erwärmung und induktive Erwärmung bei entsprechend hohen Frequenzen faßt man unter dem Begriff **Hochfrequenzerwärmung** zusammen (→ Hochfrequenzwärme).

Elektroweidezaun, → Elektrozaun.

Elektrozaun, ein elektrisch geladener Zaun. Beim **Elektroweidezaun** zur Einzäunung von Viehweiden sind an Pfählen gut isoliert in be-

stimmter Höhe 1 bis 2 Drähte befestigt, die durch ein Zaunladegerät (Netzgerät mit Anschluß an das Leitungsnetz, Batteriegerät mit Akkumulatoren oder Trockenelementen als Stromquelle, kombinierte Geräte) aufgeladen werden. Zwischen Zaundraht und Erde besteht eine Spannung. Berührt ein Tier den Zaundraht und stellt die Verbindung zwischen ihm und der Erde her, gehen durch das Tier Stromstöße, die als Schlag empfunden werden. Sie haben eine Spannung von mehreren tausend Volt (bis 5000 V) und eine Stromstärke von etwa 50 bis 300 Tausendstel A mit Strommengen bis zu 2,5 mAs.

Elektrozug, svw. → Elektroflaschenzug.

Element, → Elemente.

Elementaranalyse, die Ermittlung der chemischen Zusammensetzung einer organischen Verbindung. Die E. wurde von Liebig 1831 begründet und im Bereich der Mikroanalyse von Pregl, im Bereich der Halbmikroanalyse von ter Meulen und Heslinga vervollkommnet.

1) Die **qualitative E.** dient zur Bestimmung der einzelnen Elemente. Kohlenstoff und Wasserstoff werden nebeneinander nachgewiesen, indem man die organische Substanz mit Kupferoxid erhitzt. Das gebildete Kohlendioxid ergibt beim Einleiten in Barytwasser eine Trübung. Der Wasserstoff scheidet sich dabei in Form von Wassertröpfchen an der kalten Gefäßwand ab. Zur Bestimmung von Stickstoff, Schwefel und Halogenen erhitzt man die Substanz mit Natrium. Ein Teil der wäßrigen Lösung der Natriumschmelze wird mit Eisen(II)- und Eisen(III)-salzen auf Bildung von Berliner Blau geprüft, dessen Auftreten Stickstoff anzeigt. Beim Versetzen eines anderen Teiles der wäßrigen Lösung mit Bleiazetat und Essigsäure zeigt das Ausfallen von schwarzem Bleisulfid die Anwesenheit von Schwefel an. Halogene werden in Form ihrer Silbersalze nachgewiesen.

2) Die **quantitative E.** beruht auf einer vollständigen Verbrennung der eingewogenen Substanz im Verbrennungsrohr im Sauerstoffstrom und restloser Oxydation über glühendem Kupferoxid: Kohlenstoff wird als Kohlendioxid, von Ätznatron absorbiert, Wasserstoff als Wasser, von Kalziumchlorid absorbiert, durch Auswägen bestimmt. Stickstoff wird volumetrisch ermittelt. Schwefel wird durch die Verbrennung im Sauerstoffstrom zu Sulfat oxydiert und als Bariumsulfat bestimmt. Halogene werden durch Erhitzen mit Silbernitrat und Salpetersäure im Bombenrohr und anschließende Auswägung als Silberhalogenide bestimmt. Sauerstoff bestimmt man durch Vergasung der Substanz im Stickstoffstrom und Überleiten der Reaktionsprodukte über einen Kohlekontakt bei 1000 °C, wobei der Sauerstoff quantitativ in Kohlenmonoxid übergeführt wird, das zu Kohlendioxid oxydiert und so gravimetrisch bestimmt wird.

Die E. kann im Mikro-, Halbmikro- und Makromaßstab ausgeführt werden, wobei lediglich die zur Analyse erforderlichen Substanzmengen unterschiedlich sind. Die Mikroanalyse kommt mit etwa 1 mg Substanz aus, die Halbmikroanalyse benötigt 10 bis 15 mg und die Makroanalyse 30 bis 50 mg.

Elementarfaden, das einzelne nicht längenbegrenzte Gebilde des → Textilfaserstoffes. Gegensatz: → Faser.

Elementarladung, Zeichen e, die elektrische Ladung des Elektrons. $1\,e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb).

Elementarlänge, hypothetische kleinste Länge, unterhalb deren die bisher bekannten Gesetze der Quantentheorie wahrscheinlich ihre Gültigkeit verlieren. Die E. ist bestimmt durch die Reichweite der Kernkräfte bzw. durch den Elektronenradius und hat ungefähr die Größe von 10^{-13} cm.

Elementarmagnet, die kleinste Einheit eines para- oder ferromagnetischen Stoffes, die ein konstantes magnetisches Moment besitzt. Bei Paramagnetika sind Atome oder Moleküle die E.e; ihr magnetisches Moment ist die vektorielle Summe der Momente der Elektronen. Atomkerne mit einem Spin sind auf Grund des → magnetomechanischen Parallelismus ebenfalls E.e. Bei Ferromagnetika bilden die Weißschen Bezirke, d. s. größere Komplexe von Atomen oder Molekülen, die E.e; → Magnetismus.

Elementarprozesse, Physik: Vorgänge zwischen → Elementarteilchen. Beispiele: Emission oder Absorption von Lichtquanten bei Zustandsänderungen der Elektronen, Paarbildung von Positronen und Elektronen aus Lichtquanten, Aussendung von Mesonen in Kernprozessen (→ Kernreaktionen, → Austauschenergie).

Elementarquantum, → Ladung.

Elementarteilchen, nach gegenwärtiger Kenntnis die kleinsten Bausteine der Materie. Ursprünglich glaubte man, daß die verschiedenen Atomarten des Periodensystems die Elementarteilchen seien. Es erwies sich jedoch, daß die Atome aus einer Hülle von Elektronen und einem Kern bestehen; der Kern ist in komplizierter Weise aus Protonen und Neutronen aufgebaut. Neben diesen Bestandteilen des Atoms ist inzwischen eine große Anzahl weiterer E. entdeckt worden. Eine einheitliche Theorie der E. ist ein Hauptziel der heutigen Physik. Dazu sind seit Jahren sehr intensive und aufwendige Bemühungen auf experimentellem und theoretischem Gebiet im Gange. Ein bedeutender Fortschritt für die Physik der E. war die Entdeckung und künstliche Erzeugung der → Antiteilchen.

Eine bestimmte Sorte von E. wird durch eine Anzahl von Quantenzahlen, die Ruhmasse, die Lebensdauer, die Art des Zerfalls u. a. gekennzeichnet. Unter geeigneten Bedingungen können aus einem oder mehreren E. andere entstehen. Die meisten E. sind instabil, sie zerfallen spontan nach gewissen Schemata in andere E. Stabile E. sind z. B. Elektron und Proton. Die E. können eine komplizierte Struktur besitzen, die z. B. für Proton und Neutron durch Hofstadter mittels schneller Elektronen erforscht wurde. Zu den E. werden vielfach auch die sehr kurzlebigen → Resonanzen gezählt. Es gibt jedoch Bemühungen, die zahlreichen E. als Verbindungen weniger, noch einfacherer Gebilde zu verstehen (→Quarks).

Nach wachsender Ruhmasse teilt man die E. in die 4 Klassen → Photonen (Quanten des elektromagnetischen Feldes), → Leptonen (leichte E.), → Mesonen (mittelschwere E.) und → Baryonen (schwere und überschwere E.) ein (Tab. S. 242).

Die wichtigsten E. sind die Protonen und Neutronen als Atomkernbestandteile und die Elektronen in der Atomhülle. Die π-Mesonen sind für die Bindungskräfte im Atomkern verantwortlich. K-Mesonen und Hyperonen entstehen als Sekundärstrahlen in der kosmischen Strahlung. Sie lassen sich auch in Teilchenbeschleunigern erzeugen. — Als E. bezeichnet man häufig auch Deuteron, Triton und die α-Teilchen, die keine eigentlichen E. sind, aber in der Kernphysik große Bedeutung haben, z. B. als Geschosse für Kernumwandlungen.

Lit. Sokolow: E. (dtsch Berlin 1964).

Elementarzeit, die Zeit, die das Licht (im Vakuum) zum Durchlaufen einer Elementarlänge benötigt. Die E. beträgt ungefähr 10^{-23} s.

Elementarzelle, → Kristall.

Elemente, 1) Getriebelehre: diejenigen Teile der Oberflächen von Getriebegliedern (→ Glied), die die Bewegungen dieser Glieder auf die entsprechenden Teile anderer Getriebeglieder über-

tragen. E. kommen stets paarweise vor, → Elementenpaar, → Gelenk.

2) Maschinenbau: → Maschinenelemente.

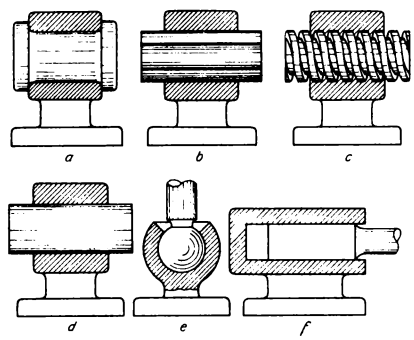
3) Mathematik: a) die grundlegenden Begriffe und Sätze, auf denen sich eine (mathematische) Theorie aufbaut; b) in der Mengenlehre eine zu einer Menge gehörende Einzelgröße, z. B. ist b E. der Menge $\{a, b, c, d, e, \ldots\}$, die Zahl 4 E. der Menge der geraden Zahlen.

4) Chemie: → chemische Elemente.

5) Physik: → galvanische Elemente.

6) Astronomie: die Bestimmungsstücke einer → Bahn.

Elementenpaar, zwei miteinander beweglich verbundene Getriebeelemente. Durch ein E. können stets nur zwei Glieder verbunden werden.



Niedere Elementenpaare: *a* Rundlingspaar, *b* Prismenpaar, *c* Schraubenpaar, *d* Zylinderpaar, *e* Kugelpaar, *f* Ebenenpaar

Je nach Ausbildung der E.e können die Glieder eine ebene oder eine räumliche Bewegung ausführen. Der Freiheitsgrad eines E.es ist 1 oder größer, höchstens jedoch 5. In **niederen E.en** umschließen die beiden Partner einander vollständig, die Relativbewegungen zwischen beiden sind einfach, die Paare sind umkehrbar, d. h., Vertauschung hat keine Änderung der gegenseitigen Bewegung zur Folge. Durch Flächenberührung ist nur ein Aufeinandergleiten möglich. Es gibt sechs niedere Paare: zwangläufig sind das Rundlingspaar (Zapfen und Lager, Abb. a), das Prismenpaar (Schieber und Gleitbahn, Abb. b) und das Schraubenpaar (Schraube und Mutter, Abb. c); das Zylinderpaar (Abb. d) ist vom Freiheitsgrad 2, das Kugelpaar (Abb. e) und das Ebenenpaar (Abb. f) sind vom Freiheitsgrad 3. Die letzten drei Paare können durch doppelte Ausbildung und Kombination, durch Kraft- oder Formschluß zwangläufig gemacht werden. In den **höheren E.en**, deren Zahl unbegrenzt ist, berühren die Partner einander in Linien oder in Punkten; sie sind nicht umkehrbar und haben weniger einfache Relativbewegungen als die niederen Paare. Beispiele: Rad und Schiene, Kurvenscheibe und Rolle, zwei miteinander arbeitende Zahnflanken (Wälzgelenk, Kurven-

Tabelle der Elementarteilchen (Stand 1965)

1 Klassen	2 Teilchen	2 Antiteilchen	3 Zeichen		4 Ladung		5 Spin	6 Ruhmasse [MeV]	6 Ruhmasse [m_e]	7 Mittlere Lebensdauer [s]
Photon	Photon		γ		0		1	0	0	stabil
Leptonen	Neutrino[1])	Antineutrino	ν_e, ν_μ	$\bar{\nu}_e$, $\bar{\nu}_\mu$	0	0	$^1/_2$	0	0	stabil
	Elektron	Positron	e^- (e)	e^+	−1	+1		0,511	1[2])	stabil[2])
	μ-Mesonen (Myonen)	μ^--Meson	μ^+-Meson		−1	+1		105,65	206,77	$2{,}212 \cdot 10^{-6}$
Mesonen	π-Mesonen (Pionen)	π^0-Meson		π^0	0			135	264,20	$1{,}8 \cdot 10^{-16}$
		π^+-Meson	π^--Meson	π^+	π^-	+1	−1	0	139,53	273,1	$2{,}55 \cdot 10^{-8}$
	K-Mesonen	K^+-Meson	K^--Meson	K^+	K^-	+1	−1		494	966,7	$1{,}23 \cdot 10^{-8}$
		K^0-Meson	$\bar{K}^0$-Meson	K^0	$\bar{K}^0$	0	0		497,8	974,2	K_1^0: $1 \cdot 10^{-10}$ K_2^0: $6 \cdot 10^{-8}$
Baryonen	Nukleonen	Proton	Antiproton	p	$\bar{p}$	+1	−1		938,256	1836,12	stabil[4])
		Neutron	Antineutron	n	$\bar{n}$	0	0		939,550	1838,65	$1{,}0 \cdot 10^3$
	Hyperonen	Λ^0-Teilchen (bzw. Λ^0-Hyperon)	Anti-Λ^0-Teilchen (bzw. Anti-Λ^0-Hyperon)	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	0	0		1115,4	2182,8	$2{,}6 \cdot 10^{-10}$
		Σ^+-Teilchen	Anti-Σ^+-Teilchen	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	+1	−1	$^1/_2$	1189,4	2327,7	$0{,}79 \cdot 10^{-10}$
		Σ^0-Teilchen	Anti-Σ^0-Teilchen	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	0	0		1192,4	2332	$1 \cdot 10^{-14}$
		Σ^--Teilchen	Anti-Σ^--Teilchen	Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	−1	+1		1197	2342	$1{,}58 \cdot 10^{-10}$
		Ξ^0-Teilchen	Anti-Ξ^0-Teilchen	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	0	0		1314	2571	$3 \cdot 10^{-10}$
		Ξ^--Teilchen	Anti-Ξ^--Teilchen	Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	−1	+1		1321,4	2586	$1{,}8 \cdot 10^{-10}$
		Ω^--Teilchen	Anti-Ω^--Teilchen	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	−1	+1	$^3/_2$?	1675	3278	$\approx 10^{-10}$

Spalte 4: Ladungseinheit ist die Elementarladung $e_0 = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C (Betrag der Ladung eines Elektrons).
Spalte 5: Angegeben ist die Spinquantenzahl; die Einheit des Spins ist $\hbar$ (→ Spin).
Spalte 6: 1 MeV entspricht $1{,}782 \cdot 10^{-27}$ g, m_e ist die Ruhmasse des Elektrons $9{,}108 \cdot 10^{-28}$ g.

[1]) Über νe- und $\nu\mu$-Neutrinos → Neutrino.

[2]) Experimentell unterscheidet sich die Masse des Positrons von der des Elektrons um weniger als 0,007%; für die anderen Teilchenpaare ist die Massegleichheit von Teilchen und Antiteilchen — wenn auch nicht mit so großer Genauigkeit — ebenfalls experimentell nachgewiesen.

[3]) Positronium, → Paarbildung.

[4]) Beim Zusammentreffen eines Antiprotons mit einem Proton zerstrahlen beide (→ Paarbildung). Das Antiproton kann daher ebensowenig wie das Positron frei in der Natur existieren.

gelenk), Scheibe und Riemen (hier Umschluß, d. h. Flächenberührung durch Formänderung des Riemens). Nach der Art, wie der Schluß, d. h. die dauernde Berührung des Paares, gesichert ist, unterscheidet man selbständige E.e mit → Formschluß und unselbständige E.e mit → Kraftschluß, wobei der Freiheitsgrad des E.es keine Rolle spielt.

E.e werden oft als → Gelenke bezeichnet.

Lit. → Getriebe.

Elevator, svw. → Becherwerk.

Eliasfeuer, svw. → Elmsfeuer.

Elimination, in der Mathematik das Verfahren, aus einem System von Gleichungen durch geeignete Operationen eine oder mehrere Größen zu entfernen (eliminieren). Die E. der Unbekannten wird besonders in der Algebra bei der Auflösung von Gleichungssystemen angewandt mit dem Ziel, die Anzahl der Unbekannten sowie der Gleichungen nacheinander um jeweils eine zu verringern, bis eine Gleichung mit einer Unbekannten übrigbleibt.

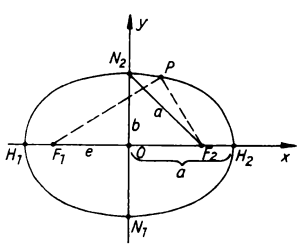
Beispiel: Aus den beiden Gleichungen des freien Falls $v = gt$ und $s = \frac{1}{2} gt^2$ eliminiert man t, indem man $t = \frac{v}{g}$ aus der ersten Gleichung in die zweite einsetzt: $s = \frac{1}{2} g \left(\frac{v}{g}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{g}$ (E. durch Substitution); dagegen entfernt man die Unbekannte y aus den beiden Gleichungen $3x + 2y = 7$ und $2x + 4y = 10$ am zweckmäßigsten durch Multiplikation der ersten Gleichung mit 2 und Subtraktion der zweiten von der ersten Gleichung: $4x = 4$, $x = 1$ (E. durch Addition bzw. Subtraktion).

Eliminierung, in der Chemie der Austritt zweier Atome oder Atomgruppen aus einem Molekül unter Ausbildung von Doppelbindungen, z. B. $CH_3—CH_2—Cl \rightarrow CH_2=CH_2 + HCl$.

Elin-Hafergut-Verfahren, → Schweißen.

Elinvar, eine ferromagnetische Eisen-Nickel-Chrom-Legierung mit 53 % Eisen, 35 % Nickel und 12 % Chrom. Ihr Elastizitätsmodul ist in einem größeren Bereich temperaturabhängig. E. wird besonders in mechanisch schwingenden Systemen mit guter Frequenzkonstanz benutzt, z. B. im elektrisch erregten Stimmgabeloszillator.

Ellipse, eine geschlossene ebene Kurve, ein → Kegelschnitt. Für jeden Punkt P der E. ist die Summe seiner Abstände von zwei festen Punkten, den *Brennpunkten* F_1 und F_2, konstant und hat



Ellipse

den Wert $2a$. Die E. hat einen größten (*Hauptachse;* $\overline{H_1H_2} = 2a$) und einen kleinsten Durchmesser (*Nebenachse;* $\overline{N_1N_2} = 2b$), die aufeinander senkrecht stehen und sich im Mittelpunkt der E. schneiden. Die Entfernung des Mittelpunktes von einem der Brennpunkte heißt (lineare) *Exzentrizität* ($e = \overline{OF_1} = \overline{OF_2}$). Zwischen e, a (große Halbachse) und b (kleine Halbachse) gilt die Beziehung $e^2 = a^2 - b^2$, da $\overline{N_2F_1} = \overline{N_2F_2} = a$. Fallen die Brennpunkte zusammen, ergibt sich als Sonderfall der E. ein Kreis, dessen Exzentrizität gleich Null ist. Die Fläche der E. ist gleich $ab\pi$. Die Gleichung der E. ist, auf ihre Achsen als Koordinatenachsen bezogen, $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ (Mittelpunktsgleichung).

Die E.n sind von Bedeutung für die Astronomie auf Grund der von Kepler gemachten Entdeckung, daß die Bahnen der Planeten um die Sonne E.n sind.

Aus der Eigenschaft der E., daß die Summe der Abstände eines beliebigen Punktes der E. von den beiden Brennpunkten einen konstanten Wert ($2a$) hat, ergibt sich eine mechanische Konstruktion der E. (*Fadenkonstruktion* oder *Gärtnerkonstruktion*): die Enden eines Fadens von der Länge $2a$ werden in zwei Punkten (mit dem Abstand $2e$, $e < a$) befestigt; mit einem Stift wird der Faden gespannt. Führt man den Stift so um die beiden Punkte herum, daß der Faden stets gespannt bleibt, so beschreibt er eine E. mit der großen Halbachse a und der linearen Exzentrizität e.

Der **Ellipsenzirkel (Ellipsograph)** ist ein Gerät zum Aufzeichnen mathematisch genauer Ellipsen; zugrunde liegt die „ruhende Kreuzschleife".

Ellipsendrehwerk, Ovalwerk, ein Gerät zur Herstellung mathematisch genauer Ellipsen auf der Drehmaschine. Dem E. liegt die umlaufende → Kreuzschleife zugrunde.

Ellipsoid *n*, eine geschlossene Fläche 2. Ordnung mit drei zueinander senkrechten Hauptachsen; der Schnittpunkt der Hauptachsen heißt Mittelpunkt des E.s; eine Sehne durch den Mittelpunkt heißt Durchmesser. Ebene Schnitte in den drei Hauptrichtungen ergeben Ellipsen. Sind die Hauptachsen verschieden lang, so nennt man das E. **dreiachsig,** sind zwei von ihnen gleich, so spricht man von einem **Rotations-** oder **Umdrehungsellipsoid (Sphäroid),** da eine solche Fläche auch durch Umdrehung einer Ellipse um eine ihrer beiden Achsen entsteht. Die Umdrehung um die große Achse ergibt das gestreckte, die um die kleine das abgeplattete Rotationsellipsoid (→ Erde). Bezeichnen a, b und c die Längen der Halbachsen, so ist der Rauminhalt des E.s gleich $\frac{4}{3} abc\pi$. Die Gleichung des E.s, auf seine Hauptachsen als Achsen eines räumlichen rechtwinkligen kartesischen Koordinatensystems bezogen, ist

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1.$$

elliptische Funktionen, Funktionen einer komplexen Veränderlichen, die doppeltperiodisch sind, d. h., sie haben eine reelle und eine komplexe Periode. E. F. sind die Umkehrfunktionen der → elliptischen Integrale und haben besondere Bedeutung für die Funktionentheorie.

elliptische Geometrie, eine → nichteuklidische Geometrie.

elliptische Integrale, Integrale der Form $\int R\,(x, \sqrt{P(x)})\,dx$; dabei ist $R(x, \sqrt{P(x)})$ eine rationale Funktion von x und $\sqrt{P(x)}$, während $P(x)$ ein Polynom 3. oder 4. Grades ohne mehrfache Nullstellen bezeichnet; z. B. das Integral $\int_{-1}^{+1} \frac{dx}{\sqrt{1 - x^4}}$, das in den Untersuchungen von Gauß eine wichtige Rolle gespielt hat. E. I. lassen sich nicht durch elementare Funktionen ausdrücken, sondern nur durch Reihenentwicklung berechnen. Sie geben Anlaß zur Bildung neuer Funktionen. Von besonderer Bedeutung sind die Umkehrfunktionen e.r I., die → **elliptischen Funktionen.** Die Bezeichnung e. I. rührt daher, daß solche Integrale bei der Bestimmung der Länge eines Ellipsenbogens vorkommen.

Ellira-Verfahren, → Schweißen.

Ellok, Abk. für elektrische → Lokomotive.

Elmsfeuer, Eliasfeuer, eine luftelektrische Erscheinung (→ Luftelektrizität). Sie zeigt sich als Büschelentladung gelegentlich bei hohem luftelektrischem Potentialgefälle, z. B. bei Gewittern, Schnee- und Staubstürmen, an Kanten und Spitzen von Blitzableitern, Masten, Türmen.

Elomagverfahren, → anodische Oxydation.

Elongation, 1) Astronomie: die Differenz zwischen der ekliptikalen Länge der Sonne und der eines Gestirns.

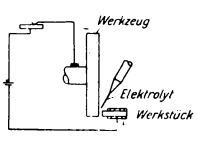
2) Mechanik: bei schwingenden Körpern (Pendel) die sich während der Schwingung dauernd verändernde Entfernung des Körpers aus seiner Ruhelage (→ Schwingung). Der größte Wert der E. bei jeder Schwingung heißt *Amplitude* oder *Schwingungsweite.*

Elophatverfahren, → Phosphatieren.

Eloxalverfahren, → anodische Oxydation.

Elphalverfahren, ein dreistufiges Verfahren zum → Aluminieren von Stahlband. Es erfolgt durch elektrophoretische Abscheidung von Aluminiumpulver, das in einer Mischung aus technischem Methanol und Wasser mit geringen Elektrolytzusätzen suspendiert ist, und nachfolgende Verdichtung durch Kaltwalzen und abschließendes Sintern, das auch zur Verbindung mit der Stahlunterlage führt. Da im Gegensatz zum Alitieren die Bildung der spröden Eisen-Aluminium-Legierungsschicht unterbleibt, ist das so hergestellte, aluminierte Stahlband gut verformbar, insbesondere bei Biegebeanspruchung. Die glatte, meist glänzende Oberfläche läßt sich anodisch oxydieren und einfärben oder auch mit Email überziehen.

Elysieren, ein Fertigungsverfahren zum Abtragen kleiner Werkstoffteilchen auf vorwiegend elektrolytischem Wege. Dabei wird ein formübertragendes, elektrisch leitendes Gegenstück als Werkzeug benutzt. Beim E. bilden in einem einfachen Gleichstromkreis das Werkstück die Anode und das eine Schnittbewegung ausführende Werkzeug die Katode (Werkzeugelektrode). Das Verfahren ist nur für die Bearbeitung elektrisch leitender Materialien anwendbar. Als Wirkmedien werden hierbei ausschließlich flüssige, leitende (elektrische) Stoffe verwendet, z. B. Lösungen verschiedener Salze, vor allem Kalium- oder Natriumsilikat (Wasserglas), Natrium-, Bor- oder Phosphorsalze. Die elektrolytische Lösung wird in den Spalt (bis etwa 80 μm) zwischen Werkzeug und Werkstück gebracht und ermöglicht damit die Stromübertragung. Durch die dissoziierende Wirkung des Stromes in Verbindung mit dem Elektrolyten kommt es zur Abtragung von kleinen Werkstoffteilchen an der anodisch geschalteten Werkstückoberfläche. Als Elektroden werden Scheiben aus Grauguß oder Stahl benutzt oder Elektroden, aus deren Oberfläche elektrisch nicht leitende Schleifkörper (Diamant oder Siliziumkarbid) herausragen, die den erforderlichen Spalt zwischen Werkstück und Werkzeug einhalten. Das Werkstück wird beim letztgenannten Verfahren mit bestimmtem Anpreßdruck gegen die rotierende Werkzeugelektrode angedrückt.



Prinzip des Elysierens

Das E. wird für harte und zähharte sowie Magnetwerkstoffe angewendet; es hat sich besonders für die Profilierung und Schärfung von Werkzeugen aus Hartmetall bewährt.

Em, Kurzz. für → Eman.

Email *n*, **Emaille,** ein Überzug aus nicht zu Ende geschmolzenem Glas auf metallischer Unterlage, der als Oberflächenschutz gegen chemischen Angriff und zur Verzierung dient. E.s zeigen eine glatte, harte und hitzebeständige Oberfläche; sie können durch Metalloxide getrübt oder gefärbt sein. Ausgangsstoffe für E. sind Quarz, Feldspat, Borax, Flußspat, Natriumnitrat, Nickel-, Kobalt- und Zinkoxid, Zirkonium-, Zinn-, Zer- und Titandioxid u. a. Sie werden getrocknet, gemischt, gemahlen, geschmolzen und in Wasser abgeschreckt. Das erhaltene körnige Glas wird mit Ton, Magnesiumoxid und färbenden Zusätzen fein gemahlen. Beim *Emaillieren* kann das E. als Naß- oder Puderemail aufgetragen werden. Beim Auftragen als **Naßemail** taucht man den vorher gebeizten Gegenstand in den Emailschlicker oder spritzt diesen auf; danach brennt man den Emailüberzug bei 800 bis 900 °C ein. **Puderemails** werden trocken auf die glühenden Gegenstände mit einem durch Druckluft gerüttelten Sieb aufgesiebt; hierbei klebt das E. auf einem bereits vorher aufgeschmolzenen Grundemail an. Anschließend wird durch erneutes Erhitzen glattgeschmolzen. Die **Grundemails** werden in der Regel auch für Naßemails zur besseren Verbindung mit dem Metall und als elastische Unterlage der nach einer der beiden Methoden aufgebrachten **Deckemails** aufgeschmolzen. Letztere sind durch Zinnoxid u. a. undurchsichtig deckend getrübt und verleihen dem Gegenstand die endgültige Beschaffenheit. Der Ausdehnungskoeffizient vor allem des Grundemails muß annähernd der des Metalls sein. Man verwendet E.s bei der Herstellung von Herden, Öfen, Haus- und Küchengeräten, Großbehältern, Schildern, Schmuckgegenständen u. a. Emaillierte Gegenstände, die mit Speisen in Berührung kommen, dürfen keine gesundheitsschädlichen Stoffe an den Inhalt abgeben. E.s für Behälter der chemischen Industrie müssen säurefest sein. Solche E.s sind schwerschmelzend eingestellt und werden besonders hoch aufgeschmolzen.

Lit. Aldinger: Der praktische Emailfachmann (3. Aufl. Essen 1956); Henze: Glasuren (Halle 1951); Märker: Emailliertechnik (Leipzig 1956); H. Neumann: Tabellenbuch für die Keramik-, Glas- und Emailindustrie, Bd 1 Allgemeine Zahlenwerte, technische Daten, Rechentabellen der Chemikalien und Fritten (Leipzig 1955); Petzold: E. (Berlin 1955); Stuckert: Die Emailfabrikation (2. Aufl. Berlin 1941); Vielhaber: Rezept-Taschenbuch für E.s und Glasuren (2. Aufl. Hamburg 1952), Emailtechnik (3. Aufl. Düsseldorf 1958).

Emailfarben, → keramische Farben.

Emaillieren, ein Fertigungsverfahren der Hauptgruppe → Beschichten zur Herstellung von Oberflächenschichten aus Emaille.

eman, Kurzz. für → Eman.

Eman, Kurzz. **Em,** auch **eman,** in der Balneologie (Bäderkunde) verwendete Einheit für die Konzentration des natürlichen radioaktiven Gases Radon in Luft oder Lösungen. 1 Em $= 10^{-10}$ Ci/l (Curie/Liter) $=$. 3,7 Kernzerfallsakte je Liter.

Emanation, 1) svw. Ausstrahlung, z. B. von radioaktiven Gasen durch radioaktive feste Körper.

2) Frühere Bezeichnung für → Radon.

Emission, die Aussendung einer Wellen- oder Teilchenstrahlung, z. B. Licht durch leuchtende Körper und α-, β-, γ-Strahlung durch radioaktive Stoffe. Bei den Elektronenröhren versteht man unter E. die Aussendung eines Elektronenstromes aus der Katode. Das Maß für die Fähigkeit eines Stoffes zur E. bezeichnet man als **Emissionsvermögen,** → Strahlungsgesetze.

Emissionsmikroskop, ein → Elektronenmikroskop, das im Gegensatz zum bekannteren Durchstrahlungsmikroskop die von einem Objekt selbst ausgesandten Elektronen zur Abbildung verwendet. Um den Elektronenaustritt zu ermöglichen, muß entweder das Objekt aufgeheizt werden (thermische Emission), wobei zur Herabsetzung der Austrittsarbeit bestimmte Substanzen in dünnster Schicht aufgedampft werden können, oder es wird die notwendige Energie durch Be-

schuß mit Ionen, Elektronen, Röntgenstrahlung oder UV-Licht zugeführt. Die mit sehr kleiner Geschwindigkeit austretenden Elektronen werden durch ein Immersionsobjektiv gleichzeitig beschleunigt und fokussiert. Durch weitere Elektronenlinsen kann die Vergrößerung auf den Endbildschirm bis etwa 5000fach erhöht werden. Das Auflösungsvermögen übertrifft mit etwa 20 nm (Nanometer) das eines für ähnliche Zwecke geeigneten Hochtemperaturlichtmikroskopes etwa um den Faktor 50.

Mit einem E. kann man z. B. die beim Aufheizen eines metallischen Objektes auftretenden Gefügeumwandlungen, verschiedene Oberflächenreaktionen bei Gaseinlaß oder das Verhalten einer Katode im submikroskopischen Bereich direkt sichtbar machen. Der wesentliche Vorzug ist die direkte Beobachtung von am Objekt ablaufenden Vorgängen, die mit der beim Durchstrahlungsmikroskop notwendigen Abdrucktechnik nicht erfaßbar sind.

Ein linsenloses E. ist das → Feldelektronenmikroskop.

Lit. → Elektronenmikroskop.

Emissionsnebel, eine Erscheinungsform der → interstellaren Materie.

E-Mittel, Ester-Mittel, Phosphorsäureestermittel, als Wirkstoff Thiophosphorsäureester enthaltende Insektizide. Sie wirken als Kontaktgift, daneben auch als Fraß- und Atemgift, und zwar auch auf Schädlinge, die von anderen Giften nicht erfaßt werden. Einige haben eine gewisse Tiefenwirkung, d. h., sie vermögen in die Blätter einzudringen.

EMK, Abk. für → elektromotorische Kraft.

Empfänger, in der Funktechnik ein Gerät zur Aufnahme von modulierten hochfrequenten Schwingungen, die weiter verstärkt und demoduliert werden, um den Informationsinhalt zu gewinnen (Bild, Ton, Telegrafie). → Rundfunktechnik, → Fernsehen, → Telegrafie.

Empfindlichkeit, 1) Photographie: die Eigenschaft des photographischen Aufnahmematerials, auf Lichteinwirkungen mit einer durch den Entwicklungsprozeß sichtbar werdenden Schwärzung zu reagieren. Die E. wird in DIN (DIN-E.) nach DIN 4512 oder TGL 143–408 Blatt 8 gemessen, in der UdSSR nach GOST, in den USA in ASA-Graden. Über **Farbenempfindlichkeit** des photographischen Aufnahmematerials → Farbenphotographie, → Photographie.

2) Physiologie: **Augenempfindlichkeit,** → Auge.

3) Funktechnik: ein Maß für die Fähigkeit eines Empfängers, schwache Signale zu empfangen. Gemäß den Empfehlungen der IEC (Internationale Elektrotechnische Kommission) sind zwei Definitionen der E. gebräuchlich: 1) **Verstärkungsbegrenzte E.,** d. i. diejenige Eingangsleistung eines Empfängers, die eine Ausgangsleistung bestimmter Größe (vorzugsweise 50 mW) erzeugt, wobei das Eingangssignal zu 30 % mit 1 kHz (Kilohertz) moduliert ist. Diese Empfindlichkeitsangabe hat an Bedeutung verloren, da viele der modernen Empfänger 50 mW (Milliwatt) schon durch das Eingangsrauschen erzeugen können. 2) **Rauschbegrenzte E.,** d. i. diejenige Eingangsleistung eines Empfängers, die am Ausgang ein bestimmtes Signal-Rausch-Verhältnis (bei FM zum Beispiel 30 dB) erzeugt, wobei das Eingangssignal zu 30 % mit 1 kHz moduliert ist.

4) Meßtechnik: bei Meßgeräten mit Strichskale das Verhältnis der Änderung der Anzeige (Zeigerweg in Millimetern) zu der diese verursachenden Änderung der Meßgröße; bei Meßgeräten mit Ziffernskale das Verhältnis der Anzahl der Ziffernschritte zu der sie bewirkenden Änderung der Meßgröße. Die E. ist bei Längenmeßgeräten gleich der Übersetzung (Ausgangsgröße dividiert durch Eingangsgröße).

Empirie, die unmittelbare Erfahrung, die aus Beobachtung oder Experiment gewonnen ist. Es besteht die Auffassung, wonach die Erkenntnis, wonach die Wissenschaft, sich nur auf die E. beschränken soll (Empirismus), sowie die Auffassung, wonach der E. sehr geringfügige Bedeutung oder überhaupt keine zukommt (Rationalismus). Diese Auffassungen sind einseitig und daher falsch. Die Wahrheit ist die, daß jede Erkenntnis mit der E. beginnt, daß sie aber nicht bei dieser stehenbleibt, sondern zur Stufe des rationalen Denkens, zur Theorie aufsteigt.

Emscherbrunnen, → Abwasser.

Emulsion, 1) allgemein ein kolloiddisperses System, bei dem eine Flüssigkeit innerhalb einer nicht mit ihr mischbaren anderen vorliegt. Man unterscheidet zwischen *Öl-in-Wasser-Emulsionen* (Öl disperse, Wasser geschlossene Phase) und *Wasser-in-Öl-Emulsionen* (Wasser disperse, Öl geschlossene Phase). Das **Emulgieren** oder **Emulsionieren** geschieht mit Hilfe von Rührwerken, Vibratoren oder Ultraschall. Meist werden bei der Herstellung von E.en **Emulgatoren** zugesetzt, d. s. Stoffe, die ein Zusammentreten der dispergierten Tröpfchen verhindern, z. B. Salze und Derivate höherer Fettsäuren, Eiweißstoffe, höhere Alkohole.

Natürliche E.en sind vor allem Milch und Latex. Künstliche E.en können von sehr vielen nicht mischbaren Flüssigkeiten hergestellt werden; z. B. sind häufig Schädlingsbekämpfungsmittel, Schuhpflegemittel, Kosmetika, Arzneimittel, Lebensmittel (Mayonnaise, Margarine) E.en. In der Plastindustrie spielt die **Emulsionspolymerisation** (→ Polymerisation) eine bedeutende Rolle.

Verwandt mit dem Emulgieren ist die → Solubilisation.

Das Entmischen von E.en **(Demulgieren)** erfolgt durch physikalische oder chemische Verfahren, z. B. durch Zusatz von Stärke oder Natriumsulfonaten.

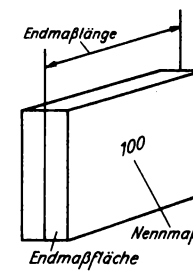
2) → Photographie.

Enantiomorphie, die Erscheinung bei Kristallen, die sich wie Bild und Spiegelbild verhalten. Sie sind optisch aktiv, z. B. der Rechts- und Linksquarz. E. kann nur in solchen Kristallklassen vorkommen, die kein Symmetriezentrum haben.

Enantiotropie, → Modifikationen.

Endikon, svw. → Vidikon.

Endmaß, eine Maßverkörperung. Sie besteht meist aus einem prismatischen oder zylindrischen Körper aus Stahl, Quarz oder Glas mit parallelen ebenen Endflächen **(Parallelendmaß).** Der Abstand dieser Flächen verkörpert ein bestimmtes Maß bei der → Bezugstemperatur von 20 °C. Außer Parallelendmaßen gibt es auch E.e mit kugeligen oder zylindrischen Meßflächen.



Parallelendmaß 100 mm

Das Maß eines E.es mit parallelen ebenen Flächen wird definiert durch den Abstand zweier ebener Meßflächen, von denen die eine die Oberfläche eines Hilfskörpers (aus gleichem Werkstoff und mit gleicher Oberflächengüte) ist, an der das E. mit einer Fläche vollständig haftet, und die andere die freie Fläche des E.es. Bei nicht völliger Parallelität gilt als Abstand die Senkrechte von der Mitte der freien Fläche auf die Fläche des Hilfskörpers (Mittenmaß *m*). Für E.e höchster Genauigkeit wird das Mittenmaß mittels Lichtinterferenzen auf 0,02 bis 0,05 µm genau bestimmt, für E.e nachgeordneter Genauigkeit vorwiegend durch Unterschiedsmessung gegen ein als Normal dienendes E. höherer Genauigkeit mittels geeigneten Feinzeigers oder Komparators. Parallelendmaße werden nach TGL 12015 ausgeführt in Nennmaßen 1 (0,5) mm bis 3 m. Für Endmaße >200 mm ist die Unterstützung in den „günstigsten" Punkten erforderlich, um den Einfluß der Durchbiegung infolge Eigenmasse auf die Länge möglichst gering zu halten.

Parallelendmaße werden zum Einstellen und Prüfen von Meßmitteln (Feinzeiger, Meßschrauben, Meßmaschinen, Komparatoren usw.), zum Einstellen von Werkzeugmaschinen, Ausfühlen von Nutabständen an Werkstücken (Achsabstand) usw. verwendet, ferner als Parallelendmaß-Rachenlehren zum Einstellen von Zweipunkt-Innenmeßgeräten.

Endoblastese, ein autometasomatischer Vorgang, der gegen Ende der Bildung von Tiefengesteinen, besonders von Graniten, aus Magma eintreten kann. Aus den tieferen Teilen des magmatischen Körpers werden leicht bewegliche Restphasen mit Kaliumgehalt zugeführt, die eine Vergrößerung (Sprossung, Blastese) des Orthoklases des Tiefengesteins bewirken. Dabei werden Plagioklase, auch Quarz und Biotit verdrängt.

endogen, svw. innenbürtig. Als e. bezeichnet man die geologischen Vorgänge und Erscheinungen, die durch Kräfte aus dem Erdinnern hervorgerufen werden, und zwar Epirogenese, Tektogenese, Erdbeben und Magmatismus. Gegensatz: → exogen.

Endoradiosonde, svw. → Intestinalsender.

Endoskop, ein optisches Instrument zur Betrachtung oder Untersuchung von Hohlräumen für medizinische und technische Zwecke.

1) In der Medizin (Human- und Veterinärmedizin) werden E.e in natürliche oder durch operativen Eingriff erreichbare Körperinnenräume zu deren Betrachtung eingeführt. Man unterscheidet endoskopoptische und Tubusgeräte. *Endoskopoptische Geräte* bestehen aus einer Endoskopoptik, d. i. ein Rohr, das ein eingebautes periskopisches System mit bestimmter Blickrichtung enthält; manche dieser Geräte werden in Verbindung mit einem Schaft, einer Trokarhülse, einem Tubus oder Trichter angewendet. *Tubusgeräte* bestehen aus einem rohr- oder trichterförmigen Teil; manche dieser Geräte werden in Verbindung mit einer Lupe, Fernrohrlupe oder Endoskopoptik angewendet. Die Beleuchtung der zu betrachtenden Körperhöhle erfolgt mittels Glühlampe, Lichtwurflampe oder Gasentladungslampe. Die Lichtquelle kann am E. *distal* (am Ende des einzuführenden Geräteteiles) oder *proximal* (außerhalb der Körperhöhle am Gerät) angeordnet sein. Vom proximalen Ende des E.s wird das Licht entweder als gerichtetes Licht durch einen Kondensor und Wandreflexion im Tubus oder durch einen Lichtleitstab aus Quarzglas oder durch ein Bündel von Glasfasern zum distalen Ende des E.s weitergeleitet. Bei *gerätefern* angeordneter Lichtquelle ist diese durch ein flexibles Lichtleitkabel aus Glasfasern mit dem E. verbunden. Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man bei endoskopischen Geräten z. B. **Thorakoskop** zur Betrachtung und — in Verbindung mit einer elektrischen Schneidschlinge (Kauter) — zur Operation in der Pleurahöhle, **Gastroskop** zur Betrachtung der Mageninnenwand, **Laparoskop** zur Betrachtung der Organe in der Bauchhöhle, z. B. der Leber, und **Zystoskop** zur Betrachtung des Blaseninneren, **Lythotriptor** für die Steinzertrümmerung und -entfernung aus der Blase unter Optiksicht, bei den Tubusgeräten z. B. **Otoskop** zur Betrachtung des Trommelfells, **Bronchoskop** zur Betrachtung der einsehbaren Luftröhre, **Laryngoskop** zur Kehlkopf-Aufsichtbetrachtung.

2) In der Technik werden E.e mit periskopischem System und verschiedenen Blickrichtungen verwendet, z. B. als **Düsenprüfgerät** zur Kontrolle von Einspritzdüsen, Sacklöchern und Feinbohrungen ab 3 mm Durchmesser, als **Rohrwandprüfgerät** zur Kontrolle von engen Rohren, Bohrungen und Gewehrläufen von 3 mm bis 12 mm Durchmesser bei Längen von 150 bis 1500 mm, als **Hohlkörperprüfgerät** zur Kontrolle von Stahlflaschen, Großbehältern, Rohrleitungen u. ä. mit Durchmesser von 12 bis 45 mm bei Längen bis zu 20 m.

endotherm, Chemie: unter Aufnahme von Wärme verlaufend, z. B. die Bildung von Äthin aus seinen Grundstoffen. Gegensatz: → exotherm. Die Endprodukte e.er Reaktionen sind energiereicher als die Ausgangsprodukte. Sie zersetzen sich sehr leicht und sind vielfach explosiv, z. B. Jodstickstoff.

Endschalter, ein → Schalter, der durch Anstoß bewegter Maschinenteile beim Erreichen einer bestimmten Stellung (häufig Endstellung) betätigt wird und den Antrieb direkt oder über ein Schütz ab- oder umschaltet. Nach der Betätigungsart unterscheidet man Hebel-, Spindel- und Getriebeendschalter. Beim **Hebelendschalter** nimmt ein Rollenhebel, verbunden mit einer Schaltwalze, die Ab- oder Umschaltung vor. Beim **Spindelendschalter** betätigt eine Mutter auf einer vom Triebwerk angetriebenen Spindel am Ende ihres Weges die elektrische Schaltvorrichtung. Der **Getriebeendschalter,** der ähnlich einem Zählwerk gebaut ist, löst nach einer vorbestimmten Umdrehungszahl der Antriebswelle abtriebsseitig durch einen Hebel den Schaltvorgang aus. E. dienen z. B. zur Stillsetzung des Hubmotors bei festgelegter Hubhöhe oder des Schwenkantriebes eines Kranes, Baggers u. dgl. bei einem festgelegten Schwenkwinkel.

En_e, Abk. für → Elektroneurograph.

Energetik, naturwissenschaftliche Lehre von den Gesetzmäßigkeiten der Energie und deren Umwandlungen. Als **Energietechnik** bezeichnet man die technisch angewendete E., die eine große Zahl technischer Disziplinen zum Zwecke der optimalen energetischen Umwandlung der Rohenergie in Gebrauchs- und Nutzenergie sowie deren Transport, die Konstruktion und den technischen Betrieb der hierzu erforderlichen Verfahren und Geräte umfaßt.

Lit. Hildebrand: Wirtschaftliche Energieversorgung (Leipzig 1965); Schilling u. Tischer: Einführung in die Produktionstechnik, Bd 4: E. (3. Aufl. Berlin 1967).

Energie, Zeichen W, gespeicherte Arbeit oder die Fähigkeit, Arbeit zu leisten. Nach dem allgemeinen Energieerhaltungssatz (Energieprinzip) von J. R. Mayer, J. P. Joule, H. v. Helmholtz ist in einem abgeschlossenen System die gesamte E. konstant (→ Hauptsätze der Thermodynamik). In einem nicht abgeschlossenen System ist der Energiezuwachs gleich der Energieabnahme der Umgebung. Es können bei jedem Naturvorgang immer nur ganz bestimmte Energiemengen in andere ganz bestimmte Energiemengen umgesetzt werden. Insgesamt kann dabei aber weder etwas verlorengehen noch gewonnen werden (→ Erhaltungssätze, → Paarbildung). — E. ist mit

Energieaquivalente

	erg	J = Ws	kWh	kpm	kcal	eV
1 erg =	1	10^{-7}	$2{,}778 \cdot 10^{-14}$	$1{,}0197 \cdot 10^{-8}$	$2{,}389 \cdot 10^{-11}$	$6{,}24 \cdot 10^{11}$
1 J =	10^{7}	1	$2{,}778 \cdot 10^{-7}$	0,10197	$2{,}389 \cdot 10^{-4}$	$6{,}24 \cdot 10^{18}$
1 kWh =	$3{,}600 \cdot 10^{13}$	$3{,}600 \cdot 10^{6}$	1	$3{,}671 \cdot 10^{5}$	860,1	$2{,}247 \cdot 10^{25}$
1 kpm =	$9{,}80665 \cdot 10^{7}$	9,80665	$2{,}724 \cdot 10^{-6}$	1	$2{,}3430 \cdot 10^{-3}$	$6{,}12 \cdot 10^{19}$
1 kcal =	$4{,}1868 \cdot 10^{10}$	4186,8	$1{,}163 \cdot 10^{-3}$	426,9	1	$2{,}614 \cdot 10^{22}$
1 eV =	$1{,}602 \cdot 10^{-12}$	$1{,}602 \cdot 10^{-19}$	$4{,}450 \cdot 10^{-26}$	$1{,}634 \cdot 10^{-20}$	$3{,}827 \cdot 10^{-23}$	1

mechanischer Arbeit gleichwertig, d. h. sie kann in mechanische Arbeit umgewandelt werden (und umgekehrt). Deshalb wird sie in den gleichen Einheiten wie die Arbeit gemessen (z. B. erg, J, Ws). Diese Maßeinheiten stehen aber in bestimmtem Verhältnis zueinander und können ineinander umgerechnet werden (**Energieäquivalente**, Tab. S. 246).

Ein Körper kann E. grundsätzlich nur als **potentielle E. (Lageenergie)** oder als **kinetische E. (Bewegungsenergie)** besitzen. Fast alle anderen Energiearten können als potentielle oder kinetische E. der Kernbausteine, Elektronen, Atome oder Moleküle gedeutet werden. Daneben hat die spezielle Relativitätstheorie gezeigt, daß die Masse m eine Erscheinungsform der E. ist: $W = m c^2$ (c = Lichtgeschwindigkeit im Vakuum).

1) Die **mechanische E.** äußert sich als kinetische oder potentielle E. Kinetische E. ist die Arbeitsfähigkeit eines Systems infolge seiner Bewegung; das halbe Produkt aus der Masse m und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit v ($1/2\ m\ v^2$) ist mit Arbeit gleichwertig. Potentielle E. ist die Arbeitsfähigkeit eines Systems durch seine besondere Lage bzw. durch seinen besonderen Zustand, der z. B. durch das Heben eines Körpers ($W = m\ g\ h$, wobei g = Erdbeschleunigung, h = Höhe) oder das Spannen einer Feder ($W = {}^1/_2\ K\ z^2$, wobei K = Federkonstante, z = Längenzuwachs der Feder) entsteht und als Arbeit wieder abgegeben werden kann (Herabfallen des Körpers, Entspannen der Feder). — **Schallenergie** ist eine besondere Erscheinungsform geordneter kinetischer E. von Molekülen, die bei Ausbreitung der Schallwellen von Molekül zu Molekül übertragen wird.

2) Die **Wärmeenergie**, genauer die **innere E.** eines Körpers, ist nach der mechanischen Wärmetheorie ungeordnete kinetische E. der Atome und Moleküle. Im wesentlichen wird sie durch die Höhe der Temperatur des Körpers bestimmt. Sie setzt sich zusammen aus der nach statistischen Gesetzmäßigkeiten verteilten Translations-, Rotations- und Schwingungsenergie der Atome und Moleküle und wird gewöhnlich in cal oder kcal gemessen.

3) Die **elektrische E. (elektromagnetische E.)** tritt als potentielle oder elektrodynamische E. auf. Die potentielle E. elektrischer Ladungen (*elektrische Feldenergie*) ist der Energievorrat, der in dem um den geladenen Körper befindlichen elektrischen Feld gespeichert ist. Er ist (in Wattsekunden gemessen) gleich dem halben Produkt aus der Ladung (in Coulomb) und der Spannung (in Volt) oder gleich dem halben Produkt aus der Kapazität (in Farad) und dem Quadrat der Spannung (in Volt). Elektrodynamische E. erscheint als elektrische Stromenergie, gemessen durch das Produkt aus Stromstärke (in Ampere), der Spannung (in Volt) und der Zeit (in Sekunden) (*Joulesches Gesetz*). Diese elektrischen Einheiten sind so gewählt, daß eine Voltamperesekunde gleich 1 Joule (Wattsekunde) ist. Die übliche elektrotechnische Energieeinheit ist die Kilowattstunde.

4) Die **magnetische E.** ist eine Zustandsenergie, deren Betrag durch die zur Erzeugung des magnetisierten Zustandes aufgewendete Arbeit angegeben wird. Für jede Form des magnetischen Feldes ist die im Raum gespeicherte magnetische E. gleich dem halben Produkt aus magnetischer Feldstärke (in Ampere je Meter) und magnetischer Induktion (in Voltsekunden je Quadratmeter).

Die magnetische E. eines Magnetfeldes kann sich in elektrische E. umsetzen (→ Induktion).

5) **Chemische E.** ist die bei endothermen Reaktionen von einem System aufgenommene Wärmeenergie, z. B. bei der Zerlegung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff. Diese chemische Zustandsenergie wird durch den rückläufigen Vorgang, z. B. eine Knallgasexplosion, wieder frei (exotherme Reaktion). Im Akkumulator wird E. als chemische E. gespeichert, die als elektrische E. wieder abgegeben werden kann.

6) **Bindungsenergie** ist die Energiedifferenz einer Anzahl miteinander verbundener Teilchen gegenüber dem Zustand ihrer Trennung in unendlicher Entfernung voneinander. Treten Atome zu einem Molekül zusammen, so handelt es sich um chemische Bindungsenergie, vereinigen sich Elementarteilchen zum Atomkern, um Kernbindungsenergie. Die Bindungsenergie ist negativ, da beim Zusammentreten der Teilchen Energie frei wird. Im Zustand ihrer unendlichen Entfernung voneinander schreibt man den Teilchen die E. Null zu. Während die Bindungsenergie der Moleküle in der Größenordnung von eV (Elektronenvolt) liegt, rechnet man die Kernbindungsenergie nach vielen MeV (Megaelektronenvolt). Sie steigt von 2,2 beim Deuteron auf 1780 MeV beim Urankern. Dividiert man die Kernbindungsenergie durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit, so erhält man den Massedefekt. Dabei entspricht ein MeV Bindungsenergie einem Massedefekt von $1{,}073 \cdot 10^{-3}$ u (atomphysikalische Masseeinheit).

Energiebänder, → Bändermodell.

Energiedosis, svw. → Strahlungsdosis.

Energieterme, → Bändermodell.

Energieträger, solche Stoffe, die zur Abgabe von Energie dienen. Dazu gehören z. B. feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe, die bei ihrer Verbrennung die Bereitstellung von Energie ermöglichen, aber auch Stoffe wie Wasser, Dampf und Luft, die zur Aufnahme, zum Transport und zur Abgabe von Energie — z. B. in Wärmeaustauschern und Turbinen — geeignet sind. Elektroenergie wird nur bei der Aufstellung von Energiebilanzen als E. betrachtet. *Feste Brennstoffe* (Kohle) werden vor allem zur Umwandlung in Wärme und Elektroenergie (Heiz- und Kraftwerke) eingesetzt. *Flüssige Brennstoffe* (Benzin, Öl) dienen dem kraft- und wärmetechnischen Spezialbedarf (Transport und Verkehr) sowie zur Wärme- und Elektroenergieerzeugung. *Gase* decken ebenfalls den sehr großen Wärme- und Heizungsbedarf in der Volkswirtschaft und im Haushalt. Die Elektroenergie ist in alle Nutzenergieformen umwandelbar, gut regel- und steuerbar und hat eine hohe Energiedichte. Sie befriedigt deshalb den allgemeinen Bedarf an mechanischer Energie und Licht sowie den höchstdifferenzierten Wärmebedarf mit großen Anforderungen an Regelbarkeit und Temperaturhöhe in Haushalt, Medizin, Industrie u. a. (→ Elektroenergieversorgung, → Energiewirtschaft).

Lit. → Energiewirtschaft.

Energieverlustdicke, → Grenzschicht.

Energieversorgungsbetrieb, abg. **EVB,** früher **Verteiler,** ein Betrieb, dessen Hauptaufgabe die Erzeugung, Übertragung und Verteilung (→ Elektroenergieversorgung) einschließlich Absatz von Elektroenergie, Gas und Wärme (in Form von Dampf oder Heißwasser) ist. Das Versorgungsgebiet eines E.es umfaßt in der DDR einen Bezirk bzw. Berlin (Hauptstadt der DDR).

Lit. TGL 78-10180, Oktober 1962.

Energiewirtschaft, Teilgebiet der Volkswirtschaft, das die Aufgabe hat, den Energiebedarf der materiellen Produktion und der individuellen und gesellschaftlichen Konsumtion bedarfsgerecht zu decken. Dazu gehören die Nutzung der Energiequellen, die Energieträgerumwandlung, der Energieträgertransport und die Energieanwendung. Je nach → Energieträger kann die E. in Kohle-, Mineralöl-, Gas-, Wärme- und Elektroenergiewirtschaft (Elektrizitätswirtschaft) unterteilt werden. Eine wichtige Aufgabe der E. stellt

die Energiebedarfsprognose über Zeiträume von 2 bis 5 (kurzfristig) sowie 10, 20 und 50 Jahren (langfristig) dar.

Die Hauptaufgaben der E. in der DDR bestehen a) in der wirtschaftlichen Nutzung der heimischen Rohbraunkohle, indem diese in Großkraftwerken zur Erzeugung von Dampf und Elektroenergie, in Sauerstoffdruckvergasungsanlagen zur Erzeugung von Stadtgas und in der Braunkohlen-Hochtemperatur-Entgasung zur Herstellung von BHT-Koks eingesetzt wird; b) in der wirtschaftlichen Bereitstellung von Erdöl, Erdgas, Kernenergie u. dgl. Gegenwärtig sind der intensive Ausbau der Erdölverarbeitung zur Erzeugung von flüssigen Brenn- und Kraftstoffen und die Weiterentwicklung der Petrolchemie bei gleichzeitiger sukzessiver Reduzierung der Braunkohlenveredlung über Schwelung und Hydrierung von Bedeutung; c) im Erreichen einer hohen Wirtschaftlichkeit beim Bereitstellen der Energieträger am Verbrauchsort. Dazu gehört z. B. eine allgemeine Erhöhung der energetischen Wirkungsgrade in den Energieerzeugungs- und -transportanlagen.

Durch Speicherung von Energieträgern können die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen zwischen Energiebedarf und Energieangebot ausgeglichen werden (Untergrundspeicher für Stadtgas sowie Pumpspeicherwerk). Da Elektroenergie unmittelbar nicht in größerem Ausmaß speicherbar ist, dienen eine umfassende Verbundwirtschaft und der Einsatz regelbarer Großverbraucher zum Ausgleich der Belastungsschwankungen.

Lit. Witte: Handb. der E. (Berlin, Bd 1 1958, Bd 2 1960, Bd 3 2. Aufl. 1963); TGL 78-10179, Mai 1963.

Engländer, ein → Schraubenschlüssel.

Englergrad, Kurzz. °E, nach dem deutschen Chemiker Engler benannte, alte, nicht gesetzliche Einheit der kinematischen Viskosität von Flüssigkeiten. Sie wird aus der Zeit bestimmt, in der eine bestimmte Menge Flüssigkeit im Vergleich zu Wasser aus einem Engler- Viskosimeter fließt.

Englischrot, Eisen(III)-oxid, → Eisen.

Engobe *f*, **Begußmasse, Angußmasse, Angußfarbe,** ein weißer oder farbiger Überzug auf keramischen Erzeugnissen. Beim *Engobieren* werden Schlicker aus Tonen, Kaolinen oder keramischen Massen — gegebenenfalls mit keramischen Farbkörpern versetzt — durch Angießen oder Aufpinseln auf den rohen Scherben aufgebracht. Mißfarben brennende Scherben, z. B. Schamottekacheln, versieht man so mit einem veredelnden Überzug. Auch farbige Ornamente kann man mittels E.n anbringen **(Engobenmalerei).**

Enneode, eine → Elektronenröhre.

Enole, ungesättigte Alkohole, in denen die Hydroxygruppe am doppelt gebundenen C-Atom steht (Enolform, → Tautomerie).

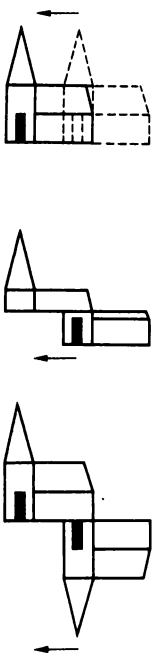
Enstatit, ein → Augit.

Entaktivierung, die Entfernung radioaktiver Stoffe von Haut, Kleidung, Waffen, Kampftechnik, Gelände (Plätzen, Wegen, Straßen usw.). Sie erfolgt mit Lösungsmitteln oder durch Abklopfen, Ausbürsten, Abwaschen und Absprühen mit Wasser. Bei der Geländeentaktivierung wird die oberste Erdschicht abgetragen, oder Wege und Straßen werden abgespült und aktivierte Erdschichten abgedeckt.

Entartung, Zustand gleichen Energieinhalts, aber verschiedener Konfiguration von chemischen Substanzen, z. B. Gasen. Man spricht von E. in der Elektronenhülle des Atoms, wenn Elektronen gleiche Energie, aber verschiedene Quantenzahlen aufweisen.

Entasphaltierung, → Erdölchemie.

Entbasten, das Entfernen des Seidenleims bei → Naturseide.



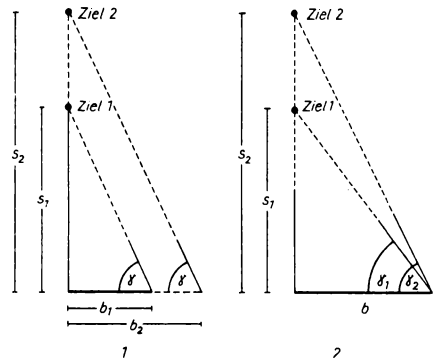
3 Einstellung beim Kehrbildtelemeter

Enteisungsanlagen, → Vereisung.

Entfärben, Abziehen, in der Textilchemie das Entfernen der Färbung vom Substrat durch Ablösen oder Zerstören des Farbstoffs. Ein universelles Entfärbungsmittel ist Natriumdithionit $Na_2S_2O_4$.

Entfernung der Gestirne, → Parallaxe.

Entfernungsmessung, die Bestimmung der Entfernung eines beliebigen Meßzieles vom eigenen Standpunkt aus (im Unterschied zur →

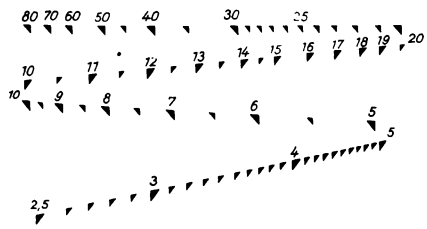


Entfernungsmessung: *1* mit konstantem streckenmessendem Winkel und variabler Basis, *2* mit veränderlichem Meßwinkel und konstanter Basis. *s* zu bestimmende Entfernung, *b* Basis, γ streckenmessender Winkel

Streckenmessung der Geodäsie). Die E. dient meist nautischen und militärischen Zwecken, aber auch zur Entfernungsbestimmung in der Photographie und wird mittels *Entfernungsmessern* (*Telemetern*) vorgenommen.

1) Die **optische E.** beruht auf der optisch-mechanischen Ausmessung eines sehr schlanken Dreiecks, das durch eine im Telemeter vorhandene Meßbasis und zwei von den Endpunkten nach dem Ziel verlaufende Zielstrahlen gebildet wird. Man unterscheidet Instrumente mit konstantem streckenmessendem Winkel und variabler Basis (Abb. 1) und Instrumente mit veränderlichem Meßwinkel und konstanter Basis (Abb. 2). In beiden Abbildungen gilt $s = b \cdot \tan\gamma$ (s = zu bestimmende Entfernung, b = Basis). Der Winkel γ wird durch ablenkende Glaskeile, Spiegel oder Glasprismen festgelegt (Abb. 1) oder gemessen, (Abb. 2). Die Basis b wird durch einen ablesbaren Meßstab (Abb. 1) oder die im Gerät unveränderlich gegebene Entfernung des direkten Zielstrahles vom abgelenkten Zielstrahl gebildet (Abb. 2) Durch die beiden Zielstrahlen, die über optische Systeme in ein gemeinsames Okular geführt werden, sieht der Beobachter ein Doppelbild des angezielten Gegenstandes. Bei Telemetern, die der Messung größerer Entfernungen dienen, ist ein stark vergrößerndes Fernrohr zwischengeschaltet. Zur E. werden bei Geräten nach Abb. 1 die beiden Bilder des Zieles durch Verschieben des ablenkenden optischen Teiles längs der Meßbasis, bei Geräten nach Abb. 2 durch Drehung des Ablenkmittels miteinander zur Koinzidenz oder zur Deckung gebracht (*Koinzidenzentfernungsmesser*). Die Größe der Verschiebung oder Drehung ist das Maß für die gesuchte Entfernung. Bei Photoapparaten ist die Bewegung des ablenkenden optischen Teiles z. B. mit der Objektiveinstellung gekoppelt. Je größer die Meßbasis ist, um so genauer kann die E. erfolgen und um so größer ist die Reichweite eines Telemeters. Je nach Anordnung des Strahlenganges im Entfernungsmesser gibt es *Deckungsbildtelemeter*, *Schnittbildtelemeter* und *Kehrbildtelemeter* (*Invertelemeter*, Abb. 3).

Beim *Raumbildentfernungsmesser* (*Stereotelemeter*) werden nicht beide Zielstrahlen in einem Okular beobachtet, sondern der linke Zielstrahl mit dem linken Auge und der rechte Zielstrahl mit dem rechten Auge. Durch diese binokulare Beobachtung wird die Tiefe des Raumes wie im Stereoskop deutlich wahrnehmbar. Beim Raumbildentfernungsmesser mit fester Skale sind in den beiden Bildfeldebenen Entfernungsskalen eingefügt; sie ergeben bei der beidäugigen Beobachtung zusammen einen in den Dingraum projizierten Maßraum, in dem die Striche wie Kilometersteine in die Tiefe des Dingraums verlaufen (Abb. 4). An ihnen kann die Entfernung des Ziels unmittelbar abgelesen werden. An Stelle der festen Entfernungsskalen finden auch verschiebbare Marken Anwendung, die beim Verstellen scheinbar in der Tiefenrichtung des Dingraums vor- und zurückwandern. Man bringt das wandernde Raumbild der Marke mit dem Ziel in eine Raumebene; die Entfernung des Zieles ist dann mit einer der Verschiebung der Marke verbundenen Teilung ablesbar. Da es nur darauf ankommt, den Zielpunkt und das Raumbild der Marke in gleiche Entfernung zu bringen, kann man auch den Zielpunkt relativ zur hierbei feststehenden Marke wandern lassen, was durch Änderung des Ablenkungswinkels γ erfolgen kann.



4 Markenbild im Stereotelemeter mit fester Skale. Die Zahlen geben die Entfernung in Hektometern an

2) Über die **E. auf elektronischer Grundlage** → Funkortung.

Lit. König: Die Fernrohre und Entfernungsmesser (3. Aufl. Berlin 1959); Kondraschkow: Elektrooptische E. (dtsch Berlin 1961); → Streckenmessung.

Entgasung, 1) die Entfernung flüchtiger Bestandteile aus organischen Rohstoffen (Kohle, Holz u. a.) durch Erhitzen unter Luftabschluß zur Gewinnung von Kohle und Kohlewertstoffen; → Schwelung (**Tieftemperaturentgasung**), → Verkokung (**Hoch-** und **Mitteltemperaturentgasung**).

2) Die Austreibung der aggressiven Gase Sauerstoff und Kohlendioxid aus Kesselspeisewasser, eine Maßnahme der Wasseraufbereitungstechnik. Die E. erfolgt durch Erwärmen, Kochen oder auf chemischem Wege.

Enthalpie, Gibbssche Wärmefunktion, Zeichen H, der Wärmeinhalt eines Stoffes bei konstantem äußeren Druck. Die E. H setzt sich aus der inneren Energie U und der Volumenarbeit pV zusammen: $H = U + pV$. Die E. ist eine Zustandsfunktion, d. h., die E. eines Systems ist nur abhängig vom Anfangs- und Endzustand und unabhängig von der speziellen Art des Weges der betrachteten Zustandsänderung. Die Änderung der E. ΔH eines Systems beim Übergang von einem Zustand 1 in einen anderen 2 stellt die Wärme (in kcal oder cal) dar, die das System unter konstantem Druck aufnimmt oder abgibt: $\Delta H = H_1 - H_2$. Die Temperaturabhängigkeit der auf ein Mol bezogenen E. wird als Molwärme C_p bei konstantem Druck bezeichnet. Der bei Zustandsänderungen des Systems beispielsweise beim Schmelzen bzw. Verdampfen eines Mols eines Stoffes aufgewandte Wärmebetrag unter konstantem äußerem Druck heißt Schmelz- bzw. Verdampfungsenthalpie. Die E. bleibt konstant beim → Joule-Thomson-Effekt. Enthalpieänderungen eines Systems werden mit dem Kalorimeter gemessen. In der Praxis wird meistens als Maß für den Energieinhalt eines Systems die E. und nicht die innere Energie verwendet, da letztere bei konstantem Volumen gemessen werden muß, was bei Festkörpern und Flüssigkeiten auf sehr große experimentelle Schwierigkeiten stößt.

Enthärtung des Wassers, → Härte 2).

Entkohlen, das Absinken des Kohlenstoffgehaltes in der Stahloberfläche bei Glühprozessen. Es führt zur Verringerung der Oberflächenhärte.

Entladung, der Ausgleich von Elektrizitätsmengen unterschiedlichen Vorzeichens zwischen voneinander isolierten, ungleichnamig elektrisch aufgeladenen Körpern (Elektroden). Die E. ist möglich durch Leitung als Elektronen- oder Ionenstrom (metallische bzw. halbleitende oder elektrolytische Verbindung zwischen den Elektroden) oder als → Gasentladung.

Entmistungsanlagen, Stallentmistungsanlagen, Anlagen zum mechanischen Entmisten von Viehställen. 1) Halbmechanisch arbeitende E.: a) **Schleppschaufel.** Mit Hilfe einer Schleppschaufel wird im Kotgang des Schweinestalles oder in der Kotrinne des Rindviehstalles liegender Dung von einer Seilwinde (Motorwinde) aus dem Stall gezogen. b) **Dungbahn,** → Hängebahn.

2) Vollmechanisch arbeitende E. a) **Schubstangenanlage.** An einer Schubstange, die durch einen Motor in der Kotrinne des Rindviehstalles hin- und herbewegt wird, sind bewegliche Klappschaufeln befestigt. Während des Vorwärtsganges der Schubstange stellen diese sich quer zur Transportrichtung und befördern so die einzelnen zwischen den Schaufeln liegenden, in die Kotrinne gefallenen oder von Hand hineingezogenen Dunghaufen vorwärts (je nach Art der Anlage um 0,7 bis 1 m). Bei Rückwärtsbewegung der Schubstange gleiten die nun an der Stange anliegenden Schaufeln am Dung vorbei und erfassen beim darauffolgenden Arbeitshub den nächsten Haufen. Durch die Klappschaufeln wird der Dung absatzweise aus dem Stall befördert. b) **Kratzerkette.** Eine horizontal umlaufende endlose Förderkette mit Kratzern schiebt den Dung beider Kotrinnen des Rindviehstalles nach dem Stallausgang. c) **Schwemmentmistung (Spülentmistung).** Im Stall anfallende Jauche und Schmutzwasser werden aus einer Misch- und Sammelgrube durch die Abschwemmleitung des Stalles gepumpt. Der Frischmist (Häckselmist) braucht nun nur noch über Einwurföffnungen in die Abschwemmleitung eingeschoben zu werden. Der Flüssigkeitsstrom (Jauche und Schmutzwasser) schwemmt den Mist in die Misch- und Sammelgrube ab. Hier steigen Stroh- und Kotteilchen zur Oberfläche auf; die dadurch von diesen freie Flüssigkeit kann mehrmals zum Abschwemmen ausgenutzt werden. Nach Beendigung des Entmistens wird die Schwimmdecke aus Kot- und Strohteilchen durch ein Rührwerk mit der Spülflüssigkeit vermischt und der entstandene Schwemmist in Düngeschlammsilos abgepumpt, wo er 60 bis 90 Tage verbleibt. Danach wird der Schwemmist mit Anhängewagen oder über Rohrleitung auf das Feld gebracht, falls man ihn nicht direkt aus der Misch- und Sammelgrube einer Biogasanlage zuleitet, um → Biogas zu erzeugen.

Entparaffinierung, → Erdölchemie.

Entropie, 1) Thermodynamik: Zeichen S, die Zustandsgröße eines Stoffes, deren differentielle Änderung dS nach dem 2. Hauptsatz (→ Hauptsätze der Thermodynamik) der „reduzierten Wärme" dQ/T entspricht: $dS = dQ/T$. Das heißt, die Änderung der E. eines abgeschlossenen Systems ist bei reversiblem Wärmeaustausch mit seiner Umgebung gleich der ausge-

tauschten Wärme dividiert durch die absolute Temperatur. Die E. eines abgeschlossenen Systems läßt sich nur durch Wärmezufuhr, -abfuhr oder durch Entropieerzeugung infolge des Ablaufs irreversibler Prozesse im Innern des Systems verändern. Die auf die Zeiteinheit bezogene Entropieerzeugung ist stets positiv (2. Hauptsatz). Sie ist Null im Gleichgewichtszustand. Im einfachsten (idealisiert reversibel verlaufenden) Falle kann man die Entropieänderung dadurch berechnen, daß man für jeden Zwischenzustand die zu- oder abgeführte Wärme durch die zugehörige absolute Temperatur dividiert und alle diese Werte addiert.

Als Einheit der E. verwendet man das Clausius (Kurzz. Cl) nach R. Clausius (1822 bis 1888), von dem die E. als „Maß für den Ordnungszustand eines Systems" angesehen wurde, und zwar in der Weise, daß dem Zustand maximaler Unordnung der Zustand größter E. entspricht. So hat z. B. ein ideales Gas eine sehr große E., während diese bei kristallisierten Festkörpern nur gering ist. Alle natürlichen Vorgänge (Zustandsänderungen) laufen so ab, daß das betrachtete physikalische Gesamtsystem von selbst aus einem Zustand geringerer E., d. h. geringerer Wahrscheinlichkeit und damit größerer Ordnung, in einen Zustand größerer E., d. h. größerer Wahrscheinlichkeit und geringerer, im allgemeinen statistischer Ordnung, übergeht, nie umgekehrt. Makroskopische Prozesse, soweit es sich nicht um rein mechanische Vorgänge ohne Reibung, z. B. ideale Pendelschwingung, Planetenbewegung, handelt, sind nicht vollständig rückgängig zu machen, sie sind irreversibel. Wenn man irgendwelche Körper in Wechselwirkung treten läßt, so verlaufen die hierdurch ausgelösten Vorgänge von selbst in einer ganz bestimmten Richtung. Zum Beispiel vermischen sich zwei reine Gase von selbst vollständig, wenn man sie in ein gemeinsames Gefäß bringt; eine Entmischung von selbst findet dagegen nicht statt. Von selbst geht Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper über, aber nicht umgekehrt. Praktisch tritt bei jedem Energieumsatz durch Leitung, Strömung oder Strahlung ein Temperaturausgleich ein, der nicht rückgängig zu machen ist. Bei allen diesen Vorgängen wächst die Gesamtentropie aller jeweils beteiligten Stoffe an.

Eine vertiefte Einsicht in das Wesen der E. und den Inhalt des 2. Hauptsatzes (Entropiesatzes) liefert die statistische Deutung der E. nach Boltzmann und Planck (→ statistische Mechanik). Danach ist die E. $S = k \ln W$, wobei k = Planck-Boltzmannsche Konstante = $1{,}38 \cdot 10^{-16}$ erg grd^{-1}, ln = natürlicher Logarithmus, W = thermodynamische Wahrscheinlichkeit des betreffenden Zustandes. Je größer also die Wahrscheinlichkeit eines Zustandes ist, desto größer ist die E. des Systems in diesem Zustande. Alle Vorgänge laufen so ab, daß das betrachtete physikalische Gesamtsystem von selbst aus einem Zustand geringer E., d. h. geringer Wahrscheinlichkeit, in einen Zustand größerer E., d. h. größerer Wahrscheinlichkeit übergeht, nie umgekehrt. Der schließlich erreichte Gleichgewichtszustand ist der Zustand mit der größten E., also mit der größten Wahrscheinlichkeit. Man kann diese für ein abgeschlossenes thermodynamisches System geltende Gesetzmäßigkeit nicht auf das Weltall übertragen, d. h. dieses strebt infolge seiner Unendlichkeit keinem Wärmetod zu.

2) Informationstheorie: Zeichen H. In der Informationstheorie und der Kybernetik wird seit Shannon und Wiener die E. als Maß der Information verwendet. Die *E. der Information* (*Informationsentropie, mittlerer Informationsgehalt*) ist hier ein Maß für den Grad der Unbestimmtheit dafür, daß ein System (Informationsquelle, Sender) einen von mehreren möglichen Zuständen (Signal, Zeichen) mit einer Erwartungswahrscheinlichkeit $H(x)$ einnimmt. Die Information des Systems in bezug auf diesen Zustand ist dann: $H(x) = -\Sigma\, p(x_i) \log p(x_i)$. Diese von Shannon und Wiener gefundene Formel ist mit positivem Vorzeichen Boltzmanns Entropieformel für ideale Gase ähnlich. Auf Grund des entgegengesetzten Vorzeichens in der Formel für die Informationsentropie wurde von Wiener und Brillonin der Begriff „Negentropie" (negative E.) vorgeschlagen. Von ihnen stammen auch umfangreiche Erörterungen über den Zusammenhang von thermodynamischer E. und Informationsentropie. Der Zusammenhang zwischen beiden Größen kann wie folgt gesehen werden: Die E. in der statistischen Thermodynamik ist eine Funktion der Wahrscheinlichkeit der Mikrozustände von Gaspartikeln; die Informationsentropie ist eine Funktion der Erwartungswahrscheinlichkeiten der Zustände (Zeichen) einer Informationsquelle. Es sei darauf verwiesen, daß dieser Zusammenhang von Information und E. durchaus noch keine hinreichende Interpretation erfahren hat.

Entropiesatz, → Hauptsätze der Thermodynamik.

Entrosten, → Rost.

Entsalzung, in der Wasseraufbereitungstechnik die Beseitigung von in Rohwasser, z. B. in Meerwasser, enthaltenen Salzen zur Gewinnung von Trink- und Brauchwasser. Die **Vollentsalzung** eines Wassers, d. h. die restlose Beseitigung seines Salzgehaltes, erfolgt im großtechnischen Maßstab bei der Wasserbereitstellung für Dampfkraftbetriebe zur Kesselspeisewassergewinnung, z. B. mittels Ionenaustauschern. Eine **Teilentsalzung** des Wassers, d. h. die Verminderung seines Kationen- und Anionengehaltes, wird in neuerer Zeit in vielen Ländern bei der Brauchwasserversorgung von Industriebetrieben erforderlich, ferner zur Nutzbarmachung von Meerwasser auf Schiffen und in wasserarmen Gegenden (**Süßwassergewinnung**). Die E. des Wassers kann erfolgen nach *thermischen Verfahren*, z. B. Mehrstufendestillation, Thermo- oder Brüdenkompression, Entspannungsverdampfung und Ausfrieren, *elektrischen Verfahren*, z. B. Elektroosmose, und durch *Flüssig-Flüssig-Extraktion*.

Die Meerwasserentsalzung kann auch mit Hilfe von → Sonnenkraftanlagen vorgenommen werden.

Entschäumer, → Schaum.

Entscheidungstheorie, eine mathematische Disziplin, die insbesondere durch die Kybernetik große Bedeutung erlangt hat. Sie untersucht in der Regel mittels mathematisch-statistischer Verfahren die rationalen Verhaltensweisen (Entscheidungen) von Systemen unter allgemein verschiedenen Bedingungen bezüglich einer Nutzenskale. Unter *Entscheidungen* versteht man im allgemeinen einen Auswahlvorgang, durch den aus einer Reihe von Alternativen möglicher Verhaltensweisen von Systemen eine bestimmte ausgewählt wird. Das Entscheidungsproblem wird im Rahmen verschiedener Theorien (z. B. → Informationstheorie, → Spieltheorie) sowie in der Psychologie und in der mathematischen Statistik behandelt. Eine umfassende Untersuchung hat das Entscheidungsproblem in der als „Operations Research" bekannt gewordenen Forschungsrichtung erfahren, die auf die Bereitstellung von Verfahren und Methoden der Organisation gesellschaftlicher Prozesse gerichtet ist. Diese Untersuchungen, im deutschen Sprachgebrauch häufig als „mathematische Entscheidungsforschung" bezeichnet, stützen sich wesentlich auf Ergebnisse der genannten Theorien bzw. Wissenschaften mit dem Ziel, sie im gesellschaftlichen Bereich zur Vorbereitung, Koordinierung und Optimierung von Entscheidungen anzuwenden

(z. B. Leitungswissenschaft). Eine grundlegende allgemeine Behandlung hat das Entscheidungsproblem in der mathematischen Statistik erfahren. Die **statistische E.** behandelt Verfahren (Schätzung von Parametern statistischer Verteilungen, Hypothesentestverfahren, Wahl von Stichproben u. a.), die rationale Entscheidungen in beliebigen Situationen bei in der Regel „unvollständiger" Information ermöglichen sollen. Der Sinn dieser Theorie besteht darin, ein optimales Verhältnis zwischen den zur Erlangung von Information notwendigen Kosten, der Menge der erlangten Informationsdaten sowie der Präzision der Entscheidungen zu bestimmen. Praktisch bedeutet dies, daß man zwar durch Vergrößerung der Informationsmenge auch die Sicherheit der Entscheidung (statistische Aussage) erhöht, daß aber dabei die Erlangungskosten den Nutzen (Gewinn) übersteigen. Für diese Theorie lassen sich eine Reihe wichtiger Anwendungsgebiete erschließen, z. B. Ökonomie, Planungs- und Leitungswissenschaft, Militärwissenschaft.

Eine enge Beziehung besteht zwischen statistischer E. und → Spieltheorie.

Durch die interdisziplinare Verwendung und Verallgemeinerung der verschiedenen Ergebnisse bei der Erforschung des Entscheidungsproblems im Rahmen der Kybernetik läßt sich eine Theorie des rationalen Verhaltens beliebiger Systeme angeben, die von außerordentlicher Bedeutung für die Lösung vieler Probleme ist.

Entschlichten, → Schlichten.

Entspannungsversuch, → Standversuch.

Entstaubung, die Beseitigung von in Industriewerken entstehendem Staub sowie die Schaffung staubfreier Luft in bestimmten Produktionsbetrieben und in Filmtrockenräumen. Im ersten Fall wird der Staub selbst — möglichst am Entstehungsort —, im anderen Fall die verunreinigte Luft im gesamten Raum durch einen von Lüftern erzeugten und durch Rohrsysteme geleiteten Saugstrom abgesaugt. Der anfallende Staub wird bei beiden Verfahren in Abscheidern gesammelt. Bei der mechanischen Abscheidung nützt man die größere Schwer- und Zentrifugalkraft der Staubteilchen aus, indem man diese im → Zyklon aussondert. Dieses Verfahren kommt vor allem in Betrieben mit starkem Anfall an Feinasche und Ruß in Betracht (Brikettfabriken, chemische Industrie, Kraftwerke), wo die Feinasche und Ruß führenden Rauchgase hinter den Dampfkesselfeuerungen durch Zyklone geleitet werden. Weitere Möglichkeiten der E. bieten die Naßreinigung in Flüssigkeit, wie im Teller- und Feldwäscher, die Filtration mit porösen Stoffen (→ Filter) und die elektrische Gasentstaubung im → Elektrofilter. Neuerdings wird auch Ultraschall zur E. angewendet. Die Rauchgase werden beschallt; dadurch koagulieren die feinen Staubteilchen zu größeren Körnchen, die sich außerhalb des Schallfeldes leicht absetzen.

Lit. Jung: Luftverunreinigung und industrielle E. (Berlin 1965).

Entstören, → Störschutz.

Entwässerung, 1) die Beseitigung des stagnierenden Wassers aus Kulturflächen und Flächen, die der Nutzung zugeführt werden sollen, meist durch offene Gräben (Entwässerungsgräben), Wasserfurchen, → Dränung oder Schöpfwerke.

2) die Abführung des Niederschlagwassers sowie des Haus- und Industrieabwassers in einem besonders dafür eingerichteten Kanalsystem (Stadtentwässerung).

3) die Abführung von schädlichem Sickerwasser an Bauwerken, z. B. bei Staumauern, durch ein besonders dafür angelegtes Netz von lotrecht und waagerecht verlegten Dränrohren und Sammelrohren.

4) das Entfernen des Wassergehaltes aus Substanzen. Feste Stoffe werden z. T. schon bei Raumtemperatur entwässert; meist geschieht dies aber durch Erhitzen, und zwar bis zu 200 °C in Trockenöfen, bei erforderlichen höheren Temperaturen in Muffelöfen. Das Entwässern kann beschleunigt werden, indem man es im Vakuum vornimmt oder über das Gut trockene Luft streichen läßt (→ Trocknung). Wäßrige Lösungen werden in gleicher Weise behandelt wie feste Stoffe. Außerdem können sie auch durch starkes Kühlen entwässert werden. Nichtwäßrige Lösungen oder Lösungsmittel werden durch Einbringen von hygroskopischen Trocknungsmitteln, z. B. Phosphorpentoxid, geglühtes Natriumsulfat, Kalziumchlorid, Natriumdraht, getrocknet. Das Entwässerungsmittel darf mit dem Lösungsmittel nicht reagieren. Das Entwässern wird so lange vorgenommen, bis die Masse der zu trocknenden Substanz gleichbleibt. Der Bestandteil der Substanz, der nach dem Entwässern zurückbleibt, ist die Trockensubstanz.

In der chemischen Technik sind außerdem eine Reihe von mechanischen Verfahren zur Entwässerung von Feststoff-Flüssigkeitsgemischen gebräuchlich, z. B. die Vakuum- und Druckfiltration und das Entwässern auf Sieb-, Schäl- und Düsenschleudern, auf Entwässerungssieben oder in Trockentrommeln.

In der Aufbereitung von bergbaulichen Rohstoffen geschieht die E. durch Eindicken, Abtropfen (in Entwässerungsbecherwerken oder -türmen), Filtern (z. T. unter Zusatz von Flokkungsmitteln oder oberflächenaktiven Stoffen) oder durch Anwendung von Fliehkräften (Schleuderentwässerung).

Entwickler, in der Photographie eine chemische Lösung, die dazu dient, ein durch die Belichtung auf einer lichtempfindlichen Schicht entstandenes latentes Bild sichtbar zu machen. Jeder E. ist ein Reduktionsmittel. Bei dem Entwicklungsprozeß wird durch den E. an den durch das Licht getroffenen Teilen der lichtempfindlichen Schicht, an den Körnern, das Silberhalogenid zu elementarem Silber reduziert: $AgBr + E. \rightarrow Ag + Entwickleroxydationsprodukt + Br$. Durch das bei dieser Reaktion gebildete Silber entsteht eine Schwärzung. Jeder photographische E. enthält außer dem wirksamen Reduktionsmittel noch andere Substanzen: $Na_2SO_3 \cdot 5H_2O$ als Konservierungsmittel, Alkali, z. B. K_2CO_3, als Beschleuniger, KBr als Verzögerer. Je nach der Zusammensetzung dieser Substanzen und nach der besonderen Eigenschaft der Entwicklersubstanz unterscheidet man verschiedene Arten:

1) **Oberflächenentwickler.** Der Beginn der Entwicklung setzt gleichmäßig an allen Körnern ein, unabhängig davon, ob sie stark oder schwach belichtet sind. Typische Oberflächenentwickler sind Methol-Hydrochinon (ORWO M-H 28), Amidol (ORWO A 140). 2) **Tiefenentwickler.** Der Beginn der Entwicklung hängt stark von der Belichtung ab. Sie werden verwendet, um starke Überbelichtungen auszugleichen. Typische Tiefenentwickler sind Brenzkatechin, Pyrogallol.

Durch Zusatz von → Desensibilisatoren zu dem Aufnahmematerial ist das Entwickeln bei hellem Licht (Hellichtentwicklung) möglich. Über chromogene Entwicklung → Farbenphotographie.

Entwicklungsfarbstoffe, eine Gruppe wasserunlöslicher Azofarbstoffe, die direkt auf der anzufärbenden Faser erzeugt werden. Hierzu gehören z. B. Naphthogen- und Sambesifarbstoffe sowie Anilinschwarz.

Entwicklungsmaschine, eine Einrichtung im Filmkopierwerk zur photochemischen Bearbeitung „endloser" Filmbänder in Breiten von 8 bis 70 mm. Man unterscheidet Dunkelkammer- und Tageslichtmaschinen, Einband- und Mehrbandmaschinen, Ein- und Mehrschleifenmaschinen.

Die Stundenleistung liegt zwischen 500 m bei Bild-Negativ-Entwicklung und 4000 m bei Bild-Positiv-Entwicklung. Die entwickelten Filmbänder werden in Trockenschränken getrocknet (klimatisierte Umluft- oder Düsentrocknung).

Entzerrung, 1) Nachrichtentechnik: der Ausgleich linearer Verzerrungen in Leitungen und Kabeln durch besondere Maßnahmen. Beispielsweise können Dämpfungsverzerrungen durch passive Entzerrer, d. s. meist überbrückte T-Schaltungen, oder durch Verstärker mit frequenzabhängiger Gegenkopplung ausgeglichen werden. Phasenverzerrungen können durch Laufzeitglieder entzerrt werden.

2) Photogrammetrie: ein Auswerteverfahren zum Ausgleich der projektiven Verzerrung bei Luftbildern oder Erdbildern. Die Verzerrungen entstehen, wenn die Aufnahmeachse nicht rechtwinklig zur Ebene des Aufnahmeobjektes ist.

Die E. kann graphisch mittels projektiver Netze, punktweise rechnerisch oder graphisch oder mittels spezieller **Entzerrungsgeräte** optisch-mechanisch erfolgen. In der photogrammetrischen Praxis wendet man am häufigsten die Methode der optisch-mechanischen E. an. Dabei wird das zu entzerrende Bild mittels eines Entzerrungsgerätes so projiziert, daß die projektiven Verzerrungen beseitigt werden. Dazu besitzt das Entzerrungsgerät Einstellvorrichtungen, die es ermöglichen, die relative Lage von Bild- und Projektionsebene so zu verändern, daß die bei der Aufnahme vorhandene projektive Zuordnung zwischen Bild- und Objektebene wieder hergestellt wird. Die für die optische Scharfabbildung erforderlichen Bedingungen (Linsengleichung und → Scheimpflugbedingung) werden in der Regel automatisch mittels mechanischer Steuerungen verwirklicht.

Ein Sonderverfahren für die E. von Luftbildern ist die → Differentialentzerrung.

Lit. → Photogrammetrie.

Entzundern, das Entfernen von → Zunder auf Stahl- und Gußeisenteilen. Das E. ist notwendig, um dem Halbzeug und den Fertigprodukten der Eisenindustrie die für die Weiterverarbeitung notwendige reine Oberfläche zu geben. Das E. erfolgt durch Beizen (→ Dekapieren) je nach Stahlart und Form in verschiedenen Säuren, z. B. in Salzsäure und Schwefelsäure, durch → Strahlen mit Quarzsand (trocken oder naß) oder Stahlkies, durch → Flammstrahlen, insbes. bei Halbzeug, oder durch Schmelzbeizen in Ätznatronschmelzen mit Zusatz von Natriumhydrid oder durch Alkalimetallsalze mit Katalysatoren.

Entzündung, der Beginn einer Verbrennung. Diese setzt ein, sobald eine Stelle des brennbaren Körpers in Berührung mit Luft oder Sauerstoff auf eine bestimmte Temperatur, die **Entzündungstemperatur,** gebracht worden ist.

Bei flüssigen brennbaren Stoffen unterscheidet man zwischen *Flammpunkt,* abg. *FP,* der sich als die Temperatur ergibt, bei der die erhitzte Flüssigkeit nach Zündung mit einer Zündflamme erstmals kurz aufflammt, und *Brennpunkt,* d. i. die Temperatur, bei der eine bleibende Flamme auftritt. Der Temperaturunterschied zwischen Flamm- und Brennpunkt ist um so größer, je höher der Siedepunkt liegt. Brennbare Stoffe mit Flammpunkten unter 21 °C (z. B. Äther −40 °C, Azeton −17 °C, Leichtbenzin 0 °C, Methanol 6,5 °C, Vergaserkraftstoffe) zählen zur Gefahrenklasse I, solche mit einem Flammpunkt zwischen 21 und 55 °C (z. B. Leuchtöl) zur Gefahrenklasse II und Stoffe mit einem Flammpunkt zwischen 55 und 100 °C (z. B. Dieselöle, Heizöle) zur Gefahrenklasse III.

Unter **Selbstentzündung** versteht man eine ohne äußeren Anlaß eintretende E. eines Stoffes.

Enveloppe, Einhüllende, Hüllkurve, in der Mathematik eine Kurve, die eine Schar gegebener Kurven „einhüllt", d. h. jede Kurve der Schar berührt. Die Tangente in einem Punkt der E. ist gleichzeitig Tangente an eine Kurve der Kurvenschar.

Enzyme, svw. → Fermente.

Eosin, Natriumsalz des Tetrabromfluoreszeins, ein Xanthenfarbstoff. E. ist ein in Wasser wenig lösliches, in Alkohol gut lösliches, rotes, kristallines Pulver. Es färbt Wolle und Seide leuchtend rot, wird jedoch wegen seiner geringen Lichtechtheit heute nicht mehr als Textilfarbstoff benutzt. Es dient heute – vielfach in Form seiner Aluminium-, Blei- und Zinnlacke – zur Herstellung roter Tinten, zur Färbung von Lippenstiften, Spirituslacken und Giftstoffen (Warnfärbung), ferner zur Sensibilisierung photographischer Emulsionen.

Eötvös, Kurzz. **E,** nach dem ungarischen Physiker R. von Eötvös benannte Einheit der Schwerkraftänderung in der Geophysik. Ein E. entspricht einer Schwerediffernez von 0,1 Milligal zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche, die 1 Kilometer voneinander entfernt sind. $1\ E = 10^{-9}$ dyn/cm.

Ephemeride *f,* eine Reihe geozentrischer Koordinaten eines Himmelskörpers an der Himmelskugel mit zeitlich konstantem Abstand. Die Berechnung der E. ist bei Kenntnis der Bahnelemente (→ Bahn) möglich.

Epiabtastung, → Fernsehen.

Epidiaskop, ein → Bildwerfer.

Epilox, → Plaste, Übers.

Epimerie, → Stereochemie.

Epinephrin, svw. → Adrenalin.

Epirogenese, langsame, sich über lange Zeiträume erstreckende Hebungen und Senkungen größerer Erdkrustenteile ohne Veränderung der Krustenstruktur. Durch diese Krustenbewegungen kommt es zu Meeresüberflutungen (Transgression) und Meeresrückzügen (Regression). Die E. formt durch Aufwölbung Festlandschwellen (Geantiklinalen), durch Einwölbung Becken (Geosynklinalen). Im gegenwärtigen Erdbild sind epirogenetische Bewegungen durch Messungen nachgewiesen, z. B. die Hebung Skandinaviens, die in 100 Jahren bei Stockholm 0,5 m ausmacht, und die Senkung der Münchener Hochfläche um 1 bis 6 cm in 20 Jahren.

Episkop, ein → Bildwerfer.

Epitaxie-Technik, eine Technologie in der Halbleitertechnik und Mikroelektronik zur Herstellung einkristalliner Halbleiterschichten. Als Trägermaterial für diese Schichten werden meist Halbleitereinkristallscheiben verwendet. So kann z. B. auf einer Siliziumeinkristallscheibe aus einer siliziumhaltigen Dampfphase mittels chemischer Reaktionen, die bei etwa 1000 °C ablaufen, eine einkristalline Schicht aufwachsen. Die Leitfähigkeit und der Leitfähigkeitstyp werden durch Beigaben von Dotierungsatomen zur Dampfphase eingestellt und auf den gewünschten Wert gebracht. Der Hauptvorteil der Epitaxie-Technik besteht in der Möglichkeit, dünne Schichten von Halbleitermaterial kleiner Leitfähigkeit auf Trägerscheiben großer Leitfähigkeit aufzubringen oder einkristalline Schichten aus halbleitenden Verbindungen (z. B. Galliumarsenid) unter Benutzung von Trägerscheiben aus Elementhalbleitern (z. B. Germanium) herzustellen. Dadurch können die Herstellungskosten für die Bauelemente gesenkt und die Kennwerte der Bauelemente verbessert werden. Die Epitaxie-Technik wird meist in Verbindung mit der → Planar-Technik angewendet.

Epizentrum, → Erdbeben.

Epizone, ein Wirkungsbereich der → Metamorphose.

Epizykloide, → Zykloide.

Epoxi(d)harze, Äthoxylinharze, hellgelbe bis dunkelbraun gefärbte Kunstharze. Man gewinnt sie durch gleichzeitige Polyaddition und Polykondensation von Epichlorhydrin mit aromatischen Hydroxyverbindungen, z. B. 2,2-Bis-(p-hydroxyphenyl-)propan (Dian), unter Zusatz von Alkalilauge in schmelz- oder vergießbarer Form. Neuere E. werden auch durch Epoxidieren ungesättigter zykloaliphatischer Verbindungen mit organischen Persäuren oder Wasserstoffperoxid gewonnen. Die E. können nachträglich gehärtet werden, entweder z. B. durch Diäthylentriamin bei Zimmertemperatur (basische Härtung) oder durch Dikarbonsäureanhydrid oder Dizyandiamid bei 120 bis 200 °C (saure Härtung). Besondere Bedeutung haben die E. in der Klebetechnik auf Grund ihres ausgezeichneten Haftvermögens auf Holz, Metall und Keramik gewonnen. Als Gießharze werden sie zur Einbettung elektrotechnischer und elektronischer Bauteile sowie zur Ausbesserung fehlerhafter Metallgußteile verwendet. Epoxidlaminierharze werden zusammen mit Glasfaserverstärkungen zu hoch beanspruchten Teilen in der chem. Industrie (Rohrleitungen, Behälter) und Elektrotechnik (Schalterkammern für Hochspannungsschalter), als Schichtpreßstoff sowie im Fahrzeug- und Flugzeugbau zu komplex sphärisch geformten Teilen von hoher Festigkeit bei geringer Masse verarbeitet. Epoxidharzlacke dienen in Kombination mit verschiedenen anderen Lackrohstoffen als kalthärtende, lufttrocknende, korrosionsfeste Anstriche oder als Einbrennlacke.

Lit. Paquin: Epoxydverbindungen und Epoxydharze (Berlin 1958).

Epsilan, Handelsname für einen keramischen Werkstoff, der vorwiegend aus Bariumtitanat besteht. Wegen seiner großen Dielektrizitätskonstante (1000 bis 10000) wird er zur Herstellung von Kondensatoren hoher Kapazität (vor allem Block- und Glättungskondensatoren) verwendet. Ungünstig ist der große Temperaturkoeffizient.

Epsomit, Bittersalz, ein Mineral, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$; orthorhombisch, farblos, weiß, auch gelblich, rötlich, Härte nach Mohs 2 bis 2,5, D. 1,68 g cm^{-3}. E. ist in Wasser leicht löslich und schmeckt bitter; er kommt in der Natur fast nur faserig oder erdig vor, als Ausblühung in Steppen, z. B. in Sibirien, als Neubildung auf Erzlagerstätten. In Salzlagerstätten ist E. ein Umwandlungsmineral des Kieserits und wird als **Reichardtit** bezeichnet. Viele Quellwässer enthalten E. gelöst; sie sind als *Bitterwässer* bekannt. Wegen seiner vielfältigen Verwendung in der Textil-, Papier-, Zucker- und pharmazeutischen Industrie wird E. technisch aus Kieserit hergestellt.

Er, Symbol für → Erbium.

Erbium, Symbol **Er,** chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 68, Massenzahlen der Isotope 166, 168, 167, 170, 164 und 162, Atomgewicht 167,26 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 9,05 g cm^{-3}, F. 1497 °C, Kp. etwa 2900 °C; 1843 von Mosander zusammen mit anderen Seltenerdmetallen entdeckt, 1908 von K. A. Hofmann rein dargestellt. In Form von Verbindungen kommt es gemeinsam mit anderen Seltenerdmetallen, vor allem vergesellschaftet mit Ytterbium vor, meist als Phosphat oder Silikat. E. wird nur in Form von → Zer-Mischmetall verwendet.

Erdalkalien, svw. alkalische → Erden.

Erdalkalimetalle, die zweiwertigen chemischen Elemente Kalzium, Strontium und Barium, nach denen die II. Hauptgruppe des Periodensystems, die **Erdalkaligruppe,** benannt ist, zu der außerdem noch Beryllium, Magnesium und Radium gehören.

Erdbau, alle Arbeiten, die dem Lösen, Fördern und Einbau des Bodens dienen. a) *Lösen des Bodens*: Der Boden wird gelöst als Aushub in Baugruben und Einschnitten, als Abtrag im Gelände oder aus Anschnitten an Hängen. Das Lösen des Bodens erfolgt von Hand, mit Baggern, Greifern, Planierraupen, Schürfkübeln und Aufbruchhämmern (Druckluft). Fels wird mit Aufbruchhämmern gelöst oder gesprengt. Liegt der Boden im Grundwasser, muß das Wasser abgepumpt werden (→ Wasserhaltung), oder der Aushub erfolgt unter Wasser (Naßbaggerung); Schlamm und Sand wird auch mit Saugbaggern gelöst.

b) Das *Fördern* des Bodens erfolgt mit Schubkarren, im Gleisbetrieb (Loren, die von Dampf- oder Dieselloks gezogen werden) oder gleislos mit Lastkraftwagen, Dumpern, Schürfkübelwagen oder Förderbändern. Sande werden auch unter Wasserzusatz in Rohrleitungen im → Spülverfahren weiterbefördert.

c) Der *Einbau* des Bodens erfolgt als Hinterfüllung von Bauwerken, in Dämmen und als Auffüllung des Geländes. Um bei der Herstellung von Dämmen oder Aufschüttungen, die später bebaut werden sollen, die Setzungen gering zu halten, müssen die Erdstoffe schichtweise eingebracht und verdichtet werden. Die Schichtdicken richten sich nach dem einzubauenden Erdstoff und nach der Größe und der Wirkungsweise des verwendeten Verdichtungsgerätes. Rollige Erdstoffe lassen sich am besten mit Rüttelplatten oder -walzen verdichten. Wirkungsvoll sind auch Stampfgeräte (z. B. Delmagfrosch, Elektrostampfer, Stampfplatte). Weniger wirksam ist das Einschlämmen. Es kann nur angewendet werden, wenn der Untergrund aus rolligem Erdstoff besteht und der Grundwasserspiegel tief liegt. Für die Verdichtung bindiger Erdstoffe im naturfeuchten Zustand sind Schaffußwalzen, Gummiradwalzen und Stampfgeräte geeignet.

Die zulässige Neigung von Böschungen ist weniger vom Einbauverfahren als von der Art des Erdstoffes (innere Reibung und Haftfestigkeit) und von der äußeren Belastung des Dammes abhängig.

Lit. Kühn: Der gleislose E. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956); Hammerl u. Haufe: E. (Berlin 1963); → Gründung.

Erdbaumaschinen, → Baumaschinen, → Straßenbaumaschinen.

Erdbeben, Erschütterungen der festen Erdkruste, die oft von unterirdischen Geräuschen begleitet und mit der Bildung von Erdspalten, mit Schlamm-, Wasser- und Gasausbrüchen und auch mit Senkungen, Rutschungen und Bergstürzen verbunden sein können. Nach der Entstehungsursache unterscheidet man, abgesehen von den seltenen Fällen, in denen außerirdische Ursachen (starke Explosionen und Einschlag von Meteoriten) E. hervorrufen, 1) die durch Einsturz unterirdischer Hohlräume entstehenden **Einsturzbeben** (3 %), zu denen meist auch die im Bergbau auftretenden Stein- oder Gebirgsschläge gezählt werden, 2) die durch Gasexplosionen bei Vulkanausbrüchen hervorgerufenen **vulkanischen Beben** oder **Ausbruchsbeben** (7 %) und 3) die als Folge von Bruchvorgängen im allgemeinen mit Verschiebungen in der Erdkruste auftretenden **tektonischen Beben** oder **Dislokationsbeben.** Die tektonischen Beben werden nach ihrer Stärke und Reichweite in Lokalbeben, leichte Beben, Mittel-, Groß- und Weltbeben unterteilt. Sie treten vielfach immer wieder in den gleichen Gebieten der Erde auf, besonders in den großen Bruchzonen der Erdkruste, die häufig an Kontinentalrändern liegen. Oft geht dem tektonischen **Hauptbeben** ein **Vorbeben** voraus. Auf große E. folgt meist eine große Zahl — manchmal mehrere tausend — schwacher **Nachbeben.** Große E. lösen zuweilen an anderen, weit entfernten labilen Stellen der Erde **Relaisbeben (Simultanbeben)** aus. Manche E. bestehen nur aus schwächeren Stößen ohne kräftige Hauptbewegung **(Schwarmbeben),**

andere aus einem einzigen Bebenstoß (**Stoßbeben**). Der Erdbebenherd wird als *Hypozentrum* bezeichnet. Bei **Flachbeben** liegt das Hypozentrum in Tiefen bis zu 60 km, bei mitteltiefen in 60 bis 300 km und bei **Tiefherdbeben** in 300 bis 700 km Tiefe. Befindet es sich unter dem Meeresboden, so spricht man von einem **Seebeben**. Die Stelle der Erdoberfläche, die senkrecht über dem Hypozentrum liegt, nennt man *Epizentrum*.

Die Energie eines E.s pflanzt sich in Form von **Erdbebenwellen** vom Herd aus nach allen Seiten fort. Die Wellen durchlaufen teils als *Raumwellen* das Erdinnere, teils umkreisen sie als *Oberflächenwellen* (*L-Wellen*) den Erdball. Sie sind entweder *Longitudinalwellen* (*P-Wellen*), bei denen die Teilchen in Fortpflanzungsrichtung schwingen, oder *Transversalwellen* (*S-Wellen*), bei denen die Teilchen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung schwingen. Da die Longitudinalwellen entweder einen Zug zum Herd, eine Dilatation, oder einen Druck vom Herd weg, eine Kompression, verursachen, werden sie auch als *Dilatationswellen* oder *Kompressionswellen* bezeichnet. Die Geschwindigkeit der einzelnen Bebenwellen hängt von der Beschaffenheit der Erdschichten ab, die sie durchlaufen. An den Schichtgrenzen des Erdinnern werden sie reflektiert und gebrochen. Dadurch haben sie verschieden lange Laufzeiten, so daß ein E., das im Herd nur etwa 1 Sekunde dauert, an manchen Erdbebenwarten einige Stunden lang registriert wird. Nach dem zeitlichen Eintreffen am Registrierort unterscheidet man *Vorläufer-*, *Haupt-* und *Nachläuferwellen*. Die Vorläufer- und Nachläuferwellen sind stets Raumwellen, die Hauptwellen dagegen Oberflächenwellen. Durch *Homoseisten* werden auf Karten Punkte gleicher Einsatzzeiten eines E.s verbunden.

Die E. werden mittels → Seismographen gemessen und als Seismogramm registriert. Die Erdbebenstärke wird einmal mit Hilfe einer Intensitätsskale bestimmt, mit der sowohl die von Menschen gefühlten Erschütterungen als auch Schäden an Hoch- und Tiefbauten eingestuft werden. Durch *Isoseisten* werden auf Karten Punkte gleicher Intensität verbunden. Sie ermöglichen unter anderem Rückschlüsse auf Herdlage, Herdtiefe und Form des Herdes. Zum anderen wird die Erdbebenstärke (→ Magnitude) aus der Herdentfernung sowie den Amplituden und Perioden von Raum- und Oberflächenwellen im Seismogramm errechnet.

Auf der Erde finden jährlich etwa 1 Million E. statt, von denen nur ein kleiner Teil fühlbar, die übrigen lediglich instrumentell nachweisbar sind. Mit der Erforschung der E. beschäftigt sich die → Seismik.

Lit. Jung: Kleine Erdbebenkunde (2. Aufl. Berlin 1953); Sawarenski u. Kirnos: Elemente der Seismologie und Seismometrie (Berlin 1960); Sieberg: Erdbebenkunde (Jena 1923).

Erdbeschleunigung, → Fall.

Erdbildmessung, svw. → terrestrische Photogrammetrie.

Erddruck, → Belastung.

Erde, astronomisch ein Planet, Zeichen ♁. Wie alle anderen Planeten bewegt sich die E. in einer kreisähnlichen Ellipsenbahn um die Sonne und dreht sich außerdem um ihre Rotationsachse. Die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne ergibt sich aus der Rotation der E. um sich selbst, die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne am Himmelsgewölbe aus dem jährlichen Umlauf der E. um die Sonne.

1) Bewegungen der E. Die **Rotation** der E. um ihre Achse **(Polarachse)** erfolgt von Westen nach Osten. Sie verursacht den Wechsel von Tag und Nacht. Die Dauer der Rotation bildet die Zeiteinheit für den → Tag. Der Winkel zwischen der Rotationsachse und dem auf der Ebene der Erdbahn (Ebene der → Ekliptik) errichteten Lot beträgt 23°27′ und ist gleich dem Winkel zwischen der Ebene des Himmelsäquators und der der Erdbahn, da die Ebene des Himmelsäquators gleich der des Erdäquators ist und senkrecht auf der Rotationsachse steht. Auf diesen Winkel (Schiefe der Ekliptik) sind die unterschiedliche Dauer von Tag und Nacht und der Wechsel der Jahreszeiten zurückzuführen. Unter dem Einfluß von Mond und Sonne führt die Rotationsachse der Erde eine Präzessionsbewegung aus (→ Präzession). Der Umlauf der E. um die Sonne erfolgt ebenfalls von Westen nach Osten. Die Dauer dieses Umlaufs stellt die Zeiteinheit für das → Jahr dar. Die Erdbahnellipse weicht nur wenig von der Kreisform ab, ihre numerische

Auswahl energiereichster Erdbeben (zusammengestellt vom Institut für Geodynamik in Jena)

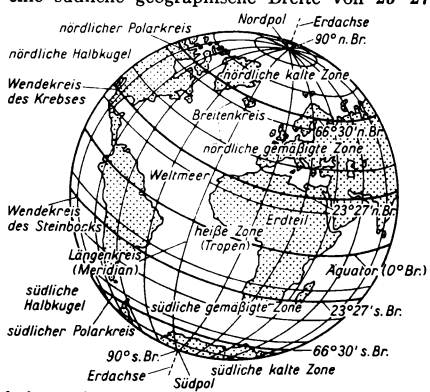
Datum	Epizentrum	Koordinaten φ (Breite)	Koordinaten λ (Länge)	Magnitude
1. 11. 1755	Portugal (Lissabon)	≈ 38°30′ N	≈ 9° W	8···9
31. 1. 1906	Kolumbien und Ekuador	1° N	81°30′ W	8,6
17. 8. 1906	Mittelchile (Atacama-Graben)	33° S	72° W	8,4
3. 1. 1911	Turkestan (Tienschan)	43°30′ N	77°30′ E	8,4
16. 12. 1920	China (Kansu)	36° N	105° E	8,5
2. 3. 1933	Japan (Sanriku)	39°15′ N	144°30′ E	8,5
15. 8. 1950	Assam	28°30′ N	96°30′ E	8,6
4. 11. 1952	Kamtschatka	52°54′ N	160°06′ E	8,4
4. 12. 1957	Mongolei (Mongolischer Altai)	45°12′ N	99°36′ E	8,6
22. 5. 1960 19^h10^m WZ	Mittelchile	38°30′ S	74°30′ W	8,3
22. 5. 1960 19^h11^m WZ	Mittelchile	39°30′ S	74°30′ W	8,5
13. 10. 1963	Kurilengraben	44°48′ N	149°30′ E	8,5
28. 3. 1964	Südalaska	61°06′ N	147°36′ E	8,6

Auswahl bekannter Erdbeben mit geringerer Energie, aber großer Schadenwirkung (zusammengestellt vom Institut für Geodynamik in Jena)

Datum	Epizentrum	Koordinaten φ (Breite)	Koordinaten λ (Länge)	Magnitude
28. 12. 1908	Sizilien (Messina) und Kalabrien	≈ 38°15′ N	≈ 15°30′ E	7
12. 8. 1953	Griechenland (Ionische Inseln)	38°06′ N	20°48′ E	7,1
29. 2. 1960	Marokko (Agadir)	30°27′ N	9°27′ W	5,8
26. 7. 1963	Jugoslawien (Skopje)	41°59′ N	21°26′ E	6

Exzentrizität beträgt 0,0167. Die große Halbachse der Erdbahnellipse mißt 149,5 Millionen km. Am sonnenfernsten Punkt, dem Aphel, an dem die E. etwa am 3. Juli steht, ist sie 152 Millionen km, am sonnennächsten Punkt, dem Perihel, an dem die E. etwa am 2. Januar steht, ist sie 147 Millionen km von der Sonne entfernt. Im Durchschnitt beträgt die Umlaufgeschwindigkeit der E. um die Sonne 29,8 km s^{-1}.

Am Frühlingsanfang, dem 21. März, überschreitet die Sonne in ihrer scheinbaren Bewegung den Himmelsäquator von Süden nach Norden. An diesem Tag herrscht auf der ganzen E. Tagundnachtgleiche (Frühlingsäquinoktium). In den nächsten 3 Monaten verschieben sich die Tagbogen der Sonne auf den Himmelsnordpol zu; die Tage auf der nördlichen Halbkugel werden länger, die Nächte kürzer. Am 21. Juni geht die Sonne mittags durch das Zenit der Orte, die eine nördliche geographische Breite von 23 °27′ haben, d. h. auf dem **Wendekreis des Krebses** liegen. Die Bewohner der nördlichen Halbkugel haben dann den längsten Tag und die kürzeste Nacht; für die Orte von über 66° 33′ n. Br. geht die Sonne überhaupt nicht unter. Der diese Grenze bildende Parallelkreis heißt **nördlicher Polarkreis.** Auf der südlichen Halbkugel sind während dieses Vierteljahres die Tage immer kürzer, die Nächte immer länger geworden. Am 21. Juni herrscht im ganzen südlichen Polargebiet bis 66° 33′ s. Br. **(südlicher Polarkreis)** Polarnacht. Vom 21. Juni (Sommersonnenwende) bis zum 23. September nähert sich die Sonne, auf ihrer Bahn fortschreitend, wieder dem Äquator, bis am 23. September wieder überall Tagundnachtgleiche (Herbstäquinoktium) herrscht. Hierauf wird die Deklination der Sonne negativ; sie geht am 21. Dezember mittags durch das Zenit der Orte, die eine südliche geographische Breite von 23° 27′



haben, also auf dem **Wendekreis des Steinbocks** liegen. Auf der nördlichen Halbkugel ist die Polarnacht vom Pol bis zum nördlichen Polarkreis, auf der südlichen der beständige Tag vom Pol bis zum südlichen Polarkreis vorgedrungen. Vom 21. Dezember (Wintersonnenwende) nähert sich die Sonne wieder dem Äquator bis zum 21. März. Am Äquator selbst sind während des ganzen Jahres Tag und Nacht gleich lang.

Die zwischen den Wendekreisen des Krebses und des Steinbocks liegende Erdzone heißt die **heiße** oder **tropische Zone (Tropen)**; die beiden zwischen den Wendekreisen und den Polarkreisen liegenden Zonen werden als **gemäßigte Zonen** und die zwischen Pol und Polarkreis liegenden Zonen als **kalte Zonen** oder **Polarzonen** bezeichnet.

2) Gestalt und Größe der E. Die E. hat eine kugelähnliche Gestalt. Auf Photographien, die von künstlichen Erdsatelliten aus aufgenommen wurden, ist die Erdkrümmung deutlich erkennbar. Sie beträgt im Mittel 7,8 cm km^{-1}. Infolge der Rotation der E. um ihre Achse weicht die Erdfigur von der idealen Kugelform ab. An den Polen, den Schnittpunkten der Rotationsachse mit der Erdoberfläche, ist die E. abgeplattet und am Äquator infolge der dort am stärksten wirkenden Fliehkraft ausgebaucht. Der Erddurchmesser beträgt an den Polen 12 714 km und am Äquator 12 756 km, der Äquatorumfang 40 077 km, die Abplattung 1:298. Die sich aus Massenanziehung und Rotation bei Annahme einer gleichmäßigen Dichteverteilung in der Erdkruste ergebende theoretische Erdfigur heißt **Sphäroid.** Das Sphäroid, dessen mathematische Formel sehr kompliziert ist, kann sehr gut durch ein **Rotationsellipsoid** ersetzt werden, das mathematischen Berechnungen (z. B. der Entfernung zweier Punkte auf der Erdoberfläche) wesentlich leichter zugänglich ist. Beide Figuren weichen nur wenig voneinander ab. Die Maximaldifferenz liegt in 45° Breite. Dort befindet sich die Oberfläche des Sphäroides knapp 20 m über der des Ellipsoides. Die Bestimmung der Größe und Form des die wahre Erdgestalt am besten wiedergebenden Rotationsellipsoides ist Aufgabe der Erdmessung, eines Zweiges der höheren Geodäsie. Durch die Beobachtung der Bahn künstlicher Erdsatelliten ist es in letzter Zeit möglich geworden, die wahre Erdfigur weitgehend zu präzisieren. Ihre Abweichung von der reinen Kugelgestalt verursacht Störungen der Ellipsenbahnen der Satelliten. Aus diesen Bahnstörungen läßt sich rückwirkend die Erdgestalt berechnen. Die wahre, mathematisch nicht faßbare Erdfigur heißt **Geoid.** Es ist die in Meereshöhe liegende Niveaufläche des Schwerepotentials. Man kann es sich als ruhende Meeresoberfläche und deren Weiterführung unter den Kontinenten vorstellen. Durch Unregelmäßigkeiten in der Dichte der Erdkruste, durch Massenanziehung der Gebirge und Massendefizite infolge unterirdischer Hohlräume ist das Geoid vielfach gewellt und gewölbt. Die Abweichungen des Geoids vom Ellipsoid lassen sich nach Verfahren der Erdmessung bestimmen und in Karten durch Linien gleicher Erhebungen und Absenkungen des Geoides über das Rotationsellipsoid darstellen. Die Maximaldifferenz zwischen Rotationsellipsoid und Geoid beträgt 150 m.

3) Physik der E. Trotz seiner großen Starrheit, die 2- bis 3mal größer als die von Stahl ist, unterliegt der Erdkörper periodischen Verformungen, den Erdgezeiten (→ Gezeiten).

Die *Wärme* des Erdkörpers ist von der Sonneneinstrahlung unabhängig und nimmt nach dem Erdinneren hin zu (→ geothermische Tiefenstufe). Man schätzt die Temperatur im Erdkern auf 2000 bis 4000 °C. Radioaktive Substanzen in den Gesteinen der Erdkruste bilden durch ihren Zerfall wahrscheinlich eine wichtige Wärmequelle.

Das *magnetische Feld* der E. (→ Erdmagnetismus) ist schwach. Im allgemeinen nimmt die Feldstärke vom Äquator nach den magnetischen Polen hin zu. Die magnetischen Pole fallen nicht mit den geographischen Polen zusammen.

Unter dem Einfluß der → *Schwerkraft* befinden sich alle Körper auf der E. und in ihrer Nähe in einem Schwerefeld. Eigentlich müßte auf den Ozeanen ein Schweredefizit auftreten, da hier kilometerdicke Gesteinsschichten durch das viel leichtere Wasser ersetzt sind, in den Gebirgen umgekehrt ein Schwereüberschuß. Die Abweichungen von der Normalschwere sind jedoch meist viel geringer, als zu erwarten wäre. Man nimmt daher an, daß durch eine gerade entgegengesetzte Masseverteilung im Erdinneren ein Ausgleich erfolgt (→ Isostasie).

Die *Masse* der E. beträgt rund $5{,}97 \cdot 10^{27}$ g = 5970 Trillionen t, d. i. nur 1/332290 der Sonnenmasse. Da das *Volumen* der E. bekannt ist

(1083319,78 Millionen km³), kann man auch die *mittlere Dichte* der E. errechnen. Sie beträgt 5,52. Da die mittlere Dichte der in der Erdkruste vorhandenen Gesteine aber nur 2,7 bis 3,1 beträgt, schließt man daraus, daß im Erdkern eine erheblich größere Dichte (etwa 8) als in der Kruste vorhanden ist. Mit zunehmender Tiefe müssen also als Folge von Veränderungen der chemischen Zusammensetzung des Erdinnern oder der physikalischen Verhältnisse des gleichen Materials Dichteänderungen eintreten.

4) Aufbau der E. Insbesondere seismische Untersuchungen ergaben, daß die E. schalenförmig aufgebaut ist. Die bei Erdbeben ausgelösten seismischen Wellen werden nämlich bei ihrem Lauf durch das Erdinnere in bestimmten Tiefen gebrochen, so daß man für diese Tiefenbereiche auf eine Unstetigkeit in der Dichte schließen kann. — Entsprechend den Hypothesen Wiecherts und Goldschmidts gliedert man die E. folgendermaßen: Der **Erdkern (Siderosphäre, Barysphäre)** besteht zu etwa 90 % aus Eisen Fe und zu etwa 10 % aus Nickel Ni und wird daher auch als **Ni-Fe-** (oder **Nife-**) Kern bezeichnet. Sein Radius beträgt etwa 3470 km. Den Erdkern umgibt der **Erdmantel**, der sich in die in einer Tiefe von etwa 2900 km beginnende und etwa 1700 km mächtige **Chalkosphäre (Sulfid-Oxid-Schale)** und die daran anschließende **Lithosphäre (Silikatschale)** aufteilt. Die bis einige Dutzend km mächtige oberste Schicht der Lithosphäre wird als **Erdkruste** bezeichnet. Ihre äußere Schicht besteht vorwiegend aus Sedimenten und aus Gesteinen von granitähnlicher Zusammensetzung **(Granitschale)**. Sie wurde früher auch als **Sial** bezeichnet, da sie sich vor allem aus Silizium Si und Aluminium Al zusammensetzt. Die darunter liegenden Zonen nannte man auch **Sima**, da sie vor allem aus Silizium und Magnesium bestehen. An die Granitschale schließt sich die **Gabbroschale (Basaltschale)** an. Sie wird durch eine seismisch gefundene Unstetigkeitsfläche, die **Mohorovičić-Diskontinuität**, oftmals kurz „Moho" genannt, von der darunterliegenden, bereits zum Erdmantel gerechneten **Peridotitschale** getrennt. Unter den Kontinenten liegt die Mohorovičić-Diskontinuität etwa 20 bis 40 km (unter den Hochgebirgen bis 70 km) tief, unter den großen Ozeanen, wo die Granitschale weitgehend fehlt, dagegen nur 5 bis 6 km. Über Projekte zum Durchbohren der Mohorovičić-Diskontinuität → Mohole-Projekt. Unter der Peridotitschale liegt die **Eklogitschale** und darunter die **Gutenbergzone**, die aus basaltähnlichem Material in Hochdruckausbildung mit einzelnen Aufschmelzungsbereichen besteht. Über den Durchschnittsgehalt der Elemente in der Erdkruste informiert die Clarkezahl (→ chemische Elemente). Weitere Hypothesen über den Aufbau der E. sind z. B. die von Kuhn und Rittmann (1941) und von Ramsey (1948/49). Nach der Theorie von Kuhn und Rittmann baut sich die E. aus einem Kern von ziemlich reiner Sonnenmaterie (Solarmaterie), einer Zone aus Silikaten und aus der aus festen Gesteinen bestehenden Erdkruste auf. Nach Ramsey besteht die E. weitgehend einheitlich aus einem dem Olivin ähnlichen Material; mit der Tiefe nimmt der Eisengehalt des Olivins zu und damit auch die Dichte des Erdmaterials.

Zur E. gehört die sie umgebende und an ihrer Bewegung teilnehmende → **Atmosphäre**. Die **Hydrosphäre** ist die keine geschlossene Einheit bildende Wasserhülle der E. Sie bildet etwa 0,024 % der Gesamtmasse der E. und besteht zu 98 % aus Meerwasser.

5) Erdoberfläche. Die Verteilung von Land und Wasser auf der rund 510 Millionen km² großen Oberfläche der E. ist sehr ungleich. Die zusammenhängende Fläche der Weltmeere nimmt 360,8 Millionen km², also mehr als zwei Drittel (70,8 %) der Gesamtoberfläche der E. ein, während nur 149,3 Millionen km² (29,2 %) auf festes Land entfallen. Um das Nordpolarmeer lagern sich die breiten, nur durch verhältnismäßig schmale Meeresteile getrennten Landmassen Asiens, Europas und Nordamerikas, die sich nach dem Äquator hin verschmälern. Auf der Südhalbkugel spalten sich die Landmassen Südamerikas, Afrikas und Australiens halbinsel- und inselförmig auf und geben hier Raum für riesige Meeresflächen. Um den Südpol dehnt sich dagegen eine große Landmasse aus. Die mittlere Höhe der Kontinente über dem Meeresspiegel beträgt 825 m, die mittlere Tiefe der Ozeane 3800 m. Die Verteilung der Höhenstufen auf der Erdoberfläche wird in der → hypsometrischen Kurve dargestellt.

6) Über die Entstehung der E. als eines selbständigen Himmelskörpers im Sonnensystem gibt es verschiedene Hypothesen, → Kosmogonie.

Die eigentliche Erdgeschichte beginnt mit der Bildung einer festen Gesteinskruste um den zuerst glutflüssigen oder — nach neuerer Theorie — aus staubförmigen Massen auf kaltem Wege entstandenen Erdball und mit der Entstehung von Meeren durch Niederschläge aus der Atmosphäre. Die Gesteinskruste war seit ihrer Bildung mannigfachen Wandlungen unterworfen. Aus den physikalischen und mineralogischen Eigenschaften eines Gesteins lassen sich die Zeit und Art seiner Entstehung sowie sein Entstehungsbereich ablesen. Im Laufe der Erdgeschichte hat sich die Erdkruste in mehreren Zyklen ständig zu anderer Gestalt entwickelt, und zwar unter dem Einfluß erdinnerer (endogener) Kräfte (Epirogenese, Tektogenese, Magmatismus und Erdbeben) sowie erdäußerer (exogener) Kräfte (Sonnenstrahlung, Frost, Wasser, Wind und Eis). Im allgemeinen verläuft die Entwicklung so, daß unter dem Einfluß erdinnerer Kräfte weite Krustenbereiche, die Geosynklinalen, allmählich unter den Meeresspiegel absinken und mächtige, von den benachbarten Festländern abgetragene Gesteinsschuttmassen in sich aufnehmen. In großer Tiefe wird das angesammelte Gesteinsmaterial plastisch und unter einem seitlichen Druck, der aus bisher unbekannten Ursachen auftritt, zusammengefaltet. Schließlich werden die aus dem Schwimmgleichgewicht (→ Isostasie) geratenen Gesteinsmassen wiederum durch erdinnere isostatische Kräfte emporgehoben und steigen als Gebirge aus dem Meer auf. Dabei werden die Gesteinsmassen weitgehend verfestigt. Nach Abschluß dieses Zyklus sinkt der dem neuentstandenen Gebirge benachbarte Krustenteil als Geosynklinale ein, womit ein neuer Zyklus beginnt. Während aller Phasen eines solchen Zyklus dringen aus dem Erdinnern magmatische Massen in den Krustenbereich ein. Auf diese Weise, d. h. durch die Angliederung immer neuer Faltengebirge an schon bestehende, hat sich die Erdkruste im Laufe geologischer Zeiten zu ihrer heutigen Gestalt entwickelt.

Man gliedert die Erdgeschichte sowie die im Verlauf der Zyklen gebildeten Gesteine der Erdkruste in Erdzeitalter und diese wiederum in → Systeme.

Für die Bestimmung des Alters der E. und ihrer Entwicklungsabschnitte standen früher nur die Methoden der relativen geologischen Zeiteinteilung zur Verfügung, und zwar das stratigraphische Prinzip (→ Stratigraphie) und die → Diskordanzen. Die in neuerer Zeit entwickelte absolute geologische Zeitmessung bedient sich vor allem der Tatsache, daß der Zerfall radioaktiver Elemente in Gesteinen und Erzen ganz gleichförmig abläuft (→ physikalische Altersbestimmung). Für die ältesten Gesteine nimmt man ein Alter von mehr als 3 Milliarden Jahren an.

Lit. → Geophysik, → Geographie, → Geologie.

Erden, eine Reihe meist farbloser, erdiger Metalloxide, z. B. Aluminiumoxid (Tonerde), die Seltenerden (→ Seltenerdmetalle) und die sauren Erden (**Erdsäuren,** d. s. Vanadin-, Niob- und Tantalpentoxid). Von diesen eigentlichen E. kann man die alkalischen E. oder **Erdalkalien** Kalziumoxid, Strontiumoxid und Bariumoxid unterscheiden.

Erdfall, eine → Karsterscheinung.

Erdferne, → Apsiden.

Erdgas, Naturgas, ein in der Erdkruste in großen Lagerstätten vorkommendes hochwertiges Brenngas. E. entsteht bei der Erdölbildung. Es kommt deshalb häufig mit ihm zusammen vor, wobei es je nach dem Lagerstättendruck, der bis zu 750 at betragen kann, darin teilweise gelöst ist. Bei der Entspannung des Öles wird es freigegeben (*Erdöl-* oder *Sondengas*).

Zusammensetzung. E. besteht vor allem aus Alkanen. Während sich das *trockene E.* (D. 0,55 g cm^{-3}, bezogen auf Luft = 1) fast nur aus Methan und anderen unkondensierbaren Gasen zusammensetzt, enthält das zusammen mit Erdöl gefundene *nasse E.* (D. 1 g cm^{-3}, bezogen auf Luft = 1) beträchtliche Mengen an leicht zu verflüssigenden Alkanen, z. B. Propan, Butan, Pentan und auch höhere. Diese stellen das Naturgasbenzin (→ Benzin) dar. Der Heizwert beträgt bei trockenem E. 4500 bis 8000 kcal m^{-3} i. N., bei nassem 5000 bis 13 000 kcal m^{-3} i. N. Außer Alkanen kann E. sehr unterschiedliche Mengen Stickstoff (bis über 95 %), Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff enthalten; Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenmonoxid treten nur selten und in Spuren in E. auf. Einige E.e haben bemerkenswerte Gehalte an Helium (bis zu 7 %) und bilden das wichtigste Ausgangsmaterial für dessen Gewinnung. Alle E.e enthalten Wasser, das vor der Weiterverarbeitung abgetrennt werden muß. Erdgas-Luft-Gemische können bei einem Gehalt von 5 bis 14 % E. explodieren.

Vorkommen. Die Erdgasvorkommen gleichen etwa denen des Erdöls, hauptsächlich wird E. in der UdSSR (vor allem im Wolga-Ural-Gebiet, in der Ukraine, auf Sachalin, in Westsibirien, Aserbaidshan und Usbekistan), in Polen, den Niederlanden, der Sahara, im Mittleren Osten, in Indonesien, in den USA, in Kanada, Mexiko und Venezuela gefördert. In der DDR finden sich Erdgasfelder bei Mühlhausen (Thüringen) und am Rande des Südharzes, in Westdeutschland bei Hannover, im Emsland, im Oberrheintal und in Bayern.

Förderung und Aufarbeitung. Das E. strömt durch seinen eigenen Druck aus. Der Transport erfolgt überwiegend in Rohrleitungen (→ Pipeline). In den meisten Fällen muß das E. vor seiner Weiterverarbeitung getrocknet werden. Die Trocknung kann erfolgen 1) durch Expansion des E.es, wobei durch die Abkühlung ein Teil des Wasserdampfes kondensiert, 2) durch Waschen mit geeigneten (wasseranreichernden) Flüssigkeiten und 3) durch feste Adsorptionsmittel.

Verwendung. E. ist ein wichtiger Rohstoff für die → Petrolchemie. Große Mengen werden als Brennstoff (Stadtgas) und als Treibgas in Verbrennungsmotoren verwendet. Durch Verbrennung von E. wird — besonders in Rumänien — Ruß gewonnen.

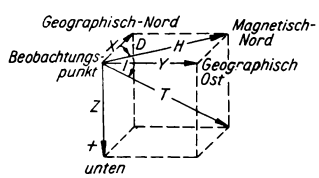
Lit. Franik: Erdgasaufbereitung (Leipzig 1964); → Erdöl.

Erdhobel, svw. → Straßenhobel.

Erdinduktor, ein Gerät zur Bestimmung der geomagnetischen Inklination. Der E. ist im wesentlichen eine in einem drehbaren Rahmen gelagerte Drehspule. Man dreht den Rahmen mit der rotierenden Spule bis zu der Lage, in der in der Spule keine elektrische Spannung mehr durch das erdmagnetische Feld induziert wird. Die Spulenachse steht dann parallel zu den Magnetfeldlinien und zeigt die Inklination an.

Erdkunde, svw. → Geographie.

Erdmagnetismus, eine physikalische Eigenschaft des Erdkörpers, die den größten und zeitlich nahezu konstanten Anteil (etwa 94 %) zum erd- oder geomagnetischen Feld beiträgt. Als **erdmagnetisches** oder **geomagnetisches Feld** bezeichnet man das überall auf der Erde und in ihrer Umgebung wirksame Kraftfeld, das sich z. B. dadurch anzeigt, daß eine allseitig frei bewegliche Magnetnadel eine bestimmte Richtung einnimmt. Auch das Auftreten der Polarlichter und die Intensitätsverteilung der Höhenstrahlung weisen auf das erdmagnetische Feld hin. Intensität und Richtung des erdmagnetischen Feldes werden an jedem Ort und zu jeder Zeit durch die **erdmagnetischen Elemente** beschrieben. Die Abweichung der Feldrichtung von der geographischen Nordrichtung wird als magnetische → *Deklination* (*D*), ihre Abweichung von der Waagerechten als → *Inklination* (*I*) bezeichnet. Die Intensität des Feldes heißt *Totalintensität* (*T*), ihr waagerechter Anteil *Horizontalintensität* (*H*), ihr senkrechter *Vertikalintensität* (*Z*). Ihre Anteile in den Richtungen Geographisch-Nord und Geographisch-Ost nennt man *Nordkomponente* (*X*) bzw. *Ostkomponente* (*Y*). Intensität und Richtung des geomagnetischen Feldes in Raum und Zeit werden mit Hilfe von Magnetometern beobachtet.



Totalintensität *T* des erdmagnetischen Feldes; „unten" bezieht sich auf die Lage des Koordinatensystems, dessen Z-Achse in diesem Falle positiv ist

Den Anteil des E. am erdmagnetischen Feld bezeichnet man als das **beharrliche Magnetfeld** der Erde, da es nur eine langsame, über Zeiträume von mehr als 50 Jahren gleichgerichtete Veränderung der erdmagnetischen Elemente, die *Säkularvariation*, zeigt. Die Verteilung des beharrlichen Magnetfeldes längs der Erdoberfläche wird in magnetischen Karten dargestellt. In diesen Karten heißen die Linien, die Punkte gleicher Deklination verbinden, Isogonen, die Linien, die Punkte gleicher Inklination verbinden, Isoklinen, die Linien, die Punkte gleicher Intensität verbinden, Isodynamen, speziell *T*-Isodynamen, *H*-Isodynamen und *Z*-Isodynamen. Als **magnetischen Äquator** der Erde bezeichnet man die Isokline mit dem Wert 0, als **Magnetpole** der Erde die Stellen, an denen die Inklination + 90° oder − 90° beträgt. 1960 lag der südmagnetische Pol, oft als magnetischer Nordpol bezeichnet, im arktischen Nordamerika (Prince-of-Wales-Insel) auf 74,9° nördlicher Breite und 101° westlicher Länge, der nordmagnetische Pol, oft als magnetischer Südpol bezeichnet, in der Antarktis auf 67,2° südlicher Breite und 142° östlicher Länge. Der Nordpol einer Magnetnadel zeigt stets nach dem südmagnetischen Pol. Die Magnetpole der Erde wandern im Verlauf eines Jahres nur um wenige Kilometer. Das beharrliche Magnetfeld entspricht in guter Näherung dem Feld eines Dipols im Erdmittelpunkt, dessen Achse um etwa 11,5° von der Rotationsachse abweicht. Die Verteilung der Säkularvariation längs der Erdoberfläche wird auf magnetischen Karten mit Hilfe von Isoporen, d. s. Linien, die Punkte gleicher Veränderlichkeit der erdmagne-

tischen Elemente verbinden, dargestellt. Sie zeigt nur eine geringe Regelmäßigkeit im weltweiten Maßstab. Die Ursachen des beharrlichen Magnetfeldes befinden sich im Erdinnern. Nach einer gegenwärtig allgemein anerkannten Hypothese sind Bewegungen der elektrisch leitenden Materie in den oberen Schichten des Erdkerns für den Hauptteil des beharrlichen Magnetfeldes verantwortlich. Diesem Hauptteil überlagern sich die Magnetfelder der magnetischen Gesteine in der Erdkruste als örtliche (regionale und lokale) Anomalien.

Der restliche Anteil von etwa 6% am erdmagnetischen Feld heißt **Variationsfeld.** Dieser Anteil unterliegt kurzzeitigen Schwankungen, die periodisch (*Variationen*) und unperiodisch (*Störungen* und *Stürme*) sein können. Das Auftreten zeitlicher Störungen des erdmagnetischen Feldes bezeichnet man als **erdmagnetische Aktivität.** Die Ursachen des Variationsfeldes sind elektrische Ströme in den ionisierten Teilen der Erdatmosphäre.

Erdmessung, → Geodäsie.

Erdmetalle, Bezeichnung für die Elemente Aluminium, Skandium, Yttrium, Lanthan und die Lanthanide. Der Name rührt von der erdigen Beschaffenheit der Oxide dieser Metalle her.

Erdnähe, → Apsiden.

Erdnußöl, → Fette und fette Öle.

Erdoberfläche, 1) Geographie: → Erde (Abschn. 5).

2) Geodäsie: die Grenzfläche zwischen Lithosphäre und Hydrosphäre gegenüber der Atmosphäre. Sie wird in topographischen Karten durch Höhenlinien dargestellt, die auf das Meeresniveau bezogen sind.

Erdöl (Tafel 24), ein in der Natur vorkommendes Gemisch paraffinischer, naphthenischer (alizyklischer) und in geringen Mengen aromatischer Kohlenwasserstoffe sowie Schwefel-, Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen. Man unterscheidet je nach den Hauptkomponenten zwischen paraffinbasischem E. (z. B. Pennsylvanien/USA) und naphthenbasischem E. (z. B. Baku/UdSSR).

Entstehung. Zur Bildung von Erdölmuttergestein ist die Fäulnis pflanzlicher und tierischer Substanz, insbesondere von Plankton, unter Luftabschluß im Faulschlamm (Sapropel) flacher Meeresbecken oder stehender Gewässer erforderlich. Anaerob, d. h. vom Luftsauerstoff unabhängig lebende Bakterien bauen unter Reduktion die organischen Verbindungen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur ab. Die hierbei entstehenden Zwischenprodukte wandeln sich, wahrscheinlich über geochemisch ausgelöste weitere Reaktionen, in Kohlenwasserstoffe um. Gleichzeitig verfestigen sich die Faulschlämme zu Gesteinen, die das Erdölmuttergestein darstellen. Vielfach wandert das E. unter dem Einfluß des Gebirgs-, Wasser- oder Gasdruckes aus dem Muttergestein ab und dringt durch Spalten in poröses Speichergestein, z. B. Sand, Sandstein, Trümmergestein, Dolomit oder Kalk. Bei diesem Vorgang, der *Migration*, sammelt sich das E. schließlich in den „Fallen" (Erdölfangstrukturen), z. B. den Kuppeln von Antiklinalen (unterirdische Aufwölbungen). Das gleichzeitig mit ihm wandernde Wasser sammelt sich infolge seiner größeren Dichte unterhalb des E.s und schließt die Lagerstätte als Randwasser nach unten hin ab. Über dem E. befindet sich meist noch die Gaskappe, in der → Erdgas meist unter hohem Druck steht (Sondengas).

Förderung. Erdöllagerstätten werden durch → Bohrung (heute im allgemeinen nach dem Rotary-Verfahren oder durch Turbinenbohren) erschlossen, auf dem Meer von festen oder schwimmenden Plattformen oder Schiffen aus (→ Meeresbohrungen). Je nach Art und Energiegehalt des Vorkommens tritt das E. entweder aus eigener Kraft an die Oberfläche (Eruptionsförderung) oder ist — bei den energielosen Totöl-Lagerstätten — durch zusätzliche Kräfte zu fördern. Bohrlöcher, die unter sehr hohem Lagerstättendruck stehen und beim Erschließen infolge ungenügender Sicherheitsmaßnahmen ausbrechen, werden als Springer bezeichnet. Aus sehr energiearmen, also nicht selbsttätig fördernden Lagerstätten, fördert man heute ausschließlich durch Pumpen, die auf der Bohrlochsohle eingebaut sind.

Diese *Primärverfahren* ermöglichen es, oft nur 25%, höchstens aber 60% des Ölgehaltes eines Vorkommens zu gewinnen. Durch weitere Entölung der Lagerstätte mit Hilfe von *Sekundärverfahren* kann man maximal etwa 80% der gesamten Ölmenge ausbringen. Dies kann geschehen, indem man Wasser, insbesondere Salzwasser, in die Randzone (Wasserfluten) oder Gas in die Gaskappe oder in das Öl selbst (Repressuring) einpreßt. Man benutzt dazu besondere Einpreßbohrungen (Injektionsbohrungen) oder ehemalige Förderbohrungen. Als Einpreßgas dienen Luft, Erdgas oder Abgase. Sekundärverfahren kann man schon von Beginn der Bohrung an verwenden, um es nicht erst zu einem Druckabfall kommen zu lassen. Es wurde auch versucht, die Lagerstätte durch Verbrennen eines Teils des Inhalts aufzuheizen. Dadurch sinkt die Viskosität des E.s, und der Druck der eingeschlossenen Gase steigt, so daß der Lagerstätteninhalt zur Förderbohrung fließt. Vorkommen in geringen Tiefen lassen sich auch bergmännisch abbauen; dies ist jedoch auf wenige Einzelfälle (Frankreich, Lüneburger Heide) beschränkt. Das Öl sickert hierbei aus den Ölsanden auf die Streckensohle und wird von dort aus weitergepumpt (Sickeröl), oder der Ölsand wird direkt abgebaut und über Tage mit 90 °C heißem Wasser entölt.

Der Transport erfolgt über Land durch Ölleitungen (→ Pipelines), über See in Tankern oder neuerdings in schwimmfähigen Kunststoffblasen (Container).

In der DDR wurden Erdölvorkommen in den Nordbezirken festgestellt. In Westdeutschland wird E. vor allem in Schleswig-Holstein und im Weser-Ems-Gebiet gefördert. Im übrigen Europa befinden sich vor allem in Rumänien (Ploieşti, Bacău) beträchtliche Vorkommen. In der UdSSR wurden die früher wichtigsten kaukasischen Förderungsgebiete von Baku, Grosny und Maikop längst durch das „Zweite Baku" zwischen Wolga und Ural überflügelt, außerdem wurden neue große Vorkommen in Westsibirien, im Lenagebiet und auf der Ostseite des Kaspischen Meeres erschlossen. Asien besitzt sehr reiche Vorkommen in Kuweit, ferner in Saudi-Arabien, Iran, Irak, Katar, auf den Bahrein-Inseln, in Indonesien und China (Ostturkestan). In Afrika findet sich E. in größeren Mengen in Libyen, Algerien, Nigeria und der VAR. Die Hauptvorkommen in den USA weisen Texas, Kalifornien, Louisiana und Oklahoma auf. Große Mengen werden auch in Venezuela, Kanada, Mexiko und Argentinien gefördert. (Tab.)

Die Förderung der einzelnen Bohrungen ist in den verschiedenen Erdölgebieten entsprechend der Art der Vorkommen und des Förderverfahrens sehr abweichend; sie beträgt z. B. in den USA je Bohrung im Mittel 1,9 t/Tag. Im Mittleren Osten dagegen fördert jede Bohrung im Durchschnitt 750 bis 950 t/Tag; 1960 wurde eine Spitzenbohrung fündig, die 6000 t/Tag erbringt.

Eigenschaften und Verwendung. Das aus Erdöllagerstätten gewonnene Rohöl ist eine dünn- bis dickflüssige, hell- bis schwarzbraune, oft bläulich bis grünlich fluoreszierende Flüssigkeit. Die Dichte des E.s beträgt durchschnittlich 0,8 bis 0,9 g/cm³, die Verbrennungswärme

10000 bis 11500 kcal/kg. Die Höhe des Flammpunkts kann bei benzinreichen E.en unter 0 °C, bei benzinarmen über 70 °C liegen. Die wirtschaftlich wichtigsten Bestandteile des Rohöls sieden zwischen 50 und 350 °C. E. kann un-

Erdölförderung der Welt und der wichtigsten Länder (in 1000 t)

	1960	1964	1965
Welt insges.	1054200	1410100	1503000
USA	347975	376609	384948
UdSSR	147191	222603	241733
Venezuela	149372	178230	181704
Kuweit	81867	106719	109068
Saudi-Arabien	62068	85798	100500
Iran	52392	84006	93540
Irak	47796	61626	84536
Libyen	·	41476	58380
Kanada	25634	37091	42872
Algerien	8632	26227	26484
Indonesien	20596	23332	24096
Mexiko	14171	16535	16872
Rumänien	11500	12395	12571

1966 betrug die Erdölförderung der Welt insges. 1632000000 t.

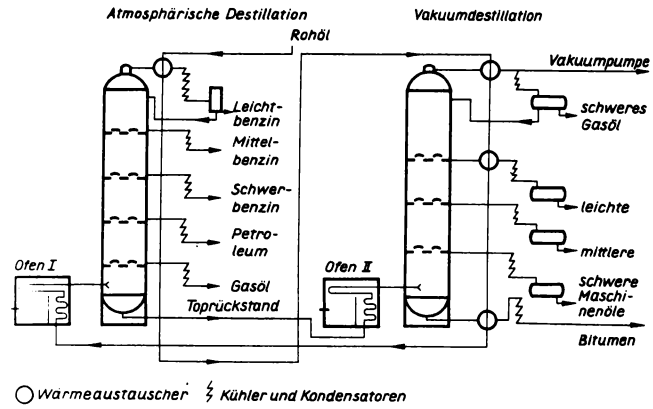
verarbeitet nur zur Dampfkesselfeuerung verwendet werden. Seine große Bedeutung erhält es erst in der → Erdölchemie durch die Aufbereitung in Destillationsanlagen und durch weitere Veredlung sowie durch Verwertung bestimmter Produkte in der → Petrolchemie.

Lit. Faniev: Abbau von Erdöl- und Erdgaslagerstätten (dtsch Leipzig 1963); Härtig u. Schmidt: Kohle, E. und Erdgas (Halle 1957); Neumann: Schatzsucher unserer Zeit (Leipzig 1961); Prinzler: Einführung in die Technologie des E.s (Leipzig 1961); Ruf: Kleine Technologie des E.s (2. Aufl. Basel und Stuttgart 1963); Sorokin u. a.: Lehrbuch der geophysikalischen Methoden zur Erkundung von Erdölvorkommen (dtsch Berlin 1953): Thierfelder: E. — Quell der Vielfalt. Wissenswertes über Vorkommen, Gewinnung und Verarbeitung von E. und Erdgas (2. Aufl. Leipzig 1962); Snarski: Die geologischen Grundlagen des Abbaus von Erdöl- und Erdgaslagerstätten (dtsch Berlin 1964); → Erdölchemie.

Erdölchemie (Tafel 24), die chemisch-technische Aufbereitung des Erdöls. Das geförderte Rohöl, das Gase (z. B. Methan, Äthan, Propan und Butan) gelöst, weiterhin feste Bestandteile und salzhaltiges Wasser enthält, wird zunächst in Gasabscheidern entgast. Das sind geschlossene Behälter, in denen das Öl gegen siebartige Prallbleche gespritzt wird, wobei die Gase entweichen. Die Gase werden zu Heizzwecken oder als Ausgangsprodukte für die Petrolchemie benutzt. Das Öl fließt in die Tanks, in denen sich die festen Verunreinigungen und das Wasser absetzen. Ist die Trennung durch Emulsionsbildung nicht vollständig, läuft das Öl durch weitere Klärtanks, wobei emulsionsspaltende Chemikalien zugesetzt werden. Ferner kann das Erdöl mittels hochgespannten Wechselstroms, der durch die aus Wasser und Öl bestehende Emulsion geschickt wird, geklärt werden. Dabei bilden sich große Wassertropfen, die sich dann am Boden absetzen. Auch Ultraschall eignet sich zum Zerstören der Emulsion. Bei der Ölreinigung wird gleichzeitig eine Entsalzung vorgenommen, da das Rohöl immer geringe Mengen Salz enthält, das bei der destillativen Aufarbeitung störend wirken würde.

Die eigentliche Aufbereitung des von Gas, Wasser und Salz befreiten Erdöls erfolgt durch fraktionierte Destillation. Man führt sie heute ausschließlich kontinuierlich in ein- oder zweistufigen Röhrendestillationsanlagen durch (Pipestill). Das Erdöl wird in Röhrenerhitzern auf etwa 400 °C erhitzt und kontinuierlich arbeitenden Trennsäulen zugeführt. Dabei werden die bei Atmosphärendruck bis etwa 400 °C verdampfenden Anteile (Fraktionen, Schnitte) abgetrennt. Die höhersiedenden Anteile, die als Toprückstand der atmosphärischen Destillation anfallen, werden nach erneutem Aufheizen unter stark vermindertem Druck in einer Vakuumkolonne destilliert. Die hauptsächlichsten bei der Destillation des Erdöls anfallenden Produkte sind → Benzin, der bis zu 220 °C siedende Anteil, → Petroleum (Kerosin, Leuchtöl), die zwischen 150 und 270 °C siedende Fraktion, → Gasöl mit einem Siedebereich von 250 bis 400 °C. Die über 400 °C siedenden Produkte bilden die Schmieröle (→ Schmierstoffe) oder Heizöle, der Vakuumrückstand liefert Bitumen. Aus den Schmierölschnitten paraffinbasischer Erdöle werden Paraffingatsche (→ Gatsch) isoliert. Beim Spalten der Erdölrückstände fällt aschearmer Petrolkoks an.

Sämtliche anfallenden Destillate sind erst nach Raffination einsatzfähig. So müssen Benzine hinsichtlich Klopffestigkeit, Dampfdruck, Harz-, Säure- und Schwefelgehalt bestimmten Anforderungen genügen. Eine Harzbildung wird heute weitgehend durch Zusatz von Inhibitoren verhindert. Die früher übliche Schwefelsäurebehandlung hat nur noch bei der Schmierölraffination gewisse Bedeutung. Die unerwünschten Schwefelverbindungen, vor allem die Merkaptane, werden durch katalytische Hydrierung in der Dampfphase entfernt oder durch Umsatz mit Alkalien in Merkaptide übergeführt und danach mit geeigneten Alkoholen extrahiert (*Solutizer-Prozeß*). Saure Bestandteile, z. B. Fettsäuren, Naphthen-



Zweistufige Erdöldestillation

säuren und Phenole, werden durch Salzbildung mit Natronlauge abgetrennt. Dieselkraftstoffe und Schmieröle müssen häufig einer *Entparaffinierung* unterzogen werden, um ihren Stockpunkt herabzusetzen, da andernfalls während der kalten Jahreszeit erhebliche Störungen beim Einsatz dieser Produkte auftreten können. Die hochstockenden paraffinischen Komponenten werden durch Abkühlung oder durch Adduktbildung mit Harnstoff und nachfolgende Filtration entfernt. Die *Entasphaltierung* von Schmierölen bezweckt die Abtrennung hochmolekularer Verbindungen. Sie kann durch Behandeln des Schmieröles mit aliphatischen Kohlenwasserstoffen, z. B. Propan oder Produkte der Fischer-Tropsch-Synthese, erfolgen, in denen die Asphalte im Gegensatz zu den Schmierölkohlenwasserstoffen unlöslich sind. Zur Verbesserung des Viskositäts-Temperatur-Verhaltens unterwirft man Schmieröle ferner einer → Solventextraktion.

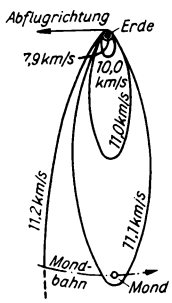
Die Primärdestillate (straight-run-Produkte) des Erdöls reichen seit langem nicht mehr aus, den Bedarf an Vergaserkraftstoffen zu decken. Daher werden höhersiedende Produkte heute in erheblichem Umfang durch Kracken in Benzin-

kohlenwasserstoffe umgewandelt. Ebenso ist es möglich, gasförmige Kohlenwasserstoffe, vor allem die C_3- und C_4-Fraktion, durch Alkylierung oder Polymerisation (→ Benzin) zu Vergaserkraftstoffen hoher Oktanzahl umzusetzen.

Lit. Arutjunow: Anfahren großtechnischer Anlagen (dtsch Leipzig 1961); Berghoff: Erdölverarbeitung und Petrolchemie — Tafeln und Tabellen (Leipzig 1967); Blagowidow u. Sulimow: Moderne Verfahren zur Treibstoffgewinnung aus Erdöl (dtsch Leipzig 1961); Dierichs u. Ludwig: Teer- und Erdölverarbeitung, Lehrbriefbuch (2. Aufl. Freiberg 1958); Donndorf: Werkstoffe und Korrosionsschutz in der Erdölindustrie (Leipzig 1966); Finke u. Leipnitz: Moderne Methoden der Erdölanalyse (Berlin 1964); Gantschikowa: Moderne Erdölverarbeitungswerke (dtsch Leipzig 1962); Leibnitz: Zur Frage der Erdölverarbeitung und ihrer Beziehungen zur chemischen Industrie in der DDR (Berlin 1960); Lukjaniza: Analytik organischer Schwefelverbindungen in Erdöl und Erdölprodukten (dtsch Leipzig 1962); Roth u. Mai: Einführung in die Technologie der Schmierölgewinnung aus Erdöl (Leipzig 1963); Schnorrbusch u. Junghans: Automatisierung bei der Erdölverarbeitung (Leipzig 1964); Sulimow: Aromatengewinnung aus Erdölprodukten (dtsch Leipzig 1961); → Erdöl.

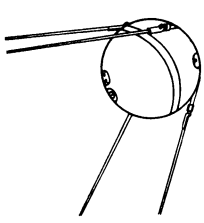
Erdorgel, eine → Karsterscheinung.

Erdsatellit, 1) im weiteren Sinne jeder Körper, der sich unter dem Einfluß der Erdanziehung um die Erde bewegt, z. B. der → Mond als einziger **natürlicher E.**



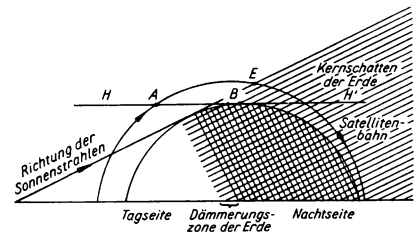
1 Die Bahnen künstlicher Erdsatelliten in Abhängigkeit von der Anfangsgeschwindigkeit

2) im engeren Sinne **künstlicher E.** (Tafel 18), ein künstlich geschaffener Raumflugkörper, der die Erde auf einer ellipsenähnlichen Bahn umkreist und dabei wenigstens einen Umlauf vollendet. E.en werden mit Hilfe mehrstufiger → Raketen (Trägerraketen) gestartet; die erforderliche Brennschlußgeschwindigkeit beträgt in Erdnähe mindestens 7,9 und höchstens 11,2 km/s (→ kosmische Geschwindigkeitsstufen), mit zunehmendem Abstand von der Erde sinkt die Geschwindigkeit der E.en. Der Start erfolgt zunächst in senkrechter Richtung, dann wird die Antriebsbahn der Rakete allmählich geneigt, bis sie bei Brennschluß eine annähernd horizontale Lage erhält. Größe und Richtung der Brennschlußgeschwindigkeit bestimmen die Bahnparameter des E.en, wie mittlere Höhe über der Erdoberfläche, kleinste und größte Höhe (im Perigäum bzw. Apogäum), Umlaufzeit, Neigung der Bahnebene gegen den Erdäquator u. a., die je nach Aufgabe des E.en verschieden gewählt werden. Die Höhe der Bahnen über der Erdoberfläche kann zwischen 10^2 und 10^6 km liegen, die Umlaufzeit zwischen 87 Minuten und etwa 2 Monaten; außerhalb dieses Bereichs ist infolge der Bremsung in der Erdatmosphäre bzw. der Störungen durch die Sonne keine Satellitenbahn möglich. Ein **Nullsatellit** ist ein gedachter E., dessen Bahn längs der Erdoberfläche verläuft. Ein **synchroner E.** umkreist die Erde in genau einem Tag (mittlere Höhe 35 800 km); er steht außerdem stationär über einem Punkt des Äquators, wenn seine Bahn kreisförmig ist und in der Äquatorebene liegt **(stationärer E.).** Nur 10 % der bis Ende 1967 gestarteten E.en entfernten sich um mehr als einen Erdradius von der Oberfläche. Die meisten E.en wurden in Richtung der Erdrotation gestartet (Bahnneigung $> 90°$ bei nur 15 % der Satelliten), da die Rotationsgeschwindigkeit der Erde für den Start z. T. ausgenutzt werden kann. Die Bahn liegt in erster Näherung relativ zum Sternsystem fest, doch verursacht die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt eine langsame Drehung der Bahnebene sowie der Bahnachsen innerhalb dieser Ebene. Außerdem verkleinert der Einfluß der oberen Luftschichten die Exzentrizität der Bahn und verringert ihre Höhe über der Erdoberfläche. Hieraus ergeben sich Möglichkeiten zur genauen Bestimmung der Erdfigur und der Massenverteilung im Erdinnern sowie der Luftdichte in den betreffenden Höhenschichten.



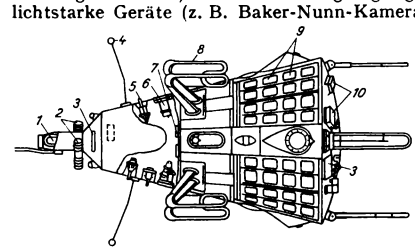
3 Sputnik 1, der erste künstliche Erdsatellit (UdSSR)

E.en haben normalerweise nur eine begrenzte Lebensdauer; in Erdnähe werden sie durch die oberen Schichten der Atmosphäre abgebremst, nähern sich allmählich der Erde und werden schließlich durch thermische Einwirkung in der Luft zerstört. Mittels verschiedener Wärmeschutzmaßnahmen und einer günstigen Abstiegsbahn können E.en auch unversehrt zur Erdoberfläche zurückgeführt werden (z. B. Raumschiffkabinen, → Raumfahrt). Erdferne E.en **(Fernsatelliten)** können bei entsprechender Bahnlage auf den Mond stürzen oder durch die Mond- und Sonnenstörungen in den interplanetaren Raum getrieben werden. Die Bahnen von E.en geringer Dichte, z. B. der aufblasbaren **Ballonsatelliten,** werden auch durch den Strahlungsdruck der Sonne beeinflußt. Die natürliche Lebensdauer beträgt 1,5 Stunden bis mehr als 10^6 Jahre; sie kann durch künstliche Einwirkung (Triebwerke) verlängert oder verkürzt werden.



2 Beobachtung künstlicher Erdsatelliten. Die Beobachtung ist nur möglich, wenn der Beobachtungsort im Erdschatten, also auf der Nachtseite liegt, der Satellit dagegen über dem Horizont liegt und von der Sonne beleuchtet ist. B Beobachtungsort, HH' Horizont von B, AE in B sichtbares tagseitiges Stück der Satellitenbahn

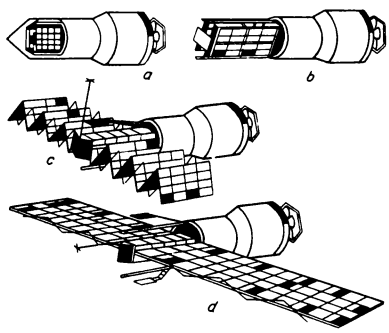
E.en können nur dann optisch beobachtet werden, wenn sie in der Dämmerung oder in der Nacht über dem Horizont stehen und noch von der Sonne beschienen werden. Mit bloßem Auge sind nur die großen E.en sichtbar. E.en erscheinen als sich rasch bewegende sternartige Lichtpunkte 0. bis 14. Größenklasse. Ihre Helligkeit schwankt, wenn die Größe der beleuchteten Fläche — vom Beobachter aus gesehen — veränderlich ist, wie z. B. bei nicht stabilisierten E.en. Für die photographische Beobachtung (z. B. zur Vermessung der Bahn) sind besonders gut geeignet lichtstarke Geräte (z. B. Baker-Nunn-Kameras), die sehr genaue Positionswerte liefern. E.en können außerdem mit Radar oder Laser geortet werden. Die funktechnische Satellitenbeobachtung (durch Empfang der Funksignale von E.en) nutzt vor allem den Dopplereffekt zur Bahnbestimmung aus.



4 Meßsatellit Sputnik 3 (UdSSR). *1* Magnetometer, *2* Multiplier für solare Strahlung, *3* Sonnenbatterien, *4* Ionenfalle, *5* Meßgerät für Ionisation, *6* Magnetfeldindikator, *7* Zähler für schwere Kerne der kosmischen Strahlung, *8* Antenne, *9* Temperaturjalousien, *10* Detektoren für Mikrometeoriten

Die Aufgaben von E.en können sein 1) die technische Erprobung von Raketen- und Satellitensystemen, z. B. von Lagekontroll- und Orientierungssystemen und elektronischen Ein-

richtungen **(Testsatellit)**; 2) wissenschaftliche Messungen im Weltraum, z. B. Messungen der kosmischen Strahlung, des Magnetfeldes der Erde, der Sonnenstrahlung, der Ionosphäre, des interplanetaren Plasmas, des Gravitationsfeldes der Erde **(Meßsatellit)**; 3) die Nachrichtenübertragung über große Entfernungen (→ **Nachrichtensatellit**); 4) die weiträumige meteorologische Überwachung der Erde (→ **Wettersatellit**); 5) die militärische Aufklärung und Überwachung der Erde und des Luftraumes über der Erde **(Erkundungs-, Spionagesatellit)**; 6) Navigationshilfen für Schiffe und Flugzeuge und Verbesserung der geographischen Ortsbestimmung **(Navigationssatellit,** → Satelliten-Navigation); 7) die Durchführung von Verhaltenstests von Tieren und Pflanzen im Weltraum zur Vorbereitung des bemannten Weltraumfluges **(biologischer Satellit)**; 8) der Weltraumflug von Menschen mit bemannten **Raumschiffen** (→ Raumfahrt); 9) Aufgaben für die Wirtschaft, zum Beispiel die Erkundung von Rohstoffvorkommen und Beobachtung von landwirtschaftlichen Nutzflächen. Für die Erfüllung dieser Aufgaben werden E.en



5 Entfaltung der Meßflächen beim Erdsatelliten Pegasus (USA) zur Meteoritenmessung: *a* letzte Antriebsstufe mit Erdsatellit unter Schutzkegel, *b* Schutzkegel abgetrennt, *c* Beginn der Entfaltung der Meßflächen, *d* Erdsatellit in Arbeitsstellung

mit Meßinstrumenten, Sendern und Stromversorgungsanlagen (chemische Batterien, Solarbatterien, Atombatterien oder Kernreaktoren) ausgerüstet, außerdem können sie je nach Verwendungszweck Kommandoempfänger, Datenspeicher, elektronische Programmsteuergeräte, Lagekontrollsysteme, Klimaanlagen u. a. enthalten. Unkontrollierte Drehbewegungen von E.en können durch Stabilisierung relativ zur Erde oder Sonne beseitigt werden **(stabilisierte E.en)**.

Der erste Start eines künstlichen E.en (Sputnik 1) erfolgte am 4. 10. 1957 in der Sowjetunion und stellte einen hervorragenden Erfolg der sowjetischen Wissenschaft und Technik dar. Bis Ende 1967 wurden etwa 810 E.en (mit Nutzlast) gestartet, z. T. mehrere gemeinsam mit einer Trägerrakete, von denen zu diesem Zeitpunkt noch fast 40 % die Erde umkreisten. Dazu kommen noch rund 2240 Raketenendstufen, abgetrennte Metallteile und Trümmerstücke, die ebenfalls auf eine Erdumlaufbahn gelangten.

Näheres über die bisher gestarteten E.en der verschiedenen Staaten → Raumfahrt (Tab.).

Lit. → Raumfahrt.

Erdsäuren, → Erden.

Erdschluß, die unerwünschte leitende Verbindung zwischen einem elektrischen Stromkreis und der Erde. Der E. entspricht, falls der Systemsternpunkt satt geerdet ist, einem einpoligen Kurzschluß, stellt aber bei isoliertem Sternpunkt keinen Kurzschluß dar; der dann auftretende Erdschlußstrom ist vergleichsweise klein, sofortiges Abschalten ist im allgemeinen nicht notwendig.

Erdschlußspule, eine zwischen Sternpunkt eines Netzes und Erde eingeschaltete Drosselspule, die zur Begrenzung des Kurzschlußstromes bei Erdschluß dient. Die Induktivität der E. (auch Petersen-Spule genannt) ist auf die Kapazität des Leitungsnetzes genau abgestimmt. Dem kapazitiven Erdschlußstrom, bei Hochspannungsleitungen z. B. ein Lichtbogen, wird hierdurch ein induktiver Blindstrom überlagert, wodurch jener gelöscht, d. h. aufgehoben wird.

Erdseil, ein auf Hochspannungsmasten über den stromführenden Leitungen verlegtes, mit der Erde verbundenes Leiterseil. Unter dem E. entsteht ein Schutzraum, in dem sich die spannungsführenden, gegen Blitzeinschlag zu schützenden Leiter befinden (→ Überspannung). Des weiteren vermindert das E. bei Erdschluß an einem Mast die Schritt- und Berührungsspannungen am Fehlermast.

Erdstoffstabilisierung, früher als **Bodenvermörtelung** oder **Bodenstabilisierung** bezeichnet, eine moderne Bauweise zur Herstellung von Gründungsschichten bei ungenügend tragfähigem Untergrund im Straßen-, Eisenbahn-, Wasserbau und von Tragschichten im Straßenbau. Bei landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Wegen wird die E. auch als alleinige Befestigung vorgesehen, gegebenenfalls mit einer dünnen bituminösen Verschleißschicht (→ Straße). Zur E. wird anstehender oder eingebrachter Erdstoff mittels Stabilisierungsmaschinen oder geeigneter landwirtschaftlicher Geräte zerkleinert, aufgelockert, mit einem Bindemittel (Zement, Bitumen oder Kalk) und Wasser vermischt und mit Verdichtungsmaschinen verdichtet.

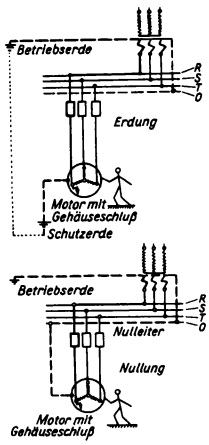
Erdstrom, ein zeitlich und örtlich veränderlicher, sehr schwacher natürlicher elektrischer Strom, der durch ionosphärische Ströme bzw. durch die

Die ersten Erdsatelliten (Weiteres → Raumfahrt)

Bezeichnung	Staat	Startdatum	Lebensdauer	Höhe (km) Minimum	Maximum	Umlaufzeit (min)	Neigung	Nutzmasse (kg)
Sputnik 1 (1957 α*)	UdSSR	4. 10. 57	92 Tage	228	947	96,17	65° 1	83,6
Sputnik 2 (1957 β)	UdSSR	3. 11. 57	162 Tage	225	1672	103,75	65° 3	508,3
Explorer 1 (1958 α)	USA	1. 2. 58	≈ 10 Jahre	354	2553	114,95	33° 2	8,2
Vanguard 1 (1958 β)	USA	17. 3. 58	≈ 200 Jahre	654	3965	134,29	34° 3	1,47
Explorer 3 (1958 γ)	USA	26. 3. 58	94 Tage	189	2786	115,87	33° 4	8,4
Sputnik 3 (1958 δ)	UdSSR	15. 5. 58	692 Tage	226	1879	105,95	65° 2	1327

* Seit 1. 1. 1963 werden die Starts eines Jahres nicht mehr durch griechische Buchstaben, sondern durch Numerierung gekennzeichnet (→ Raumfahrt).

sie begleitenden erdmagnetischen Variationen in der Erde induziert wird. Über die ganze Erde verteilt gibt es mehrere Erdstromsysteme. Die Erdpotentialdifferenz beträgt normalerweise weniger als 1 V auf einige 100 km, jedoch sind bei starken Polarlichtern schon Spannungsgefälle von 50 bis 60 V je Kilometer beobachtet worden. Die örtlichen Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit des Untergrundes beeinflussen die Erdstromintensität, was bei der tellurischen Methode in der → Geoelektrik ausgenutzt wird.



Erdung, die leitende Verbindung zwischen einem elektrischen Gerät und der Erde zum Zwecke des Berührungsschutzes (Schutzerdung) oder um einen betriebsmäßig erforderlichen Stromfluß gegen Erde zu ermöglichen (Betriebserdung). Mit der E. werden eine Spannungsfestlegung und ein Stromausgleich erreicht. Feuchter Erdboden verhält sich annähernd wie ein Ionenleiter. Da er eine praktisch beliebig große Kapazität besitzt, nehmen alle mit ihm leitend verbundenen Gegenstände sein Potential an, das man willkürlich gleich Null setzt. In der Rundfunktechnik benutzt man zur E. oft Wasserleitungsrohre oder das Zentralheizungssystem, die als E. ausreichen. Bei Hochantennen wird in die Zuleitung ein Überspannungsschalter eingesetzt, der bei Gewitter (Blitzschlaggefahr) mit einer Erdleitung verbunden wird. In der Fernsprechtechnik kann die E. die Rückleitung ersetzen, in der Elektrizitätsversorgung gleicht sie Spannungsschwankungen in Nulleitern aus. Durch die **Schutzerdung** wird jede gefährliche Spannung, die in Metallteilen des angeschlossenen elektrischen Gerätes infolge eines Fehlers (Berührung mit spannungsführenden Teilen) entsteht, sofort zur Erde abgeleitet. Der ganze umgebende Raum, besonders der Fußboden, muß auf das gleiche Potential gebracht werden wie das eventuell gefahrbringende Gerät. Die Erdleitung wird daher ohne Isolation (blank) verlegt; die mit der E. in Verbindung stehenden Teile müssen die Erdspannung 0 haben, sonst können sie sogar abseits der Fehlerstellen Menschen gefährden (Wasserleitungen mit nichtleitenden Dichtungen, Zentralheizungen, Dachrinnen). Daher verbindet man die Erdleitung entweder mit einem tief in den Erdboden gesteckten Metallrohr oder -stab oder mit dem untersten Teil des Blitzableiters. In Versorgungsgebieten mit gut geerdetem Nullleiter kann dieser die Erdleitung ersetzen; man spricht dann nicht von Erdung, sondern von **Nullung.**

Erdwachs, Bergtalg, Ozokerit, ein natürlich vorkommendes, sehr hartes mineralisches Wachs, der feste Bestandteil vieler Erdöle. Es besteht vor allem aus festen gesättigten Kohlenwasserstoffen ab $C_{18}H_{38}$. Das rohe E. ist dunkelbraun bis schwarz gefärbt. Durch mehrmalige Behandlung mit Schwefelsäure, Filtration durch Knochenkohle und Extraktion mit Benzin erhält man das wertvolle **Zeresin,** das in seinen physikalischen Eigenschaften dem Bienenwachs ähnlich ist. Es dient zur Herstellung von Bohnerwachs, Schuhkrem, synthetischen Vaselinen, Kerzen u. a.

erg, Kurzz. für → Erg.

Erg, Kurzz. **erg,** gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge. 1 erg = 10^{-7} J (Joule). **Kiloerg,** Kurzz. kerg, = 10^{3} erg.

Ergine, svw. → Biokatalysatoren.

Ergokalziferol, Vitamin D_2, → Vitamine.

Ergometrie, ein funktionsdiagnostisches medizinisches Verfahren zum Messen und Anzeigen bzw. zum Messen und Registrieren **(Ergographie)** der Leistung oder der geleisteten Arbeit, die von einer Person bei spezifischer mechanischer Belastung erbracht wird. Die Messung bzw. Registrierung erfolgt mit Hilfe von Ergometern bzw. Ergographen.

Ergosterin, ein weitverbreitetes Mykosterin (→ Sterine). E. findet sich z. B. in vielen höheren Pilzen. Aus Hefe wird es gewonnen. E. ist das Provitamin zum Vitamin D_2 und wird durch ultraviolette Strahlen in dieses übergeführt.

Erhaltungssätze, physikalische Grundgesetze, die aussagen, daß gewisse Größen bei physikalischen Vorgängen (z. T. unter bestimmten Bedingungen) in abgeschlossenen Systemen ihrem zahlenmäßigen Wert nach unverändert bleiben. Man unterscheidet: 1) **Erhaltungssatz der Masse:** Masse kann weder aus dem Nichts entstehen, noch kann sie verschwinden. 2) **Erhaltungssatz der Energie** (Energieprinzip), → Energie. 3) **Erhaltungssatz des Impulses,** → Bewegung.

Nach der speziellen Relativitätstheorie sind Masse und Energie äquivalent (→ Äquivalenzprinzip), so daß der 1. und 2. Erhaltungssatz zu einem **Erhaltungssatz der Materie** verschmelzen; ferner sind nach ihr der 2. und 3. Erhaltungssatz Teilaussagen eines einzigen Erhaltungssatzes.

4) **Erhaltungssatz des Drehimpulses,** → Bewegung.

5) **Erhaltungssatz der elektrischen Ladung,** → elektrische Ladung.

6) **Erhaltungssatz der Entropie.** Er gilt nur für ein System, das lediglich reversible Umwandlungen erfährt. Sind auch irreversible Zustandsänderungen zugelassen, so nimmt die Entropie ständig zu (2. Hauptsatz der Thermodynamik; → Entropie).

Ermüdung, Zerrüttung, die unter hoher dynamischer Beanspruchung eintretende Schädigung eines Werkstoffes. Nach einer bestimmten Einwirkungsdauer der Belastung führt sie zum Bruch (Bereich der Zeitfestigkeit beim Wöhlerversuch, → Dauerschwingfestigkeit).

Erosion, 1) allgemein die Oberflächenabtragung durch bewegte Medien (Wasser, Luft oder Gas).

2) **Bodenerosion,** die Abtragung und Zerstörung der humusreichen Bodenkrume durch Wasser und Wind. Die Abspülung durch abfließendes Regenwasser führt zu flächenhafter Abtragung des feinen Materials und zur Minderung der Bodenfruchtbarkeit. In kräftigen Wasseradern vereinigte Regenmengen bewirken **Grabenerosion,** d. h., sie nagen steile Gräben aus, die ein Kulturland völlig zerstören können. Auch der Wind weht die feinsten, fruchtbarsten Bestandteile des Bodens aus. Das Fehlen einer schützenden Pflanzendecke, ungünstige Bodenstruktur (Einzelkornstruktur) und mangelhafte Bodenbearbeitung fördern die E. Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung sind Pflügen parallel zum Hang, Anlage von flachen Mulden zum Auffangen des abfließenden Regenwassers und Anlage von Terrassen und Heckenanpflanzungen.

3) **Flußerosion,** die Eintiefung eines Flußlaufs durch den Angriff des strömenden Wassers auf die Sohle **(Tiefenerosion)** und die Ufer bzw. Hänge **(Seitenerosion)** des Flußbettes. Die E. wird durch die Reibung des fließenden Wassers, seiner Trübstoffe und des mitgeführten Schuttes verursacht und durch Ausstrudelung (Evorsion) unterstützt. Das Ausmaß der E. ist abhängig 1) von der Stoßkraft des Wassers, die ihrerseits von dessen Menge und Gefälle bestimmt wird, 2) von dem Widerstand, den das Gestein der E. leistet, und 3) von der ursprünglichen Geländebeschaffenheit. Besonders wirksam ist die E. im Oberlauf von Flüssen im Gebirge, wo Erosionskessel, Stromschnellen und Wasserfälle entstehen. Die E. schafft gemeinsam mit Verwitterung und Abtragung die Täler. Da bei starkem Gefälle die Tiefenerosion und bei schwachem die Seitenerosion überwiegt, sind Täler im Flußoberlauf meist steil und eng, im Unterlauf breit und flach. Die **Erosionsbasis** ist das Niveau, unterhalb dessen die E. nicht wirken kann. Allgemeine Erosionsbasis ist der Meeresspiegel, örtliche

Erosionsbasen von Flüssen sind eingeschaltete Seen und Ebenen.

Erregermaschine, eine → elektrische Maschine (im allgemeinen eine Gleichstrommaschine), die als Generator auf die Erregerwicklung einer anderen elektrischen Maschine arbeitet. Die E. ist meist mit der zu erregenden Maschine mechanisch gekuppelt. Besitzt sie einen eigenen Antriebsmotor, bezeichnet man den Maschinensatz als **Erregerumformer** (→ Umformer).

Erschweren, ein Verfahren der Textilveredlung, das Behandeln von Naturseide mit Metallsalzverbindungen (Zinn-Phosphat-Silikat-Erschwerung), die Quellung, Volumenvergrößerung und Glanzerhöhung hervorrufen. Durch E. kann der durch das Entbasten der Naturseide verursachte Volumen- und Masseverlust teilweise (unter pari) oder ganz (pari) ausgeglichen werden; die Naturseide kann aber auch über ihre ursprüngliche Masse hinaus (über pari) erschwert werden. Nicht mit → Beschweren zu verwechseln.

Erstarrung, 1) physikalische Chemie: der isotherme Übergang eines Stoffes vom flüssigen in den festen Aggregatzustand bei einer vom Druck abhängigen Temperatur. Der Vorgang wird → Kristallisation genannt, wenn dabei Kristalle entstehen. Reine, kristallisierende Stoffe haben einen definierten **Erstarrungspunkt,** während amorphe Stoffe und Gemische innerhalb eines bestimmten **Erstarrungsintervalls** erstarren. Bei Stoffen, die unter normalen Bedingungen (Atmosphärendruck und Raumtemperatur) flüssig sind, z. B. Wasser, spricht man von *Gefrieren* bzw. *Gefrierpunkt.* Bei Lösungen liegt der Gefrierpunkt niedriger als beim reinen Lösungsmittel (Gefrierpunktserniedrigung, → Kryoskopie). Eine vollkommen reine, staubfreie Flüssigkeit kann, wenn sie sorgfältig vor Erschütterung geschützt wird, weit unter ihren Erstarrungspunkt abgekühlt werden **(Erstarrungsverzug).** Wasser z. B. gefriert nur dann bei 0 °C, wenn sich Kristallisationskeime bilden; sauberes, keimfreies Wasser kann man bis −70 °C unterkühlen. Die E. eines Gases in den festen Aggregatzustand unter Ausschaltung der flüssigen Phase ist eine → Kondensation (oft fälschlich als Sublimation bezeichnet). Der umgekehrte Vorgang der E. heißt → Schmelzen.

2) Baustoffkunde: die erste Phase der Verfestigung von → Bindemitteln.

Eruption, 1) Geologie: das gewaltsame Hervorbrechen des Magmas aus dem Erdinnern. Man unterscheidet 1) **Areal-** oder **Flächeneruptionen,** bei denen größere Magmamassen die Erdkruste allmählich durchschmelzen, geologisch nachweisbar z. B. in Kanada im Gebiet des Oberen Sees und im Hochland von Dekkan (Indien); 2) **Linear-** oder **Spalteneruptionen,** bei denen Magmamassen in einer Spalte aufsteigen und sich oben deckenartig ausbreiten, z. B. in Island, Grönland, Patagonien und im Hochland von Dekkan; 3) **Zentral-** oder **Schloteruptionen,** bei denen Magmamassen in einem Eruptionskanal (→ Vulkan) ausbrechen.

2) Astronomie: die Sonneneruption, → Sonne.

Erweichungspunkt, Erweichungstemperatur, die Temperatur, bei der besonders amorphe Stoffe, z. B. Gläser und die meisten hochpolymeren Stoffe, in sich zusammenzusinken beginnen. Der E. von Plasten kann durch Zusatz von Weichmachern verändert werden.

Erythrin, → Smaltin.

Erythromyzin, → Makrolide.

Erythrotin, → Vitamine.

Erz, 1) Mineralogie: ein Mineralaggregat oder Gestein, aus dem Metall oder Metallverbindungen gewonnen werden können. 2) Bergbau: Ausgangsstoff für die Metallgewinnung mit volkswirtschaftlichem Nutzen. Vom nichterzhaltigen, tauben Gestein, der *Gangart* (→ Nichterze), wird das E. durch → Aufbereitung getrennt. Die Erze finden sich in abbauwürdiger Form in **Erzlagerstätten** (→ Lagerstätten). Dort ist die Konzentration der Erzminerale höher, als es dem Durchschnitt entspricht.

Erzminerale, meist einfache oder komplexe Verbindungen der Schwermetalle mit Schwefel, Arsen, Antimon, Wismut, Selen, Tellur und Sauerstoff. Sie können in folgende Gruppen eingeteilt werden: Kiese, Glanze, Blenden, Fahle.

Es, Symbol für → Einsteinium.

Eschel, svw. → Smalte.

E-Schicht, → Ionosphärenschichten.

ESR, Abk. für → Elektronenspinresonanz.

Esse, svw. → Schornstein.

essentielle Fettsäuren, auch als **Vitamin-F-Komplex** bezeichnet, höher ungesättigte Fettsäuren, die von Menschen und höheren Tieren nicht selbst gebildet werden können und dem Körper mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Sie kommen vor allem in pflanzlichen Ölen vor. Wichtige e.F. sind Linol- und Linolensäure.

Essig, ein saures Würz- und Frischhaltungsmittel. E. enthält neben Essigsäure kleine Mengen an Zucker und aromatischen Stoffen. Man unterscheidet **Gärungsessig,** der aus Wein **(Weinessig)** oder anderen alkoholhaltigen Flüssigkeiten (mit 10 bis 14% Alkoholgehalt) durch Essigsäuregärung gewonnen wird, und aus Holzessig **(Destillationsessig)** oder Äthin **(Karbidessig)** synthetisch hergestellten E. Der mit Hilfe von Essigsäurebakterien hergestellte E. hat eine Konzentration von höchstens 15,5% (Weinessig z. B. 7%). Synthetischer E. ist höher konzentriert.

Essigessenz ist 60- oder 80%ige, **Eisessig** 100%ige Essigsäure; beide wirken stark ätzend. **Kräuteressig** wird durch Ausziehen verschiedener Gewürzkräuter mit E. hergestellt. E. darf nicht in Metallgefäßen aufbewahrt werden, da die Essigsäure das Metall angreift.

Essigester, svw. → Essigsäureäthylester.

Essigsäure, Äthansäure, CH_3COOH, die wichtigste Monokarbonsäure. E. ist eine farblose, stechend sauer riechende Flüssigkeit (Kp. 117,7 °C). Sie erstarrt bei 16,6 °C zu großen Kristallen **(Eisessig).** Bei hohen Temperaturen zerfällt E. in Methan, Äthen, Äthin, Kohlendi- und -monoxid sowie Wasserstoff. In der Natur findet sich E. in freier oder veresterter Form in ätherischen Ölen. Technisch gewinnt man E. aus Äthin über Azetaldehyd, der katalytisch mit Luftsauerstoff oxydiert wird (Karbidessig). Ferner erhält man E. aus Methanol und Kohlenmonoxid oder durch Oxydation von Äthanol (→ Essig). Man verwendet E. zur Herstellung von Farbstoffen, Riechstoffen, Arznei-, Imprägnier-, Appretur-, Beizmitteln, von Azeton, Azetaten und Essig.

Die Salze und Ester der E. heißen **Azetate.** Die Salze gewinnt man vor allem durch Einwirkung von Essigsäure auf Metalloxide oder -hydroxide. Wichtig sind vor allem Natrium-, Kupfer-, Aluminium-, Eisen-, Zink- und Bleiazetat. (Näheres bei den betreffenden Elementen.) Die Ester sind vor allem hervorragende Lösungsmittel (→ Essigsäureäthylester).

Essigsäureanhydrid, Azetanhydrid, $(CH_3—CO)_2O$, eine farblose, stechend riechende Flüssigkeit (Kp. 140 °C). Technisch gewinnt man E. durch Anlagerung von Essigsäure an Keten oder durch katalytische Oxydation von Azetaldehyd. Verwendet wird E. vor allem zur Herstellung von Zelluloseazetat, Arzneimitteln, Riech- und Farbstoffen sowie als Azetylierungs- und Lösungsmittel.

Essigsäureäthylester, Äthylazetat, Essigester, $CH_3COOC_2H_5$, eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit (Kp. 77 °C). Technisch gewinnt man E. aus wasserfreiem Azetaldehyd nach der Gleichung $2\,CH_3—CHO \rightarrow CH_3COOC_2H_5$ unter

Verwendung von Aluminiumalkoholat als Katalysator. Ferner entsteht er durch Erwärmen von Äthanol mit Eisessig und Schwefelsäure. E. dient vor allem als Lösungsmittel, zur Gewinnung von Azetessigester und zur Herstellung künstlicher Fruchtäther.

Essigsäuremethylester, Methylazetat, $CH_3—COOCH_3$, eine farblose, ätherisch riechende Flüssigkeit (Kp. 56 °C). Technisch gewinnt man ihn aus Essigsäure und Methanol mit etwas Schwefelsäure. Verwendet wird er als Lösungsmittel für Zelluloseester, Harze sowie Fette und fette Öle.

Esso-Fluid-Catalytic-Cracking, → Kracken.

E-Stahl, Abk. für Elektrostahl, → Stahl.

Ester, chemische Verbindungen, die bei Einwirkung von Alkoholen auf organische oder anorganische Säuren unter Wasserabspaltung entstehen (*Veresterung*). Die Veresterung ist eine Gleichgewichtsreaktion. Die Einstellung des Gleichgewichts wird durch Protonen beschleunigt. Die Rückreaktion nennt man Verseifung. Man erhält z. B. Essigsäureäthylester aus Eisessig und Äthanol in Gegenwart von Schwefelsäure: $CH_3CO|OH + H|OC_2H_5 \rightleftarrows CH_3COOC_2H_5 + H_2O$. Man unterscheidet bei der Umsetzung von mehrbasigen Säuren zwischen **sauren E.n**, die noch veresterbare Gruppen enthalten, z. B. saurer Schwefelsäureäthylester (Äthylschwefelsäure) $C_2H_5OSO_2OH$, und **neutralen E.n**, z. B. neutraler Schwefelsäurediäthylester (Diäthylsulfat) $(C_2H_5O)_2SO_2$.

Die Ester des Glyzerins mit geradzahligen Fettsäuren (Glyzeride) sind die → Fette und fetten Öle, die E. längerkettiger Karbonsäuren mit langkettigen Alkoholen sind die → Wachse. Verschiedene E. sind Lösungsmittel oder Weichmacher, ferner z. B. Duftstoffe, Fruchtessenzen und Insektizide.

Esterasen, zu den Hydrolasen gehörende Fermente, die Esterbindungen spalten. Wichtige Vertreter sind die **Lipasen**, die Nahrungsfette in Glyzerin und Fettsäuren spalten. Sie finden sich in der Bauchspeicheldrüse, in der Darmwand und in der Leber.

Ester-Mittel, svw. → E-Mittel.

Esterzahl, abg. **EZ**, die Zahl, die angibt, wieviel mg Kaliumhydroxid KOH zur Verseifung der in 1 g Fett oder fettem Öl enthaltenen Ester erforderlich sind. Die E. ist die Differenz zwischen Verseifungszahl und Säurezahl.

Etagenbau, im Bergbau eine Bauform, die durch einen etagenweisen Abbau gekennzeichnet ist.

Etesien *Plur.*, von April bis Oktober vorherrschende nördliche Winde im östlichen Mittelmeergebiet.

Etmal, nicht gesetzliche Einheit der Strömungsgeschwindigkeit in der Seefahrt und der Geschwindigkeit von Seeschiffen für die innerhalb 24 Stunden (von Mittag zu Mittag) zurückgelegte Strecke in Seemeilen.

Eu, Symbol für → Europium.

Euchlorin, Gemisch von rauchender Salzsäure HCl und konzentrierter Chlorsäure $HClO_3$, das stark oxydierend wirkt. Man verwendet es z. B. in der analytischen Chemie zur Zerstörung organischer Substanzen, in denen anorganische Bestandteile nachgewiesen werden sollen.

Eugenol, ein Brenzkatechinderivat mit ungesättigter Seitenkette. E. ist ein farbloses Öl (Kp. 253,5 °C), das z. B. in Nelken- und Zimtrindenöl zu finden ist. Es dient zur Herstellung von Vanillin und wird vor allem als Duftstoff in der Parfümindustrie eingesetzt.

Eukalyptusöle, eine Gruppe von ätherischen Ölen, die aus den Blättern von Eukalyptusarten durch Wasserdampfdestillation gewonnen werden. Hauptbestandteile sind Eukalyptol (Zineol), Pinen, einige Aldehyde sowie Terpenkohlenwasserstoffe. E. verwendet man vor allem in der Medizin bei Erkrankungen der Atemwege und als Einreibemittel bei rheumatischen Erkrankungen.

Eulersche Bewegungsgleichungen, → Hydrodynamik.

Eulersche Formeln, von L. Euler 1740 gefundene Formeln, die den Zusammenhang zwischen den trigonometrischen Funktionen und der Exponentialfunktion herstellen. Sie lauten

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x \qquad e^{-ix} = \cos x - i \sin x.$$

Hieraus folgt:

$$\sin x = \frac{e^{ix} - e^{-ix}}{2i} \qquad \cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2}$$

$$\tan x = \frac{i(e^{ix} - e^{-ix})}{e^{ix} + e^{-ix}} \qquad \cot x = \frac{i(e^{ix} + e^{-ix})}{e^{ix} - e^{-ix}}$$

Die E.n F. sind von großer Bedeutung, z. B. für die Zahlentheorie, die Elektromechanik und die Statik (→ Knickkraft).

Eulersche Gerade, im Dreieck die Gerade durch den Höhenschnittpunkt H, den Schnittpunkt S der Seitenhalbierenden und den Schnittpunkt M der Mittelsenkrechten. S teilt die Strecke $\overline{HM}$ im Verhältnis 2 : 1.

Eulerscher Polyedersatz, von L. Euler gefundener Satz der Topologie: Für die Anzahl der Ecken (e), Flächen (f) und Kanten (k) eines *konvexen* (*Eulerschen*) *Polyeders* gilt die Beziehung $e + f - k = 2$. Beim Würfel ist z. B. $e = 8$, $f = 6$, $k = 12$, also $8 + 6 - 12 = 2$.

eupelagisch, → Meer.

Europium, Symbol **Eu**, chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 63, Massenzahlen der Isotope 153 und 151, Atomgewicht 151,96 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, seltener II, D. 5,259, F. 826 °C, Kp. 1439 °C; 1901 von Demarçay durch fraktionierte Kristallisation rein dargestellt, nachdem es von ihm bereits 1896 als Oxid entdeckt worden war.

E. ist eisengrau und kommt in Form seiner Verbindungen stets gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Die Herstellung des Metalls kann durch Reduktion von Europium(III)-oxid mit Zer oder Lanthan erfolgen. Man verwendet E. hauptsächlich in Form von → Zer-Mischmetall. Legierungen aus E. und Silber sowie in Chromnickelstahl eingebettetes Europium(III)-oxid Eu_2O_3 eignen sich wegen ihrer guten chemischen, mechanischen und kernphysikalischen Eigenschaften für Regelstäbe von Kernreaktoren.

Eutektikum, charakteristisches Gemenge aus zwei oder mehreren im flüssigen Zustand vollständig mischbaren (im festen Zustand aber nicht mischbaren) Stoffen, die bei der gleichen Temperatur erstarren und nebeneinander auskristallisieren. Diese **eutektische Temperatur** liegt tiefer als die Schmelztemperatur der Komponenten. Das E. hat bei binären Gemischen wie ein reiner Stoff einen konstanten Erstarrungspunkt und dementsprechend auch einen Schmelzpunkt (**eutektischer Punkt**). Diese Tatsache wird deshalb bei den eutektischen Solen praktisch ausgenützt. Bei jeder anderen als der eutektischen Zusammensetzung erstarrt dagegen bei Abkühlung entweder nur eine der reinen Komponenten, oder es bilden sich Mischkristalle, deren Zusammensetzung von derjenigen der Schmelze verschieden ist. Das System Eisen—Kohlenstoff z. B. besteht aus Eisen und der Eisen-Kohlenstoff-Verbindung Eisenkarbid; das E. enthält 4,3 % Kohlenstoff sowie 64 % Eisenkarbid und schmilzt bei 1145 °C (reines Eisen bei 1528 °C, Eisenkarbid bei 1837 °C). — Zerfällt eine feste Phase bei einer bestimmten Temperatur in zwei oder mehrere andere Phasen, so spricht man von einem **Eutektoid**, z. B. Punkt S im Eisen-

Kohlenstoff-Diagramm (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen).

eV, Kurzz. für → Elektronenvolt.

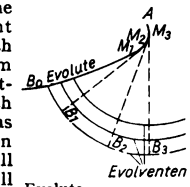
Evakuieren, → Vakuumpumpe.

Evaporimeter, ein → Verdunstungsmeßgerät.

EVB, Abk. für → Energieversorgungsbetrieb.

Evolute, der geometrische Ort der Krümmungsmittelpunkte einer ebenen Kurve. Wenn man einen auf der E. liegenden Faden (in der Abb. AB_0) an einem Endpunkt (A) befestigt und so abwickelt, daß der Faden immer gespannt bleibt, so beschreibt der andere Endpunkt die ursprüngliche Kurve, die deshalb auch die **Evolvente** der E. genannt wird.

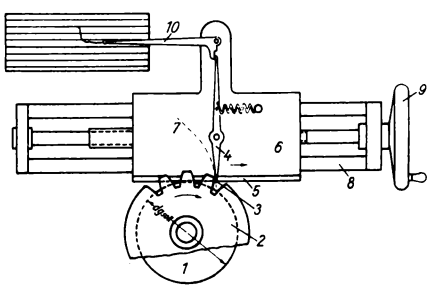
Besitzt die E. die Form eines Kreises, so bezeichnet man die von den Punkten B_0, B_1, B_2, B_3 gebildete Kurve als **Kreisevolvente** und deren Ursprungskreis als Grundkreis. In der Technik wird die Kreisevolvente sehr häufig verwendet für die Form der Zahnflanken von Zahnrädern. Die evolventenförmige Zahnflanke läßt sich in der Weise konstruieren, daß man eine den Grundkreis als Tangente berührende Gerade auf dem Kreisumfang abrollen läßt, wobei der Punkt der Geraden, der in ihrer Ausgangslage den Berührungspunkt mit dem Kreis darstellt, die Form der Zahnflanke beschreibt. Dieses Konstruktionsverfahren für die Kreisevolvente wird verwirklicht beim → Evolventenprüfgerät.



Evolute

Evolvente, → Evolute.

Evolventenprüfgerät, ein Gerät zur Prüfung der Zahnflanken von Zahnrädern auf Abweichung von der Evolventenform (→ Evolute). Bei Geräten einfachster Ausführung (Abb.) wird die



Evolventenprüfgerät mit auswechselbarer Grundkreisscheibe

Zahnflanke mit dem Taster 4 abgefahren, wobei die Meßkugel 3 die Bahn einer idealen Kreisevolvente 7 beschreibt. Die Abtastbewegung entsteht durch Verschieben des Schlittens 6, der den Taster mit dem Schreibwerk 10 trägt, entlang der Führung 8 durch Drehen des Handrads 9. Dabei wälzt die um einen festen Drehpunkt drehbare Kreisscheibe 1 an der Linealkante 5 des Schlittens ab. Das zu prüfende Zahnrad 2 ist gleichachsig mit der Kreisscheibe fest verbunden. Steht der Meßkugelmittelpunkt des Tasters genau über der Linealkante, so beschreibt der Kugelmittelpunkt während der Drehbewegung des Zahnrades eine Evolvente, die die Kreisscheibe zum Grundkreis hat. Ist die mit dem Taster abgefahrene Zahnflanke eine einwandfreie Kreisevolvente und stimmt deren Grundkreisdurchmesser mit dem Durchmesser der auswechselbaren Kreisscheibe überein, dann ändert der Taster beim Abfahren der Flanke seine Stellung nicht, und das Schreibwerk zeichnet auf dem ablaufenden Papierstreifen eine gerade Linie auf. Bei Abweichungen von der Evolventenform und vom Grundkreis $d_{g\text{soll}}$ entsteht als Prüfkurve eine mehr oder weniger gezackte Linie, von der auf Fehler des Zahnflankenprofils rückgeschlossen werden kann.

Außer E.en mit auswechselbarer Grundkreisscheibe gibt es E.e mit stufenlos einstellbarem Grundkreis.

EW-Verfahren, → MBV-Verfahren.

Exciton, ein Quasiteilchen, nach dem sowjetischen Physiker Frenkel ein gekoppeltes Ladungsträgerpaar, das aus einem Elektron und einem positiven Loch besteht und in einem Halbleiter oder Isolator auftritt. Ein solches E. bildet sich, wenn ein Elektron durch die Absorption eines Photons (Lichtquant) oder auch durch thermische Bewegung in den angeregten Zustand übergeht und mit dem dabei gebildeten positiven Loch ein einheitliches, wasserstoffähnliches System ergibt. Es diffundiert im Kristallinnern, entweder, bis sich die Gelegenheit bietet, durch die Anlagerung eines Ladungsträgers in das Leitungsband zu kommen, oder bis Elektron und Loch wieder rekombinieren. Im ersten Fall wird die Leitfähigkeit erhöht. Im zweiten Fall wird die frei gewordene Energie in Licht oder in thermische Gitterenergie umgesetzt. Im Exciton-Zustand ergibt die Bewegung eines Paares entgegengesetzter Ladungsträger keinen Strom und keinen Beitrag zur elektrischen Leitfähigkeit des Halbleiters.

Excitron, ein Quecksilberdampfgleichrichter, → Stromrichter.

Exhalation, eine vulkanische Gasaushauchung. Den **Fumarolen** (z. B. in Island und Alaska) entweichen zwischen 100 und 900 °C Verbindungen von Chlor, Eisen, Schwefel, Kohlenstoff und Bor entweder mit Sauerstoff oder mit Wasserstoff. Den **Mofetten** (z. B. im Gebiet des Laacher Sees und in der Hundsgrotte bei Neapel) entströmt bei Temperaturen unter 100 °C Kohlendioxid. Ein Anzeichen für das Abklingen des Vulkanismus sind die **Solfataren** (im Golf von Neapel und in Island), die zwischen 100 und 200 °C Schwefelgase abgeben.

Exhaustor, svw. → Lüfter.

exogen, svw. außenbürtig. Als e. bezeichnet man die geologischen Vorgänge und Erscheinungen, die durch Kräfte hervorgerufen werden, die von außen auf die Erdoberfläche einwirken. So werden z. B. durch die Sonnenstrahlung der Kreislauf des Wassers und die Luftbewegungen ausgelöst. Sonne und Mond zusammen bewirken die Gezeiten. Durch die e.en Kräfte verursachte e.e Vorgänge sind z. B. Verwitterung, Abtragung und Ablagerung. Gegensatz: → endogen.

Exosphäre, → Atmosphäre.

exotherm, Chemie: unter Abgabe von Wärme verlaufend, z. B. die Verbrennung. Gegensatz: → endotherm.

Expansion, Ausdehnung, das Bestreben der Gase, jeden zur Verfügung stehenden Raum einzunehmen. Über die E. des Weltalls → Rotverschiebung, → Kosmologie.

Expansionsmaschine, eine Kraftmaschine, bei der durch die Expansion eines Gases oder Dampfes Arbeit (meist mechanische) geleistet wird. Die wichtigsten E.n sind → Dampfmaschine, → Dampfturbine und → Verbrennungsmotor.

Experiment, ein planmäßig durchgeführter wissenschaftlicher Versuch unter übersichtlichen, möglichst vereinfachenden und störende Einflüsse fernhaltenden Bedingungen. Das E. als Mittel der Erkenntnis und Kriterium der Wahrheit bestätigt die Richtigkeit einer Annahme oder verwirft sie; als Form der praktischen Umgestaltung der Wirklichkeit führt das E. unter Ausnutzung bekannter objektiver Gegebenheiten zu neuen Erscheinungen, z. B. der Herstellung von Plasten aus Erdöl mit Hilfe komplizierter chemischer Umsetzungen.

Explosion, 1) im weiteren Sinne ein Vorgang, der in einer auf dem Ausdehnungsbestreben von Gasen und Dämpfen beruhenden Kraftäußerung besteht, z. B. das Zerplatzen eines Dampfkessels.

2) im engeren Sinne die sehr schnell unter Knall, starker Gas- und Wärmeentwicklung **(Explosionswärme)** verlaufende Umsetzung eines chemisch einheitlichen Stoffes oder Stoffgemisches (explosionsfähiger Stoff) mit heftiger mechanischer Wirkung. Die Verbrennungsgeschwindigkeiten betragen hierbei einige 100 m/s, die Explosionsdrücke einige Atmosphären.

Exotherme chemische Reaktionen und Kettenreaktionen verlaufen häufig dann explosionsartig, wenn die dabei freiwerdende Wärme nicht sofort abgeführt und die Reaktionsgeschwindigkeit sehr groß wird. Die damit verbundene Gasentwicklung und Wärmeausdehnung verursacht eine plötzliche Volumenausdehnung und dadurch einen hohen Gasdruck, der sich als Druckwelle unter Abschwächung nach allen Richtungen fortpflanzt. Bei hoher Verdichtung überschreitet die Druckwelle in der Nähe des Explosionsherdes die Schallgeschwindigkeit. Eine E. wird ausgelöst durch Temperaturerhöhung, Erschütterung u. a. oder wie bei Explosivstoffen durch eine besondere Zündung. Besonders gefährlich sind die **Staubexplosionen**, bei denen brennbare Stäube im Gemisch mit Luft explosionsartig verbrennen. Gemische brennbarer Gase und Dämpfe mit Luft explodieren nur innerhalb bestimmter Mischungsgrenzen **(Explosionsgrenzen)**. Technisch werden Gemische von Gasen oder vergaste Flüssigkeiten mit Luft als Treibstoff in Verbrennungsmotoren verwendet.

Bei Sprengstoffen sowie Gas-Luft-Gemischen unterscheidet man die bei Geschwindigkeiten bis zu etwa 2000 $m\,s^{-1}$ sich thermisch von Schicht zu Schicht fortsetzende Verbrennung, bei der die gebildeten Gase von der Umsetzungszone wegströmen, und die bei Umsetzungsgeschwindigkeiten von über 2000 $m\,s^{-1}$ verlaufende **Detonation**, bei der sich eine Stoßwelle mit einheitlicher Geschwindigkeit in der Sprengstoffsäule bildet.

Explosionsumformung, → Explosivumformung.

Explosivstoffe, chemisch einheitliche Stoffe oder Stoffgemische, die sich innerhalb sehr kurzer Zeit unter Freiwerden von Wärme und erheblichen Gasmengen (→ Explosion) umzusetzen vermögen.

Man unterscheidet:

1) **Sprengstoffe** sind E., die eines besonderen Impulses zur Explosionseinleitung bedürfen; sie werden eingeteilt in einheitliche Verbindungen und Sprengstoffgemische. a) Unter den einheitlichen Verbindungen unterscheidet man nach ihrer chemischen Struktur: *Salpetersäureester*: Glyzerintrinitrat (Nitroglyzerin, Sprengöl), Äthylenglykoldinitrat (Nitroglykol, Sprengöl), Pentaerythrit-tetranitrat, Zellulosenitrat (Nitrozellulose) u. a.; *Nitroverbindungen*: 2,4,6-Trinitrophenol (Pikrinsäure), 2,4,6-Trinitrotoluol, Nitroguanidin, Trinitroresorzin u. a.; *Nitramine*: Zyklo-trimethylen-trinitramin (Hexogen) sowie das gemischte Trinitrophenyl-methylnitramin u. a.; *Nitrosamine*: Trimethylen-trinitrosamin; *Salze*: Ammoniumpikrat. Die meisten Sprengstoffe fallen unter diese Gruppen. b) Sprengstoffgemische sind Schwarzpulver, Dynamite, Ammonsalpetersprengstoffe, Chloratsprengstoffe, Oxyliquitsprengstoffe. Handhabungssichere Bergbausprengstoffe werden als → Sicherheitssprengstoffe bezeichnet.

2) **Initialsprengstoffe**, z. B. Quecksilberfulminat (Knallquecksilber) und Bleiazid, sind E., die durch Einwirkung von Schlag, Reibung, Flamme und Funken sofort detonieren. Sie dienen zur Einleitung der Detonation brisanter Sprengstoffe.

3) → **Rauchschwache Pulver.**

4) **Pyrotechnische Sätze** sind in der Pyrotechnik (Feuerwerkerei) verwendete Signal- und Leuchtsätze, Treib-, Pfeif-, Rauch-, Nebel- und Gassätze, Blitzlichtsätze.

In anwendbare Form, z. B. Patronen, Zünder, Zündschnur u. a., gebrachte E. bezeichnet man als **explosive Gegenstände.** Sie umfassen industrielle Sprengstoffe, Zündmittel, Schießmittel (Treibmittel) und pyrotechnische Gegenstände.

Anwendung. Pulversprengstoffe (schwarzpulverähnliche Gemische) verwendet man z. B. in Werksteinbrüchen; die Zündung erfolgt mittels Zündschnur (Pulverzündschnur). Die starken gelatinösen Sprengstoffe (Gelatine-Donarite) werden im Erzbergbau und zur Gewinnung harter Gesteine verwendet, die etwas schwächeren pulverförmigen Sprengstoffe (Donarite) z. B. im Kalibergbau und in Kalksteinbrüchen. Als brisante Sprengstoffe bedürfen sie der Zündung durch eine Sprengkapsel oder eine Sprengschnur.

Für militärische Zwecke verwendet man fast ausschließlich die hochbrisanten Sprengstoffe 2,4,6-Trinitrotoluol, Zyklo-trimethylen-trinitramin (Hexogen) und Pentaerythrit-tetranitrat. Als Schießmittel zur Füllung von Patronen und Kartuschen von Geschützen dienen rauchlose Pulver, und zwar entweder einfache Zellulosenitratpulver oder (für Maschinenwaffen und Geschütze) die energiereicheren Glyzerintrinitrat- und Äthylenglykoldinitratpulver.

Lit. Berthmann: Explosivstoffe (München 1960); Urbański: Chemie und Technologie der E., 3 Bde (dtsch Leipzig, Bd I 1961, Bd II 1963, Bd III 1967); Weichelt: Handb. der gewerblichen Sprengtechnik (Leipzig 1962); Lehrb. der militärischen Sprengtechnik (Berlin 1964).

Explosivumformung, ein Umformverfahren für Bleche. Es erfolgt mittels Druckwellen, die durch explodierende Sprengstoffe, z. B. Glyzerintrinitrat (Nitroglyzerin), unmittelbar oder über eine gasförmige oder flüssige Zwischenschicht auf den Blechzuschnitt wirken, der über eine Matrize aufgelegt ist. Je nach der Entfernung der Sprengladung vom Blechzuschnitt können Umformdrücke bis etwa 3000 $kp\,mm^{-2}$ erzeugt werden, so daß eine Umformung ohne elastische Rückfederung, d. h. mit hoher Maßtoleranz des Werkstückes durchgeführt werden kann. Die E. wird für sonst schwer umformbare Bleche aus spröden Metallen (z. B. hochchromhaltige Stähle, Titan, Titanlegierungen, Zirkonium) besonders für den Flugzeug- und Raketenbau angewendet.

Exponent, Hochzahl, die hochgestellte Zahl bei Potenzen und Wurzeln, z. B. ist in der Potenz 5^3 die 2 der *Potenzexponent*, bei der Wurzel $\sqrt[3]{8}$ die 3 der *Wurzelexponent*.

Exponentialfunktion, eine (transzendente) Funktion, in der die unabhängige Veränderliche als Exponent einer Potenz auftritt. Sie ist die Umkehrfunktion zur Logarithmusfunktion. Die **allgemeine E.** hat die Form $y = a^x$, die **spezielle (natürliche) E.** die Form $y = e^x$ (auch $y = \exp x$ geschrieben), wobei $e = 2{,}71828\ldots$ ist. Bei der speziellen E. gilt für alle beliebigen reellen x-Werte $e^x = \lim \left(1 + \frac{x}{n}\right)^n$. Die spezielle E. ist die einzige E., deren Ableitung gleich der Stammfunktion ist: $y = e^x$, $y' = e^x$, $y'' = e^x$, ... Infolgedessen ist es möglich, sie auf einfachste Weise mit Hilfe des → Taylorschen Satzes in eine Potenzreihe zu entwickeln:

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \cdots + \frac{x^n}{n!}.$$

Die Reihe ist für alle Werte von x konvergent. Die speziellen E.en werden in Physik, Chemie und Technik vielseitig angewendet, z. B. bei Wachstums-, Dämpfungs-, Abkühlungs- und Zerfallsvorgängen. Die spezielle E. läßt sich auch für rein imaginäre Werte von x erklären, und es gelten die → Eulerschen Formeln.

Exponentialgleichung, eine Gleichung, bei der die Unbekannte als Exponent von Potenzen bzw. Wurzeln auftritt. In einfachen Fällen lassen sich

die E.en auf algebraische Gleichungen zurückführen, und zwar meist durch Logarithmieren beider Seiten der Gleichung; z. B. für die E. von der allgemeinen Form $a^x = b$ ist die Lösung $x \cdot \log a = \log b$, also $x = \log b : \log a$. Für E.en, die sich nicht auf algebraische Gleichungen zurückführen lassen, kommt nur ein graphisches Lösungsverfahren in Betracht.

Exponentialkurve, die durch graphische Darstellung der Funktion $y = a^x$ in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem entstehende Kurve. Für $a = e$ ergibt sich die **natürliche (spezielle) E.** $y = e^x$. Durch Spiegelung der E. an der Winkelhalbierenden des ersten Quadranten $y = x$ erhält man die logarithmische Kurve. (Abb.)

Exposition, → svw. Belichtung.

Exposure, ein Maß für die Stärke einer Photonenbestrahlung, ausgedrückt durch die Summe der elektrischen Ladungen aller Ionen eines Vorzeichens, die unter der Einwirkung der Strahlung in einem Volumenelement Luft freigesetzt werden. Die Einheit der E. ist das → Röntgen.

Exsikkator, ein gläsernes Laboratoriumsgefäß mit aufgeschliffenem Deckel. Er wird zur Aufbewahrung feuchtigkeitsempfindlicher Substanzen oder zum Trocknen feuchter Produkte verwendet. Der untere Teil, der durch eine Siebplatte abgetrennt ist, dient zur Aufnahme wasserbindender Stoffe, z. B. von konzentrierter Schwefelsäure, wasserfreiem Kalziumchlorid.

Extinktion, die Abschwächung der Helligkeit des Lichtes, genauer der Strahlungsleistung, durch Absorption, Streuung und Beugung beim Durchgang durch Materie (→ Kolorimetrie). Die E. der Erdatmosphäre beträgt im Mittel im Zenit etwa 20 %. Die E. durch Wasser ist abhängig von der Wassertiefe, dem Gehalt an Schwebestoffen und dem Salzgehalt.

extragalaktisch, nicht zum Milchstraßensystem (Galaxis) gehörig.

extrakorporale Systeme, medizinische Geräte, die bei Operationen an inneren Organen kurzfristig deren Funktion übernehmen. Die Geräte sind außerhalb des Körpers (extrakorporal) angeordnet und werden durch Schläuche mit dem betreffenden Organ verbunden. Das **künstliche Herz** ist ein Pumpgerät, das aus je zwei Pumpen für jede Herzhälfte besteht. Eine Kombination des künstlichen Herzens mit einer künstlichen Lunge bezeichnet man als **künstliches Herz-Lungen-System.** In der **künstlichen Lunge** läuft das Blut des Patienten über eine große Fläche (Oxygenator) und wird mit Sauerstoff versorgt, den es aufnimmt. Bei der **künstlichen Niere** wird das Blut mit Hilfe einer Pumpe durch semipermeable Schläuche geleitet. Die auszuscheidenden Stoffe dringen auf die Außenseite der Schläuche und werden hier abgespült.

Extraktion, ein Verfahren zur vollständigen oder teilweisen Trennung eines flüssigen oder festen Stoffgemisches mit Hilfe eines Lösungsmittels, wobei die Komponenten des Stoffgemisches im Lösungsmittel unterschiedlich löslich sein müssen. Die E. ist ein selektiver Prozeß, d. h., die selektive Phase (das Lösungsmittel) hat die Fähigkeit, nur ganz bestimmte Stoffe bevorzugt aufzunehmen; andere Stoffe des Gemisches werden dagegen überhaupt nicht oder nur in ganz geringen Mengen aufgenommen. Der Extraktionsprozeß ist ferner ein Diffusionsprozeß, der auf Grund der unterschiedlichen Löslichkeit der Komponenten des Stoffgemisches in dem Lösungsmittel abläuft. Der aus dem Substanzgemisch abzutrennende Anteil, der **Extrakt,** löst sich und bildet mit dem Lösungsmittel die **Extraktphase;** die unlösliche Komponente ergibt die **Raffinatphase.** Das Lösungsmittel kann aus der Extraktphase durch Erwärmung, Destillation Verdampfung und Kristallisation entfernt und regeneriert werden.

Die E. eines Stoffes aus einer festen Substanz mit Wasser nennt man **Auslaugen.** Weitere Methoden für die Behandlung fester Stoffe sind → Mazeration, → Digerieren und → Perkolieren.

In der Technik müssen oft aus Flüssigkeiten geringe Mengen gelöster Stoffe durch E. angereichert werden. Die **Flüssig-Flüssig-Extraktion** wird zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen angewendet, die nicht destilliert werden können, weil ihre Siedepunkte sehr nahe beieinander liegen oder die Flüssigkeiten sich beim Erwärmen zersetzen. In der Technik erfolgt diese E. sowohl im stufenweisen (diskontinuierlichen) Gegenstrom (→Gegenstromprozeß) in Mixer-Settler-Apparaten (Misch-Trenn-Behälter) als auch im kontinuierlichen Gegenstrom in Füllkörper- oder Siebbodenkolonnen, im Labor durch Ausschütteln in einem Schüttelgefäß.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Extrapolation, Schluß von bekannten, überprüfbaren mathematischen Beziehungen (z. B. Formeln, Funktionskurven, Zahlenreihen) auf Beziehungen oder Gesetzmäßigkeiten, die außerhalb des der Beobachtung und Nachprüfung zugänglichen Bereichs liegen. Die E. ist ein wichtiges Hilfsmittel für die empirischen Wissenschaften. Viele Aussagen der Astronomie, Geologie, Geophysik, Abstammungslehre u. a. beruhen auf E.; denn die der menschlichen Erfahrung, Beobachtung und Überprüfung zugänglichen Zeiträume und Entfernungen sind viel zu eng begrenzt gegenüber denjenigen, über die etwas ausgesagt werden soll. Die E. darf den Gültigkeitsbereich einer Beziehung nicht überschreiten, da sie dann unweigerlich zu falschen Ergebnissen führt.

Extrema, svw. → Extremwerte.

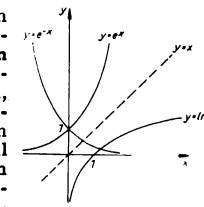
Extremalprinzipien, in der Physik eine Reihe sehr allgemeiner Sätze, in die sich vor allem der Gesamtinhalt der Mechanik zusammenfassen läßt. Sie besagen, daß unter unendlich vielen, an sich mit den bestehenden Bedingungen verträglichen Bewegungen eines gegebenen Körpersystems diejenige wirklich zustande kommt, bei der eine bestimmte Funktion der Koordinaten, Geschwindigkeiten, Energien usw. ein Extremum, meist ein Minimum, erhält. Die wichtigsten dieser Sätze sind das Hamiltonsche und Maupertuissche Prinzip der kleinsten → Wirkung. Spezialfall des letzten ist das Fermatsche Prinzip. Die E. ermöglichen es wie die häufiger auftretende differentielle Schreibweise von Naturgesetzen, den Gesamtverlauf eines Vorganges zu beschreiben.

Extremwerte, Extrema, größte und kleinste Werte (**Maxima** und **Minima**) einer Funktion gegenüber ihren Nachbarwerten. Die Funktion $y = f(x)$ besitzt an einer Stelle ein Maximum (Minimum), wenn dort die 1. Ableitung $f'(x)$ gleich Null und die 2. Ableitung $f''(x)$ negativ (positiv) ist. Hat eine Funktion mehrere E., so liegt zwischen zwei E.n je ein → Wendepunkt. Die Bestimmung der E. einer Funktion ist eine wichtige Grundaufgabe der Differentialrechnung (Maxima- und Minimarechnung).

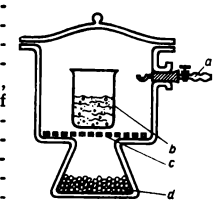
Extruder, svw. → Schneckenpresse.

Exzenter, eine Scheibe, die auf einer Welle so befestigt ist, daß Wellen- und Scheibenachse nicht zusammenfallen. Dreht sich die Welle, so beschreibt die Scheibenachse und mit ihr die ganze Scheibe um die Wellenachse eine kreisende Bewegung und ersetzt als Antrieb eine Kurbel mit dem Radius des Achsabstandes.

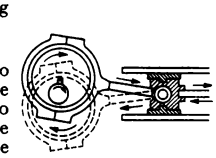
Exzentrizität, in der Mathematik a) **lineare E.,** bei Ellipse und Hyperbel die Entfernung e eines Brennpunktes vom Mittelpunkt. Für die Ellipse gilt $e = \sqrt{a^2 - b^2}$, für die Hyperbel $e = \sqrt{a^2 + b^2}$, wobei jeweils a die Länge der großen und b die



Exponentialkurve



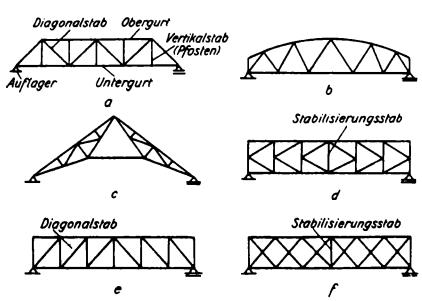
Exsikkator im Schnitt (schematisch). *a* Anschluß zum Evakuieren, *b* zu trocknende Substanz, *c* Siebplatte, *d* Trockenmittel


Exzenter als Antriebsglied einer Schubkurbel

Länge der kleinen Halbachse ist. b) **numerische E.**, bei Kegelschnitten das Verhältnis (ε) der Abstände der Kurvenschnittpunkte vom Brennpunkt zu denen von der Leitlinie. Es gilt für die Ellipse $\varepsilon < 1$, für die Parabel $\varepsilon = 1$, für die Hyperbel $\varepsilon > 1$, für den Kreis $\varepsilon = 0$. Bei Ellipse und Hyperbel ist $\varepsilon = \frac{e}{a}$ (lineare E. dividiert durch die große Halbachse). Die numerische E. charakterisiert die Gestalt der Kegelschnitte, jedoch nicht ihre Größe.

EZ, 1) Abk. für → Esterzahl.
2) Abk. für Einflugzeichen, → Funkortung I 1, → Anflug- und Landesysteme.

f, 1) Kurzz. für → Femto. 2) *f*, Zeichen für → Frequenz. 3) *f*, Zeichen für Brennweite, → Brennpunkt.
F, 1) Kurzz. für → Farad. 2) Symbol für → Fluor. 3) F., Abk. für Fließpunkt, → Schmelzen. 4) *F*, Zeichen für → Kraft. 5) *F*, Zeichen für → Brennpunkt.
°F, Kurzz. für degree Fahrenheit, → Fahrenheitskale.
Fabrikmutterschiff, ein → Fischereifahrzeug.
Fabriktrawler, ein → Fischereifahrzeug.
Facette, 1) graphische Technik: die schräge Kante an Druckstöcken, Stereos oder Galvanos, um diese aufklotzen, d. h. auf einem Holz- oder Metallklotz befestigen zu können. Die F. wird mit dem Facettenhobel oder der Facettiermaschine hergestellt (facettieren). TGL 10-077.
2) die schräge Kante an Edelsteinen, um diese besser fassen zu können.
Fachen, Dublieren, Doppeln, das Vereinigen z. B. mehrerer Faserbänder auf der → Strecke und das Zusammenspulen der Fäden von mehreren Kopsen (Spulen) auf der Fachkreuzspulmaschine zu einer großen Spule als Vorbereitung für das Zwirnen.
Fachwerk, in der Statik ein ebenes oder räumliches System von Stäben mit gerader Stabachse, die in gelenkig gedachten Knotenpunkten miteinander verbunden sind. Die äußeren Kräfte (Lasten, Stützkräfte) werden in den Knoten aufgenommen und in den Stäben weitergeleitet, die nur auf Zug (Zugstäbe) oder Druck (Druckstäbe) beansprucht werden (im Unterschied zum Stabwerk). Die in Wirklichkeit konstruktiv an Stelle der Knotengelenke erforderlichen steifen Stabanschlüsse bringen eine zusätzliche Beanspruchung der Stäbe auf Biegung, die zu Nebenspannungen führen. Diese Nebenspannungen sind im allgemeinen geringfügig und werden in der einfachen Fachwerkstatik vernachlässigt. Liegen alle Stäbe und alle äußeren Kräfte in einer Ebene, handelt es sich um ein ebenes F. Es entsteht, wenn von einem Stabdreieck ausgehend jeder weitere Knoten durch zwei nichtparallele Stäbe angeschlossen wird. Ein einfaches räumliches F. entsteht von einem Stab-Tetraeder ausgehend durch Anschluß jedes weiteren Knotens mittels dreier nichtparalleler Stäbe.



Fachwerk: *a* Strebenfachwerk mit Hilfspfosten, *b* Halbparabelträger, *c* Dreiecksbinder (Polonceaubinder), *d* K-Fachwerk, *e* Pfostenfachwerk mit steigenden und fallenden Diagonalen, *f* Rautenfachwerk

Ein F. ist statisch bestimmt, wenn die gesuchten Größen (Stabkräfte, Stützkräfte) bei gegebenen Lasten allein mit Hilfe der Gleichgewichtsbedingungen berechnet werden können. Für ein statisch bestimmtes ebenes F. gilt als notwendige Bedingung $t + s = 2k$, wobei k die Anzahl der Knoten, s die der Stäbe und t die Anzahl der Stützungen ist. Für das statisch bestimmte räumliche Fachwerk gilt entsprechend $t + s = 3k$.

Die F.e werden eingeteilt nach der Form der Gurtung (parallelgurtiges F., Parabelträger, Dreiecksbinder), der Art der Ausfachung (Streben-, Pfosten-, Rautenfachwerk, K-Fachwerk) und der Art der Verwendung (Fachwerkträger, Fachwerkbinder, Fachwerkscheibe).
Faden, 1) Textiltechnik: Oberbegriff für → Garn, → Seide, → Zwirn und Schnur.
2) Nautik: alte Einheit der Länge, für Tiefenmessungen verwendet. 1 Faden = 6 Fuß = 1,642 Meter.
Fadenkreuz, Fadennetz, bei optischen Instrumenten zwei in der Feldblende (→ Blende) angebrachte, sich meist rechtwinklig schneidende Spinnfäden. Auf den Schnittpunkt der Spinnfäden wird das Bild des zu beobachtenden Gegenstandes eingestellt, um die Richtung scharf zu bestimmen. An Stelle des F.es kann auch eine → Strichplatte eingebaut werden.
Fadenmolekül, → Makromoleküle.
Fadennetz, svw. → Fadenkreuz.
Fadensiegeln, eine neue Bindetechnik in der Buchbinderei. Beim F. werden noch während des Falzganges auf der Falzmaschine mit Fadensiegel-Einrichtung Spezial-Heftfäden durch den Falz eines Bogens gestochen und mit den Enden am Falzrücken haltbar aufgesiegelt. Damit wird der Heftprozeß in die Falzmaschine verlegt. Der Buchblock wird dann klebegebunden.
Fadensonde, eine Strömungssonde. Die F. ist ein am Ende eines Drahtes oder dgl. befestigter schlaffer Faden, der sich in Richtung der Strömung einstellt. Diese einfache Sonde dient oft zur Auffindung von Rückströmgebieten bei komplizierteren Modellen.
Fadenzähler, ein Gerät zum Bestimmen der Kett- und Schußfadenzahl in Geweben. Der F. ist meist zusammenklappbar und besteht aus einem quadratischen, auf das Gewebe aufzusetzenden Rähmchen mit bestimmter Seitenlänge und einer Lupe oder aus einem Metallineal mit Millimeterteilung, auf dem ein mittels Schraube verschiebbares, schwach vergrößerndes Mikroskop angeordnet ist.
Fading, svw. → Schwunderscheinungen.
Fahle, eine Gruppe der Erzminerale, Silber, Kupfer und Blei enthaltende Sulfosalze des Arsens und Antimons, von grauer Farbe und mehr oder weniger metallischem Glanz, → Fahlerze.
Fahlerze, wichtige Kupfer- und Silbererze, Mineralgruppe mit wechselnder chemischer Zusammensetzung: $(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn, Hg)_3$ (Sb, As, Bi)$_2$ S_6; kubisch, stahlgrau bis schwärzlich-blaugrau, Härte nach Mohs 3 bis 4; D. $\approx 5\,g\,cm^{-3}$ (schwankend). Hauptglieder der F.e sind 1) **Tetraedrit, Antimonfahlerz,** Cu_3SbS_{3-4}, als **Freibergit** werden silberreiche F. (bis 35 % Ag), als **Schwazit** die quecksilberreichen (bis 17 % Hg) F. bezeichnet; 2) **Tennantit, Arsenfahlerz,** Cu_3AsS_{3-4}. Dem Fahlerz ähnlich und mit ihm vorkommend

ist der **Germanit** $Cu_3(Fe, Ge)S_4$; er enthält bis zu 10 % Germanium und bis zu 2 % Gallium. F. sind auf hydrothermalen Lagerstätten weit verbreitet. Sie werden überwiegend zur Gewinnung von Kupfer, z. T. auch von Silber und Quecksilber verwendet.

Fähre, ein Kahn oder ein Motorboot für die Beförderung von Personen und gegebenenfalls Wagen von dem einen Ufer eines Flusses zum anderen sowie auch in Häfen.

Eine Sonderform der Flußfähre ist die **Gierfähre,** die flußaufwärts in der Mitte des Flusses verankert wird. Stellt man sie durch Ruderlegen schräg gegen die Strömung, so wird sie durch diese von einem zum anderen Flußufer bewegt. Es gibt auch Gierfähren, die nicht verankert sind, sondern sich an einer auf dem Flußgrund verlegten Kette oder an einem über den Fluß gespannten Drahtseil entlang bewegen.

Dem Verkehr auf großen Seen sowie zwischen zwei durch See getrennten Ländern (z. B. zwischen Saßnitz und Trelleborg sowie zwischen Warnemünde und Gedser) dienen **Fährschiffe.** Es gibt **Eisenbahnfährschiffe** (Tafel 13) (**Trajekte** für einen D-Zug oder etwa 40 Güterwagen) und **Autofährschiffe** (für 120 bis 400 Kraftwagen). Die Fahrzeuge gelangen durch eine Bug- und/oder Heckklappe, Kraftwagen z. T. auch durch Seitenpforten an und von Bord. Fährschiffe weisen zum Erhöhen der Manövrierfähigkeit meist ein Bugruder auf (→ Ruder).

Fahrenheitskale, Temperaturgradeinteilung eines Thermometers in 180 gleiche Teile zwischen dem Eispunkt 32 °F (Grad Fahrenheit) und dem Siedepunkt des Wassers (bei 760 Torr) von 212 °F. Die Temperaturdifferenz von 1 degF entspricht 5/9 Grad der Kelvin- bzw. der Celsiusskale. Die F. ist in Ländern mit britischem Meßsystem üblich. Die F. wurde benannt nach dem deutschen Physiker D. G. Fahrenheit, der Weingeist, später Quecksilber als Thermometersubstanz benutzte und als Nullpunkt die Temperatur einer Kältemischung wählte, die gleich der tiefsten Temperatur des Winters 1709 in Gdańsk (Danzig) war.

Fahrgastschiff, → Schiff.

Fahrlader, → Lademaschinen.

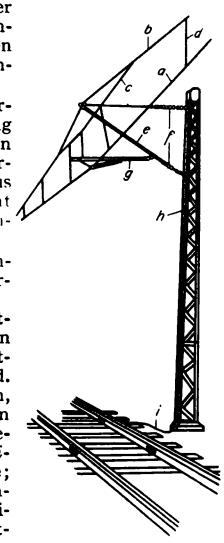
Fahrleitung, bei den elektrischen Bahnen und Obussen eine Leitungsanordnung für die Energieübertragung vom Unterwerk zum Triebfahrzeug. Für Eisenbahnen, Straßenbahnen und Obusse werden Fahrdrähte verwendet (**Oberleitung,** Abb.). Einfachfahrleitungen für Straßenbahnen und Obusse bestehen meist aus einem Fahrdraht, der an Querdrähten oder Mastauslegern befestigt ist. Einfachfahrleitungen lassen sich auch für Grubenbahnen und Eisenbahnen mit geringen Geschwindigkeiten verwenden. Für Eisenbahnen mit höheren Geschwindigkeiten wählt man durch Gewichte selbsttätig nachgespannte **Kettenfahrleitungen,** bei denen trotz des größeren Mastabstandes ein geringerer Fahrdrahtdurchhang und somit eine bessere Stromabnahme erreicht wird. Die Kettenfahrleitung besteht aus einem Tragseil aus Bronze und einem mit *Hängern* daran aufgehängten Kupferfahrdraht. Dieses *Längskettenwerk* wird ebenfalls durch Mastausleger oder ein System von Querseilen (*Quertragwerk*) in der gewünschten Höhenlage gehalten. Der Fahrdraht ist zur gleichmäßigen Abnutzung des Stromabnehmerschleifstückes im Zickzack geführt, seine seitliche Lage wird durch Seitenhalter festgelegt. Fahrdrähte aus Stahl und Aluminium zur Kupfereinsparung haben sich nicht bewährt. Bei Gleichstrombahnen müssen wegen der hohen Stromstärken **Doppelfahrdrähte** verwendet werden.

Gleichstrombetriebene Stadtschnellbahnen (→ Metro, → S-Bahn) mit Spannungen bis 1500 V werden über seitlich verlaufende **Stromschienen** aus gut leitendem Stahl gespeist. Dadurch sind geringere Brücken- und Tunnelhöhen möglich. Die Stromschiene wird aus Sicherheitsgründen meist von unten bestrichen und ist nach oben abgedeckt. Bei einer ganzen Reihe von Metros erfolgt die Stromabnahme aber auch seitlich oder von oben. In Weichenstraßen müssen die Stromschienen unterbrochen werden, die Triebwagen sind deshalb an beiden Enden mit Stromabnehmern ausgerüstet.

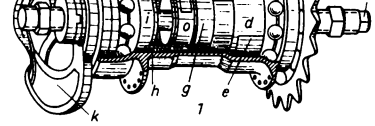
Die Speisung elektrischer Triebfahrzeuge erfolgt heute allgemein einpolig, als Rückleitung dienen die Schienen. Drehstromfahrleitungen mit zwei elektrisch getrennten Fahrdrähten werden kaum noch verwendet. Lediglich beim Obus und bei gummibereiften Metrofahrzeugen dient ein zweiter Fahrdraht bzw. eine zweite Stromschiene als Rückleitung.

Fahrrad, ein im allgemeinen zweirädriges, einspuriges, durch Muskelkraft betriebenes Fahrzeug.

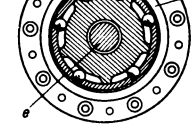
Hauptteile. Der *Rahmen* besteht aus nahtlosen oder geschweißten, kalt nachgezogenen dünnwandigen Stahlrohren, die in Muffen miteinander hart verlötet oder verschweißt sind. Die *Räder* bestehen aus Nabe, Achse, Speichen, Felge und Bereifung. Die *Naben* sind auf den im Rahmen oder in der Gabel starr, d. h. unabgefedert befestigten *Achsen* kugelgelagert. Die *Speichen* aus Stahl verbinden die Nabe mit der Felge; sie sind in der mit Löchern versehenen Nabe eingehangen. Wegen einer Anstauchung, dem Speichenkopf, können sie nicht durch die Löcher rutschen. An ihrem anderen, mit Gewinde versehenen Ende werden sie in der Felge mit einem aufschraubbaren Nippel angezogen. Die *Felgen* aus Holz, Stahl oder Leichtmetall tragen die *Bereifung,* die aus Luftschlauch und Reifen (meist Drahtseilreifen) besteht; der Luftschlauch wird über ein Ventil mit der Luftpumpe aufgepumpt. Verwendet werden Reifen von 26 oder 28 Zoll Außendurchmesser und $1^3/_4$ Zoll Breite (Kinderfahrräder 16, 18, 20 oder 24 Zoll). Der Antrieb erfolgt durch zwei *Tretkurbeln* mit Pedalen; sie sind mit der im Rahmen gelagerten Kurbelachse und dem Antriebskettenrad fest verbunden, von dem aus eine Kette zum Zahnkranz der Hinterradnabe läuft. Das Verhältnis der Anzahl der Zähne von Nabenkettenrad und Antriebskettenrad (Übersetzung) beträgt 1:2, 1:3 oder 1:4; eine Umdrehung der Tretkurbel bewirkt also zwei bis vier Umdrehungen des Hinterrades. Kettenlose Antriebe, die die Drehbewegungen der Tretkurbel über eine mit Kegelrädern versehene Welle auf das Hinterrad übertragen, werden wegen ihres schlechteren Wirkungsgrades, d. h. wegen

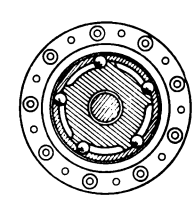


Oberleitung einer Fernbahn. *a* Fahrdraht, *b* Tragseil, *c* Beiseil, *d* Hänger, *e* Ausleger, *f* Isolatoren, *g* Seitenhalter, *h* Mast, *i* Masterde



1 Torpedo-Freilaufnabe mit Rücktrittbremse. *a* Nabengehäuse, *b* Kettenrad, *c* Achse, *d* Walzenführungsring mit Walzen des Freilaufs *e* und dem Steigzahn *f*. Dieser verschiebt beim Zurücktreten des Kettenrades axial den Bremskonus *g*, der seinerseits den Bremsmantel *h* auseinanderpreßt und gegen das Nabengehäuse drückt, *i* Gegenkonus, *k* Stützhebel. *2* Wirkungsweise des Freilaufs. Beim Vorwärtstreten des Pedals (Abb. oben) werden die Walzen *a*, die in dem Walzenführungsring *b* gelagert sind, durch die Kurven des Getriebekopfes *c* gegen das Nabengehäuse *d* gepreßt und nehmen so die Nabe mit; *e* Achse. Beim Aufhören der Tretbewegung (Abb. unten) gleitet das Nabengehäuse über die Walzen hinweg





2

des größeren Leistungsverlustes gegenüber Kettentrieben und wegen der höheren Fertigungskosten, nicht mehr verwendet. Sporträder werden vielfach mit Schaltgetrieben zur Einschaltung verschiedener Übersetzungen (Gangschaltung) versehen; Rennräder weisen bis zu 15 Gänge auf. Die meisten Fahrräder haben am Hinterrad eine *Freilaufnabe* mit *Rücktrittbremse*, dem Aufbau nach eine ein- und ausrückbare Kupplung: Beim Vorwärtstreten werden Rollen durch einen gezahnten Führungsring kraftschlüssig gegen das Nabengehäuse gepreßt und nehmen so das Hinterrad mit; beim Nichttreten dagegen gleitet das Hinterrad frei über die Rollen hinweg. Beim Rückwärtstreten wird ein Kegel seitlich verschoben und preßt Bremsscheiben gegen das Nabengehäuse. Die *Handbremse* wirkt durch Hebelgestänge oder Bowdenzug über Bremsklötzchen aus Gummi auf die Lauffläche des Reifens oder auf die Felgen (Felgenbremse). Sport- und Rennräder haben keine Freilaufnabe, sondern eine *Leerlaufnabe* mit Freilaufzahnkranz und zwei Felgenbremsen. Die Beleuchtung erfolgt elektrisch durch einen Kleingenerator (Dynamo).

Durch Anbau eines kleinen Verbrennungsmotors wird das F. zum Kraftrad.

Fahrstraße, der meist an einem Hauptsignal beginnende Weg für Schienenfahrzeuge über die verschiedenen Gleise, Weichen und Kreuzungen bis zu einem bestimmten Zielgleis. Große Bahnhöfe können über 100 F.n haben.

Fahrstuhl, → Aufzug.

Fahrt, bergmännischer Ausdruck für Leiter.

Fahrtmesser, 1) Luftfahrt: ein Gerät, das die Geschwindigkeit eines Luftfahrzeuges gegenüber der umgebenden Luft anzeigt (Relativgeschwindigkeitsmesser). Diese Geschwindigkeit entspricht nur bei Windstille der Geschwindigkeit über Grund (Absolutgeschwindigkeit), bei Wind müssen dessen Geschwindigkeit und Richtung berücksichtigt werden. F. werden nach der Geberart in F. mit Prandtlrohr (Staudruckfahrtmesser) und F. mit Venturirohr (Unterdruckfahrtmesser) eingeteilt. Beim **Staudruckfahrtmesser** wird mit einem Prandtlrohr (Staurohr) der dynamische Druck (Staudruck) der Luft aus der Differenz zwischen Gesamtdruck und statischem Druck gemessen; er ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit und somit auch für die Fluggeschwindigkeit. Beim **Unterdruckfahrtmesser** ist die Wurzel aus der Differenz zwischen dem statischen Druck der umgebenden Luft und dem statischen Druck an der engsten Stelle eines Venturirohres die der Fluggeschwindigkeit proportionale Größe. Unterdruckfahrtmesser werden vorwiegend in Luftfahrzeugen mit kleinen Fluggeschwindigkeiten, z. B. in Segelflugzeugen, benutzt.

2) Schiffahrt: svw. → Log.

Fahrtreppe, svw. → Rolltreppe.

Fahrtrichtungsanzeiger, ein Gerät, mit dem der beabsichtigte Richtungswechsel eines Fahrzeuges angezeigt wird. F. können ausgeführt sein als **Armwinker,** die elektromagnetisch über den Fahrzeugumriß herausgeklappt werden und orangenfarbig leuchten, oder als **Blinkleuchten (Blinker),** die paarweise an der Vorder- und Rückfront des Fahrzeuges angebracht sind und in kurzen Intervallen vorn orangenfarbig, hinten orangenfarbig oder rot aufleuchten. Die Lichtimpulse werden durch einen mittels Bimetallstreifens thermoelektrisch gesteuerten Schalter erzeugt. Die Frequenz beträgt 90 bis 30 Impulse je Minute.

Fahrtschreiber, Tachograph, ein in Kraftwagen eingebautes Meßgerät zur Überwachung der Fahrweise auf Verkehrssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Auf einem von einer Uhr angetriebenen Fahrtenblatt werden dabei über der Uhrzeit die Augenblickswerte von Geschwindigkeit und Fahrweg gleichzeitig aufgezeichnet, meist erfolgt auch eine Zählung der großen Geschwindigkeitsänderungen. Den Meßwerten liegt ein Tachometer zugrunde.

Fahrwasser, die für die Schiffahrt bestimmte Fahrrinne eines Reviers, Flusses, Sees, Boddens oder Kanals. Sie nützt die tiefen Stellen des Gewässers aus und wird durch Baggern auf der notwendigen Mindesttiefe gehalten. Das F. wird durch → Seezeichen vom flacheren Wasser abgegrenzt.

Fahrwiderstand, die Summe der Widerstände, die zur Fortbewegung eines Fahrzeuges von der Trieb- oder Zugkraft überwunden werden müssen. Man unterscheidet 1) den fahrzeugabhängigen F. (Getriebeverluste und Lagerreibung in Radlagerung und Triebwerk sowie → Luftwiderstand); 2) den fahrbahnabhängigen F. (Rollwiderstand und Steigungswiderstand); 3) den fahrweisebedingten F. (Beschleunigungswiderstand).

Faksimiletelegrafie, → Bildfunk.

Faktis *m*, früher **Ölkautschuk,** Bezeichnung für einen Weichgummiersatzstoff. Man erhält F. durch Einwirken von Schwefel oder Dischwefeldichlorid auf ungesättigte Fette und fette Öle sowie synthetische ungesättigte Verbindungen. Er ist wichtig als Zusatz zu Kautschukmischungen, ferner wird er z. B. zur Herstellung von Polstermaterialien, Fußbodenbelag, als Lackbestandteil sowie zur Faserimprägnierung verwendet.

Faktor, 1) allgemein: ein maßgeblicher Bestandteil. 2) Mathematik: Als F.en eines Produktes bezeichnet man die Größen oder Ausdrücke, die miteinander multipliziert werden, z. B. a und b in dem Produkt $a \cdot b$, c und $(d + e)$ in dem Produkt $c(d + e)$.

Fakturiermaschine, multiplizierende elektromechanische oder elektronische Büromaschine für das Ausfertigen von Rechnungen und Buchungsarbeiten, in deren Ablauf Multiplikationen enthalten sind. Der Aufbau der F. entspricht etwa dem der → Buchungsmaschine, F.n verfügen jedoch zusätzlich über eine Multiplizier-einrichtung.

Fakultät, in der Mathematik das Produkt aller natürlichen Zahlen von 1 bis zu einer ganzen positiven Zahl n. Bezeichnet wird es durch den letzten Faktor mit dahintergesetztem Ausrufezeichen, z. B. 4! (vier F.) $= 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4$ (→ Binom). Als besondere Festsetzung gilt: $0! = 1$ und $1! = 1$. Große Werte von $n!$ kann man angenähert durch die *Stirlingsche Formel* berechnen: $n! \approx \sqrt{2\pi n}\left(\frac{n}{e}\right)^n$. In der höheren Mathematik läßt sich der Begriff der F. mit Hilfe der → Gammafunktion auf beliebige (auch komplexe) Werte von n ausdehnen.

Fall, die nach dem Erdmittelpunkt gerichtete, von der Schwerkraft verursachte Bewegung frei beweglicher Körper (**freier F.**). Der F. ist eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung; die **Fallbeschleunigung** beträgt auf der Erdoberfläche im Mittel $g = 9{,}81\ \mathrm{m\,s^{-2}}$. Diese **Erdbeschleunigung (Schwerebeschleunigung)** ist an den Polen wegen der größeren Nähe des Erdmittelpunktes und der kleineren Zentrifugalkraft etwas größer als am Äquator. Die gesamte in der Zeit t zurückgelegte Fallstrecke s kann durch die Gleichung $s = \frac{1}{2}gt^2$ berechnet werden; die Fallstrecke wächst also quadratisch mit der Zeit. Auch die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers nimmt mit wachsender Zeit stetig zu: $v = g \cdot t$. Alle Körper fallen unabhängig von Masse, Form usw. gleich schnell, wenn auf sie nur die Schwerkraft wirkt. Dies tritt aber in der Praxis kaum ein, da der Luftwiderstand als erhebliche Gegenkraft auf den F. wirkt; sein Einfluß wächst mit dem Verhältnis von Oberfläche

zu Volumen des fallenden Körpers und ändert sich je nach Körperform. In einem hochevakuierten Glasrohr dagegen fallen z. B. eine Bleikugel und eine Daunenfeder gleich schnell. Bei der *Atwoodschen Fallmaschine* wird die Beschleunigung eines Körpers durch ein bei dem F. des Körpers gleichzeitig mit zu bewegendes Gegengewicht herabgesetzt. Alle für den F. wesentlichen Größen können infolge der langsamen Beschleunigung genau gemessen werden. Dies kann auch mit der *Fallrinne nach Galilei* erreicht werden, bei der je nach Neigung der Fallrinne nur eine mehr oder weniger große Komponente der Schwerkraft beschleunigend auf den Körper wirkt.

Die Gesetze des freien F.s sind zuerst von Galilei mit Hilfe seiner Versuche am schiefen Turm zu Pisa gefunden worden.

Fallbügel, eine Einrichtung bei Meßinstrumenten, Registrier- und Regelgeräten. Sie tastet den Zeiger des Instrumentes oder Gerätes ab und markiert die Zeigerstellung in Form einer punktierten Kurve oder leitet entsprechende Schaltvorgänge ein, wenn das dafür benötigte Drehmoment vom Instrument oder Gerät nicht aufgebracht werden kann. Der F. wird in gleichen Zeitabständen auf den freispielenden Zeiger gedrückt.

Fallbügelgerät, ein → Temperaturregler.

Fallen, → Streichen und Fallen.

Fällen, in der Chemie das Abscheiden eines gelösten Stoffes aus seiner Lösung durch 1) Reaktion des Fällungsmittels mit dem zu fällenden Stoff unter Bildung schwerlöslicher Verbindungen, 2) Änderung des *p*H-Wertes infolge Säure- oder Basezusatz, 3) Überschreiten des Löslichkeitsproduktes infolge Zusatz eines gleichionigen Salzes, 4) Zugabe eines unedleren Metalles zu einer Metallsalzlösung (*Zementieren*), 5) Verschieben der Löslichkeitsverhältnisse infolge Temperaturänderung. Beim **fraktionierten F.** werden zwei oder mehrere Stoffe durch portionsweises Zugeben eines gemeinsamen Fällungsmittels in der Reihenfolge ihrer Löslichkeit ausgefällt, wobei der schwerer lösliche Stoff zuerst fällt.

Fallhammer, svw. Freifallhammer, → Maschinenhammer.

Fallhöhe, bei Wasserkraftanlagen der lotrechte Spiegelunterschied zwischen Ober- und Unterwasser (**Rohfallhöhe, Bruttofallhöhe,** Abb. → Pumpspeicherwerk). Die **Nutzfallhöhe (Nettofallhöhe)** ist die Rohfallhöhe vermindert um die infolge von Widerständen (Einlauf, Reibung, Schieber u. a.) entstehende Verlusthöhe, **Nennfallhöhe** die der Bemessung z. B. einer Turbine zugrunde liegende F. Unter **Ausbaufallhöhe** versteht man die Nutzfallhöhe, die bei dem Größtwert der Zuflußmenge, für die die Kraftstufe (das in den Fluß eingeschaltete Wasserkraftwerk) gebaut wurde, vorhanden ist. Als **Gesamtfallhöhe** wird oft die Rohfallhöhe oder die gesamte F. von mehreren in einem Fluß oder einem Kraftwerkssystem hintereinandergeschalteten Kraftwerken (Kraftwerkstreppe, -kaskade) bezeichnet.

Fallort, svw. → Abhauen.

Fallout, → radioaktiver Niederschlag.

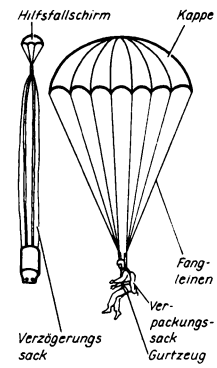
Fallpunkt, Kegelfallpunkt, die Temperatur in °C, bei der nach zeitlich genau festgelegtem vorangegangenem Temperaturanstieg ein Brennkegel (→ Pyrometerkegel, → Segerkegel) mit seiner Spitze die Unterlage berührt. Der Temperaturanstieg eines Pyrometerkegels beträgt 60 grd h^{-1} bis PK 148 und 200 grd h^{-1} ab PK 148. Bei Segerkegeln beträgt die Temperaturzunahme einheitlich über den gesamten Bereich 20 grd h^{-1} oder 150 grd h^{-1}.

Fallreep *n*, eine an Schiffen in Höhe des Oberdecks angebrachte, außenbords herablaßbare Treppe zum An- und Vonbordgehen.

Fallschirm, ein Fluggerät zum Niederlassen von Personen oder Lasten oder für Spezialzwecke. Nach dem Verwendungszweck kann man F.e einteilen in Personenfallschirme, Lastenfallschirme und Bremsschirme.

1) Bei **Personenfallschirmen** unterscheidet man Sprung- und Rettungsfallschirme. a) Mit **Sprungfallschirmen** (Übungs-, Sport-, Luftlandefallschirme u. a.) werden beabsichtigte Absprünge durchgeführt. b) **Rettungsfallschirme** werden bei Luftnot verwendet, z. B. bei Manövrierunfähigkeit des Luftfahrzeugs oder von Fallschirmspringern bei Unregelmäßigkeiten während des Öffnungsvorganges oder bei Beschädigung des Sprungfallschirmes. Sprungfallschirme erreichen bei geöffneter Fallschirmkappe in Bodennähe Sinkgeschwindigkeiten von 5 bis 6 m/s, Rettungsfallschirme bis 7 m/s.

Aufbau eines Personenfallschirms. Die *Fallschirmkappe* besteht aus Baumwoll-, Naturseide- oder synthetischem Gewebe, das zu Bahnen und Feldern vernäht ist und dadurch die Form einer Halbkugel (Kugelkalotte) von etwa 40 bis 80 m^2 Fläche erhält. Durch besondere konstruktive Ausführungen der Fallschirmkappe, z. B. Öffnungen im Scheitel der Kappe, Zonen unterschiedlicher Luftdurchlässigkeit, kann der Entfaltungsstoß verringert werden, außerdem wird das Pendeln verringert und die Sinkgeschwindigkeit beeinflußt. Fallschirmkappen für Sportfallschirme müssen außerdem in erhöhtem Maße steuerbar bzw. gleitfähig sein. So werden dazu z. B. abdeckbare Schlitze vom Fallschirmspringer nach dem Entfalten der Fallschirmkappe durch unterschiedliches Ziehen an den Handknebeln der Steuerleinen abgedeckt oder freigegeben. Die Projektion der Fallschirmkappe kann rund, viereckig oder dreieckig sein, die Kappenformen von Sportfallschirmen weichen z. T. davon ab. Die *Fangleinen* verbinden die Fallschirmkappe mit dem Gurtzeug und ermöglichen die tragende Form der Kappe. Das *Fallschirmgurtzeug* verbindet den Körper des Fallschirmspringers mit den Fangleinen, es soll eine gleichmäßige Verteilung des Entfaltungsstoßes gewährleisten. Zentralschloß, Dreipunktverschluß u. a. ermöglichen nach der Landung eine schnelle Befreiung des Fallschirmspringers vom Gurtzeug. Neuerdings ist der Fallschirmspringer durch Kappenschnelltrennverschlüsse in der Lage, unmittelbar nach der Landung oder bei besonderen Vorkommnissen noch während des Sprunges das Trennen der Fallschirmkappe mit den Fangleinen vom Gurtzeug manuell durchzuführen; dabei verbleibt das Gurtzeug am Fallschirmspringer. Der *Verpackungssack* nimmt die vorschriftsmäßig gelegte Fallschirmkappe auf und schützt sie gegen Staub und Feuchtigkeit. Spannelemente ermöglichen im Moment der Öffnung des Verpackungssackes, daß die Fallschirmkappe schnell freigegeben wird. Der **Hilfsfallschirm,** ein verkleinerter F. (Kappenfläche etwa 1 m^2) leitet nach dem Öffnen des Verpackungssackes den Öffnungsvorgang ein und beschleunigt ihn. Der Hilfsfallschirm ist am Verzögerungssack, bei F.en ohne Verzögerungssack an der Fallschirmkappe befestigt. Bei Rettungsfallschirmen für Fallschirmspringer wird vielfach auf einen Hilfsfallschirm verzichtet.



Die Hauptteile eines Personenfallschirms

An Stelle des Hilfsfallschirmes werden bei Verzögerungssprüngen mit großen Verzögerungszeiten besonders für militärische Zwecke **Stabilisierungsfallschirme** (Stabilisatoren) verwendet. Dabei wird der Verpackungssack des Sprungfallschirmes nur teilweise geöffnet, so daß lediglich die Kappe des Stabilisierungsfallschirmes vom Luftstrom erfaßt wird. Sie verleiht dem Fallschirmspringer eine definierte Lage (Standlage). Dadurch ist gewährleistet, daß der Körper des Fallschirmspringers durch den anschließenden Entfaltungsstoß der Fallschirmkappe des Sprungfallschirmes gleichmäßig belastet wird.

Durch den *Verzögerungssack* wird die Entfaltungszeit des F.s verlängert und dadurch der Entfaltungsstoß verringert. Der Verzögerungssack wird über die zusammengelegte Fallschirmkappe gezogen und dann vorschriftsmäßig in den Verpackungssack eingelegt. Vielfach wird der Verzögerungssack mit der Fallschirmkappe durch eine elastische *Verbindungsleine* befestigt, dadurch bleiben Hilfsfallschirm und Verzögerungssack während des Sprunges mit der Fallschirmkappe verbunden. Anderenfalls fallen beide von der Fallschirmkappe getrennt zur Erde.

Das Öffnen des F.s erfolgt durch Ziehen der Stifte des Abzugsseiles aus den Kegeln des Verpackungssackes. Der Öffnungsvorgang wird bei Sprungfallschirmen manuell oder automatisch eingeleitet. Bei der manuellen Öffnung zieht der Fallschirmspringer den in Brusthöhe im Gurtzeug eingesteckten Abzugsgriff des Abzugsseiles. Bei der automatischen Öffnung übernimmt diese Funktion eine Aufzugsleine, die einerseits im Luftfahrzeug befestigt und andererseits mit dem Abzugsseil verbunden ist. Bei manueller Fallschirmöffnung ist außerdem ein luftdruckabhängig arbeitendes Sicherheitsgerät (*Sprungautomat, Höhenauslöser*) vorhanden. In einer vor dem Absprung einzustellenden Höhe werden die Stifte des Abzugsseiles durch das Entspannen von Druckfedern aus den Kegeln des Verpackungssatzes gezogen für den Fall, daß der Fallschirmspringer zur manuellen Fallschirmöffnung nicht in der Lage ist. Rettungsfallschirme (Ersatzfallschirme) für Fallschirmspringer werden manuell geöffnet, bei Rettungsfallschirmen für Besatzungen schnellfliegender Flugzeuge (Militär-, Forschungs-, Erprobungsflugzeuge) erfolgt das Öffnen ausschließlich durch ein luftdruck- und zeitabhängig arbeitendes Sicherheitsgerät. Nach dem Öffnen des Verpackungssackes wird der Hilfsfallschirm vom Luftstrom erfaßt. Er zieht die Fallschirmkappe mit den Fangleinen aus dem Verpackungssack und den Verzögerungssack von der Fallschirmkappe; dabei tritt Luft in die Kappe ein und bringt sie zur Entfaltung.

Die manuelle Fallschirmöffnung ermöglicht die Durchführung von Verzögerungssprüngen. Diese kommen für den Fallschirmsport und für spezielle militärische Aufgaben, besonders aber bei Fallschirmsprüngen aus großen Höhen in Betracht. Dabei beträgt die maximale Geschwindigkeit im freien Fall bei Sprüngen aus 20000 m Höhe 150, aus 12000 m 90, aus 6000 m 65, aus 4000 m 59, aus 2000 m 53, aus 1000 m 50 m/s. Im Fallschirmsport werden Verzögerungszeiten (Zeit im freien Fall) von 5 bis 30 s und darüber und bei Sprüngen aus großen Höhen solche von mehreren Minuten erreicht. Besonders bei Sprüngen aus großen Höhen sind Verzögerungssprünge unerläßlich, da der Fallschirmspringer sonst bei den auftretenden niedrigen Temperaturen erfrieren würde. Wegen des geringen Luftdruckes ist oberhalb 4000 m Sauerstoffbeatmung erforderlich, außerdem heizbare Druckanzüge (besonders für Piloten). Den Höhenrekord im Fallschirmspringen hält der amerikanische Testpilot Kittinger, der 1960 aus 30000 m Höhe absprang; davon legte er 25600 m im freien Fall zurück.

Nach der Trageart können Personenfallschirme eingeteilt werden in Rücken-, Brust- und Sitzfallschirme. Fallschirmspringer sind mit einem **Rückenfallschirm** als Sprungfallschirm und einem **Brustfallschirm** als Rettungsfallschirm ausgerüstet. In Verbindung mit Kappenschnelltrennverschlüssen werden Sprung- und Rettungsfallschirmkappen mit Fangleinen in einem Verpackungssack untergebracht und dann als Rükkenfallschirm getragen. Mit dem Trennen von der Fallschirmkappe des Sprungfallschirmes wird gleichzeitig die Fallschirmkappe des Rettungsfallschirmes zur Öffnung freigegeben. **Sitzfallschirme** dienen vorwiegend als Rettungsfallschirme für Piloten.

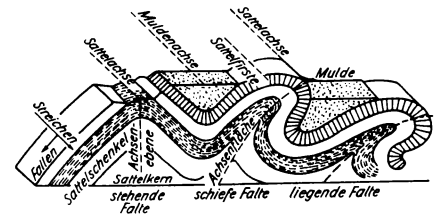
2) **Lastenfallschirme** werden — einzeln oder zu mehreren zusammengekoppelt — zum Absetzen von Lasten bis zu einer Masse von mehreren Tonnen aus Luftfahrzeugen verwendet, und zwar für militärische Zwecke (Absetzen von Fahrzeugen, Panzern, Geschützen, Versorgungsbehältern u. a. Lasten, die auf pneumatisch abgefederten Plattformen befestigt sein können), bei Rettungsaktionen in unwegsamem Gelände u. dgl. Neuerdings erlangen Lastenfallschirme auch bei der Landung von Weltraumflugkörpern Bedeutung.

3) **Bremsschirme** dienen bei Militär- und Zivilflugzeugen dazu, die Ausrollstrecke beim Landen zu verkürzen. Der Bremsschirm befindet sich in einem Behälter im Heck des Flugzeugs; dieser wird vom Piloten nach Bodenberührung des Flugzeuges geöffnet. Bremsschirme werden ferner bei der Flugerprobung von Flugzeugen eingesetzt, um ein Ausleiten aus ungewollten Flugfiguren zu ermöglichen. Diese Bremsschirme befinden sich in Behältern, die an oder in den Tragflügeln des Erprobungsflugzeuges angebracht sind, und werden vom Piloten während des Fluges geöffnet.

Lit. Antonow: Sportsprünge mit dem F. (dtsch Berlin 1959); Lukin: Fallschirmsport (dtsch Berlin 1959); Platonow: Der Mensch im Fluge (dtsch Berlin 1959).

Fällungsanalyse, Fällungstitration, ein Teilgebiet der Volumetrie, dem ein Fällungsvorgang zugrunde liegt. Die meist angewandte Methode der F. ist die **Argentometrie**, die auf der Schwerlöslichkeit von Silberhalogeniden beruht. Eine F. ist auch die **Tüpfelanalyse**, bei der der Endpunkt der Reaktion außerhalb der Analysenlösung durch Betüpfeln einer Mikroprobe mit Spezialreagens ermittelt wird.

Falte, eine durch tangential wirkende tektonische Kräfte (Pressung) entstandene Auf- und Abbiegung (Faltung) von Gesteinsschichten. Mit der Faltung ist eine Einengung der Krustenkerbe verbunden. Der nach oben gerichtete Teil einer F. wird als *Sattel, Antiklinale, Antikline* oder *Gewölbe*, der nach unten gerichtete als *Mulde, Synklinale* oder *Synkline* bezeichnet. Die ältesten gefalteten Schichten befinden sich im Innern des Sattels, dem Sattelkern, die jüngsten im Muldenkern. Der höchste Teil des Sattels heißt Sattelscheitel oder -first. Die Linie, längs derer im Sattel die Umbiegung der Schichten erfolgt, nennt man Sattelachse (entsprechend in den Mulden: Muldenachse) oder **Faltenscharnier.** Bei normalen aufrechten, symmetrisch gebauten F.n fallen Sattelscheitel und Sattelachse zusammen. Die Achsen aller in einem Sattel oder in einer Mulde mitgefalteten Schichten bilden die Achsenebene.



Falte: Sättel (Antiklinalen) und Mulden (Synklinalen)

Bei gleichmäßiger Biegung entstehen einfache **aufrechte** oder **stehende F.n** mit nahezu senkrechter Achsenebene und symmetrisch zu den Muldenachsen einfallenden *Schenkeln*. Durch vorherrschend einseitigen Druck neigt sich die Achsenebene. Es entstehen **schiefe F.n**, bei Über-

kippung des Liegendschenkels **überkippte F.n.** Beide Schenkel fallen dann in gleicher Richtung ein. Sind auch die Einfallswinkel gleich, so spricht man von **Isoklinalfalten. Liegende F.n** mit horizontaler Achsenebene und horizontalen Schenkeln können größere Teile des Untergrundes überdecken **(Deckfalten).**

Faltwerk, in der Baustatik ein räumliches Flächentragwerk. Es ist aus dünnen ebenen Scheiben zusammengesetzt. Neben der Scheibenwirkung der einzelnen Flächen ist auch stets eine Plattenwirkung vorhanden (→ Scheibe, → Platte).

Falz, 1) Metallbearbeitung: eine formschlüssige Verbindung von Blechrändern. Über die Herstellung der F.e → Falzen.

2) graphische Technik: a) die Stelle, an der der Papierbogen umgebrochen (gefalzt) ist. Dies geschieht mit der **Schwert-** oder **Messerfalzmaschine** (3000 Druckbogen/h) oder mit der **Stauch-** oder **Taschenfalzmaschine** (bis zu 7500 Druckbogen/h); b) die durch Abpressen des Buchblockes gebildete Erhöhung zu beiden Seiten des Buchrückens; c) ein schmaler mitgehefteter Papierstreifen, der an Tafeln u. a. angeklebt ist und ähnlich einem Scharnier wirkt.

3) Holzbearbeitung: ein meist rechtwinkliger, an den Kanten von Werkstücken (z. B. Möbel-, Türen- und Fensterkonstruktionsteile, Bauelemente) angebrachter Absatz (Abb. → Holzverbindungen). Der F. dient z. B. zur Überdeckung von Fugen, als Anschlag und zum Einlegen von Füllungen. Die Herstellung erfolgt maschinell durch Fräsen oder Kreissägen, manuell durch Ausstoßen mit dem Falzhobel.

Falzen, ein Fügeverfahren zur Herstellung von Falzverbindungen (→ Falz). Dabei werden einmal oder zweimal um jeweils 180° gebogene Ränder von Blechen geringer Dicke (kleiner als 1 mm) ineinandergesteckt und zusammengepreßt. Die Fertigung erfolgt mit speziellen Falzwerkzeugen auf Falzmaschinen oder Pressen. Das F. wird bei Platinen, häufiger bei Rohren (z. B. Abfallrohre von Dachrinnen) und Gefäßen (z. B. Konservendosen) angewendet.

Fanalfarbstoffe, basische Teerfarbstoffe, und zwar Komplexverbindungen besonders von Triphenylmethanfarbstoffen und Rhodaminen mit Phosphor-Molybdän-Wolframsäuren. F. sind wasserunlöslich, lichtecht und haben ausgezeichnete Leuchtkraft. Sie werden vor allem als Druckfarben für Tapeten sowie zur Färbung von Leder verwendet.

Fangedamm, die Abschließung einer Baustelle gegen ein offenes Gewässer durch einen Erddamm oder zwei hintereinanderstehende Spundwände, deren Zwischenraum mit Boden oder magerem Beton gefüllt ist. Die Spundwände werden in den Untergrund eingerammt und gegeneinander verankert, bei Felsuntergrund in Schlitze oder Bohrlöcher eingesetzt und gegen den Felsen verspannt. Stählerne Spundwände ordnet man auch so an, daß sie im Grundriß sich berührende Kreise oder Segmente (Kreiszellen- bzw. Segmentzellenfangedamm) bilden, wobei die Zwickel neben den Berührungsstellen durch kurze Wandstücke geschlossen werden. (Abb.)

Fangstoffe, svw. → Getter.

Fang- und Gefrierschiff, ein → Fischereifahrzeug.

Fang- und Verarbeitungsschiff, ein → Fischereifahrzeug.

Fangwerk, ein → Sperrgetriebe.

Farad, Kurzz. **F,** nach dem englischen Physiker M. Faraday benannte, gesetzliche Einheit der elektrischen Kapazität. Das F. ist die Kapazität eines Kondensators, der durch die Elektrizitätsmenge 1 Coulomb auf die Spannung 1 Volt aufgeladen wird. 1 F = 1 C/V (Coulomb/Volt) = 1 As/V (Amperesekunde/Volt). **Mikrofarad,** Kurzz. μF, = 10^{-6} F. **Nanofarad,** Kurzz. nF, = 10^{-9} F. **Picofarad,** Kurzz. pF, = 10^{-12} F.

Faraday, Kurzz. **F,** nichtgesetzliche Einheit der Elektrizitätsmenge. Das F. ist die Elektrizitätsmenge, die zur elektrolytischen Abscheidung eines Grammäquivalents erforderlich ist. 1 F = 96493 C (Coulomb) = 96493 As (Amperesekunden).

Faraday-Effekt, Magnetorotation, der 1846 von dem englischen Physiker Faraday entdeckte Effekt der Drehung der Polarisationsebene linear polarisierten Lichtes beim Durchgang durch in Richtung der Lichtausbreitung magnetisierte Stoffe. Der Drehwinkel ist unter normalen Bedingungen der Schichtdicke und der magnetischen Feldstärke proportional. Die Proportionalitätskonstante ist die von Temperatur und Wellenlänge abhängige **Verdetsche Konstante.**

Faradaysche Gesetze, von dem englischen Physiker Faraday 1833/34 untersuchte und quantitativ geklärte Zusammenhänge zwischen dem Stromfluß durch einen Elektrolyten und den an den Elektroden abgeschiedenen Stoffmengen.

1. **Gesetz:** Die Menge m der elektrolytischen Zersetzungsprodukte ist der durchgegangenen Elektrizitätsmenge, d. h. bei konstanter Stromstärke I dem Produkt aus I und der Stromflußzeit t, proportional: $m = K\,I\,t$. Die Konstante K heißt *elektrochemisches Äquivalent* und hat die Größe $^1/_{96493}$ [elektrochemische g-Äquivalente je Amperesekunde]. 96493 Amperesekunden (As) = 1 Faraday (F).

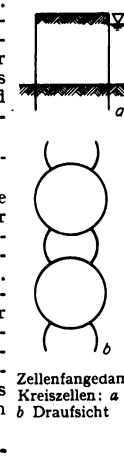
2. **Gesetz:** Die durch gleiche Elektrizitätsmengen aus Elektrolyten abgeschiedenen Massen verschiedener Stoffe verhalten sich wie die chemischen Äquivalente der Stoffe $m_1 : m_2 = M_1/ne : M_2/ne$, dabei bedeuten m_1 und m_2 die abgeschiedenen Mengen der Stoffe 1 und 2; M_1 und M_2 die Atom- oder die Molekulargewichte der Stoffe 1 und 2; ne die elektrochemischen Wertigkeiten ihrer Ionen.

Faradayscher Käfig, ein nach dem englischen Physiker Faraday benanntes Maschendrahtnetz, das einen Raum vollständig umschließt und ihn gegen magnetische Wechselfelder und elektrische Felder weitgehend abschirmt. Ein magnetisches Wechselfeld erzeugt in den Maschendrähten Wirbelströme, die im Innern des Raumes ein von außen einwirkendes Feld verdrängen. Die Feldlinien eines elektrischen Feldes enden zum größten Teil auf den Maschendrähten und greifen nur sehr geringfügig in den Innenraum hinein. Eine restlose Abschirmung ist mit dem Faradayschen K. nicht zu erreichen, aber durch ein genügend kleines Verhältnis von Maschen- zur Raumweite kann allen Anforderungen der Praxis entsprochen werden. Der Faradaysche K. wird vornehmlich in der elektrischen Meßtechnik verwendet.

Faradaysches Induktionsgesetz, → Elektromagnetismus.

Farbauszug, die photographische Aufnahme einer mehrfarbigen Vorlage, aus der jeweils nur die gleichfarbigen Anteile „herausgezogen" werden, um die gelbe, purpurne und blaugrüne Teildruckplatte für den Farbendruck zu erhalten. Bei der Aufnahme werden Farbfilter vorgeschaltet, und zwar für den Gelbauszug ein Blau-, für den Purpurauszug ein Grün- und für den Blaugrünauszug ein Rotfilter, die immer nur die gewünschten spektralen Anteile des Lichtes hindurch und auf die lichtempfindliche Schicht des Aufnahmematerials wirken lassen, die anderen aber absorbieren.

Farbbildröhre, die zur Umwandlung der elektrischen Bildsignale in farbige Bilder dienende Röhre im Empfänger beim Farbfernsehen. Wichtige F.n sind die → Maskenröhre und das → Chromatron.

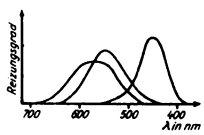


Zellenfangedamm mit Kreiszellen: *a* Schnitt, *b* Draufsicht

Farbe (Tafel 1), eine Qualität der Lichtempfindung, die im Auge durch elektromagnetische Strahlung ausgelöst wird, aber auch als indirekte Wirkung solcher Strahlung (Nachbild) oder unter Umständen auch durch andersartige Reize (Stoß, elektrischer Strom) entsteht. Der Gebrauch des Wortes F. für die Kennzeichnung eines engen Spektralgebietes, z. B. rote F. für den roten Spektralbereich, oder für färbende Substanzen (→ Farbmittel) ist unexakt.

Eine Strahlung, die fähig ist, im Auge eine Farbempfindung auszulösen, heißt **Farbreiz**. Die Wellenlänge dieser Strahlung muß im sichtbaren Spektralbereich liegen (etwa von 380 nm bis 780 nm); außerdem muß die Strahlungsleistung genügend hoch sein, d. h. die Farbenreizschwelle für die Sehorgane muß überschritten werden. Die Grenzwellenlängen für die Wahrnehmbarkeit sind individuell verschieden. Da jede Wellenlänge die farbenempfindlichen Organe des Auges (Zapfen) in verschiedener Weise reizt, ergibt sich für jede Wellenlänge eine bestimmte F.; so entsteht bei Zerlegung von Tageslicht oder weißem Glühlicht in einem Spektralapparat das kontinuierliche Spektrum, d. h. es erscheint das bunte Band der **Spektralfarben**. Es ist üblich, die F.n Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett hervorzuheben; dazwischen vermag das Auge zahlreiche Übergangstöne zu unterscheiden.

Im allgemeinen besteht der Farbreiz nicht aus Strahlung einer einzigen Wellenlänge (monochromatisches Licht), sondern aus einem Gemisch mehr oder weniger breiter Wellenlängengebiete. Zahlreiche F.n lassen sich durch *Verhüllung* der Spektralfarben gewinnen, d. h. es kommt zusätzlich ein Weiß- oder Schwarzanteil hinzu; so entsteht z. B. Braun durch einen mehr oder weniger großen Schwarzanteil zu Gelb oder Orange. Der Weißanteil einer Farbe wird auch durch den Grad der *Sättigung* gekennzeichnet; gesättigte Farben besitzen keinen Weißanteil, zunehmende Weißlichkeit ist gleichbedeutend mit abnehmender Sättigung. Die Abb. VI der Tafel stellt das Verhüllungsdreieck der Spektralfarbe Rot dar. Die Reihe a–p enthält die Übergänge von Weiß über graue Stufen zu Schwarz; diese Stufenleiter enthält die *unbunten* F.n, im Gegensatz zu den *bunten* F.n. In der Reihe a–pa befinden sich die F.n verschiedener Sättigung.



Spektrale Empfindlichkeitsverteilung der drei Farbenempfindungskomponenten des menschlichen Auges (nach König)

Ein Farbreiz kann durch farbiges Licht sowohl von Selbstleuchtern als auch von lichtrückwerfenden oder lichtdurchlassenden Stoffen (**Körperfarben**) ins Auge gelangen. Der Farbreiz von Körperfarben entsteht durch die spektrale Beeinflussung des auffallenden Lichts infolge der Rückwerfungs- sowie Durchlässigkeitseigenschaften der Körper; eine Körperfarbe ist also stets nur in Verbindung mit der sie beleuchtenden Strahlung definiert. Der Grad der Schwächung des Lichts beim Auftreffen auf eine Fläche heißt *spektraler Remissionsgrad* β_λ im Fall der Rückwerfung, *spektraler Transmissionsgrad* τ_λ im Falle durchlässiger Schicht. Die Zahlen β_λ und τ_λ liegen zwischen 0 und 1. Bei einer ideal weißen Fläche ist für alle Wellenlängen $\beta_\lambda = 1$ (d. h. die auftreffende Strahlung wird vollständig zurückgeworfen); eine dicke Schicht Magnesiumoxid genügt dieser Forderung weitgehend. Trägt man β_λ und τ_λ in einem Diagramm als Funktion der Wellenlänge auf, erhält man die spektrale Remissions- bzw. Transmissionskurve. Hat diese Kurve eine rechteckige Gestalt mit höchstens 2 Sprungstellen von 0 auf 1 und umgekehrt, so liegt eine **Optimalfarbe** vor.

Bei der Mischung von F.n unterscheidet man additive und subtraktive Farbmischung. Die **additive Farbmischung** entsteht durch Überlagerung von Strahlungen derart, daß zwei oder mehrere verschiedene Farbreize die gleiche Fläche der Netzhaut entweder gleichzeitig oder — wie beim Farbkreisel — in sehr raschem regelmäßigem Wechsel treffen. **Subtraktive Farbmischung** tritt ein beim Betrachten bunter Flächen durch farbige Gläser, Hintereinanderstellen von verschiedenen Farbgläsern, Beleuchten einer farbigen Fläche mit andersfarbigem Licht oder durch Mischen von Farblösungen. Das Ergebnis einer subtraktiven Mischung ist im Gegensatz zur additiven nicht vom Aussehen, sondern von den spektralen Eigenschaften der sich mischenden Farben und von Materialeigenschaften abhängig. Der Unterschied zwischen additiver und subtraktiver Farbmischung wird besonders augenfällig bei Gelb und Blau: bei additiver Mischung im richtigen Verhältnis nahezu Unbunt, bei subtraktiver tief Grün.

Die im Bewußtsein ausgelösten Farbenempfindungen entstehen durch das Zusammenwirken von (im normalen Auge) drei Teilerregungen, die, wie durch jüngste Untersuchungen der Elektrophysiologie bestätigt, durch drei verschiedene Sehstoffe der farbenempfindlichen Zapfen der Netzhaut (trichromatisches Sehen) hervorgerufen werden. Diese Annahme wird auch nahegelegt einmal durch die drei Typen von partiell Farbenblinden, bei denen offenbar nur zwei Sehstoffe wirksam sind (Dichromaten), und zum andern durch Versuche mit additiver Farbmischung beim normalen Auge. So lassen sich für das normale Auge drei Grundempfindungskurven (Kurven der spektralen Empfindlichkeitsverteilung) gewinnen, die je nach Lage des Empfindlichkeitsmaximums im Rot, Grün oder Blau den drei Fehlfarben der Dichromaten entsprechen. Wirken die drei Farbkomponenten in bestimmtem Verhältnis gleichzeitig, so entsteht die Empfindung Weiß, genauer Unbunt; die Empfindung Gelb kommt durch Zusammenwirken der roten und der grünen Komponente zustande, während die blaue Komponente nicht beansprucht wird. Zwei F.n, die bei additiver Mischung im richtigen Mischungsverhältnis Unbunt ergeben, heißen **kompensative F.n**; die **Komplementärfarben** sind ein Sonderfall von diesen, sie ergeben zusammen das volle Weiß (z. B. Rot und Blaugrün, Gelb und Blau, Violett und Gelbgrün).

Besteht zwischen zwei gleichzeitig wahrgenommenen Flächen ein Farbunterschied, kann man mit Sicherheit auf einen Unterschied in der Zusammensetzung der beiden ins Auge gelangenden Strahlungen schließen. Das Umgekehrte gilt aber nicht immer: Zwei Lichtbündel von gänzlich verschiedener Zusammensetzung können völlig gleiche Farbempfindungen hervorrufen; Beispiel: Spektrales Gelb kann ersetzt werden durch bestimmte gleichzeitig wirkende rote und grüne Spektrallichter; → Farbmetrik.

Lit. v. Helmholtz: Handb. der physiologischen Optik (3 Bde 3. Aufl. Leipzig 1910); Katz: Aufbau der Farbwelt (2. Aufl. Leipzig 1930); Klappauf: Einführung in die Farbenlehre (Leipzig 1949); Ostwald: Die Farbenlehre (5 Bde Leipzig 1918); Bouma: F. und Farbwahrnehmung (Eindhoven 1951); Schultze: Farbenlehre und Farbenmessung (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957); Zeugner: Farbenlehre für den Maler (Berlin 1963).

Farbenbindemittel, der flüssige, nicht flüchtige Anteil einer Anstrichfarbe, der — mit dem Pigment angerieben — die fertige Überzugsfarbe bildet. Man verwendet als F. z. B. Dextrine, Leim, Kollodium, Kunstharze, Leinöl, Schellack, Zaponlack, Wachse und Zelluloseazetat.

Farbendruck, der → Mehrfarbendruck.

Farben dünner Blättchen, Interferenzfarben, Mischfarben, die bei Interferenzerscheinungen im nicht monochromatischen Licht auftreten, z. B. an Seifenblasen, Perlmutterschalen und an dünnen Ölschichten auf Wasser. Trifft weißes Licht z. B. auf eine dünne Ölschicht, so wird es teils an deren Oberfläche, teils an der Rückfläche reflektiert. Zwischen beiden Wellenzügen entsteht ein Gangunterschied, wodurch in einer

bestimmten Richtung eine Spektralfarbe durch → Interferenz ausgelöscht wird. Der Beschauer sieht in dieser Richtung gerade die verbleibende Komplementärfarbe. Da das Auge die einzelnen Punkte der Schicht unter verschiedenen Winkeln sieht, wechselt auch von Punkt zu Punkt die wahrgenommene Farbe; die Ölschicht schillert. Ein Spezialfall dieser Erscheinung sind die → Newtonschen Ringe.

Farbenphotographie, das photographische Abbilden (→ Photographie) von Objekten in natürlichen Farben. Die Farben des Originals werden bei der Farbaufnahme in drei Spektralbereiche (Blau, Grün, Rot) zerlegt und getrennt photographisch festgehalten. Bei der Wiedergabe werden die Farbtöne aus drei einfarbigen Bildern ermischt. Dies kann entweder dadurch geschehen, daß die Farben der drei Einzelbilder, die Teilauszüge, gemeinsam auf das Auge wirken (additive F.) oder daß das Projektionslicht nacheinander die drei verschiedenfarbigen Einzelbilder durchdringt (subtraktive F.).

Die Farbtrennung bei der Aufnahme kann erfolgen a) durch drei nacheinanderfolgende Aufnahmen hinter den entsprechenden Farbfiltern, den Farbauszugsfiltern, oder b) durch Belichtung in einer Strahlenteilungskamera oder c) durch das Aufnahmematerial selbst, wobei das Licht drei photographische Schichten nacheinander durchdringt. Bei der *Strahlenteilungskamera* wird das vom Objekt kommende Licht vor seiner Einwirkung auf das photographische Material in mehrere Strahlengänge zerlegt, in die die entsprechenden Aufnahmefilter eingeschaltet sind.

1) Zu den *additiven* Verfahren gehören die Rasterverfahren. a) Bei den **Kornrasterverfahren** liegen unter der photographischen Schicht sehr kleine, unregelmäßig verteilte blaue, grüne und rote Körner nebeneinander, durch die die Lichtstrahlen auf die lichtempfindliche Schicht fallen. Durch Umkehrentwicklung erfolgt an den von Lichtstrahlen getroffenen Stellen der lichtempfindlichen Schicht eine Aufhellung, und bei der Projektion wird das Licht in gleicher Weise wie bei der Aufnahme gefiltert. b) Beim **Linsenrasterverfahren** befinden sich auf der Rückseite des Films schmale Zylinderlinsen, die drei im Objektiv angebrachte nebeneinanderliegende Farbfilter auf der Schicht abbilden, so daß drei ineinandergeschachtelte Teilbilder entstehen. Diese können nach Umkehrentwicklung nach demselben Prinzip wie bei der Aufnahme über ein innerhalb des Projektionsobjektivs liegendes Dreifarbenfilter farbig projiziert werden. Diese Verfahren haben nur noch geringere praktische Bedeutung.

2) Technisch wichtiger sind die *subtraktiven* Verfahren, insbesondere die Verfahren der farbbildenden (chromogenen) Entwicklung von Mehrschichtenfilmen. Der **Mehrschichtenfilm** besteht aus drei verschieden sensibilisierten Silberhalogenid-Gelatine-Schichten, die auf einem Träger übereinandergegossen sind. Meist ist die obere Schicht blauempfindlich (unsensibilisiert), die mittlere Schicht grünempfindlich (orthochromatisch sensibilisiert) und die untere Schicht rotempfindlich (panchromatisch sensibilisiert). Um die Eigenempfindlichkeit für Blau der mittleren und unteren Schicht auszuschalten, wird entweder zwischen Ober- und Mittelschicht eine Filterschicht aus gelbem, kolloidem Silber angeordnet oder der Oberschicht ein gelber Farbstoff zugesetzt. In beiden Fällen tritt im Behandlungsgang Entfärbung ein. Die Farbbildung bei der **chromogenen Entwicklung** beruht darauf, daß bei der Entwicklung des Silberhalogenids mit bestimmten Entwicklungssubstanzen (Phenylendiamine) Zwischenprodukte (Entwickleroxydationsprodukte) entstehen, die mit geeigneten organischen Substanzen, den Farbbildnern (Farbkomponenten), einen unlöslichen Farbstoff bilden, so daß neben dem Silberbild gleichzeitig ein Bild aus Farbstoff entsteht. Nach Herauslösen des Silbers mit geeigneten Oxydationsmitteln bleibt das reine Farbbild zurück. Je nach Aufbau des Films und nach der angewandten Entwicklungsmethode lassen sich nach dem Mehrschichtenverfahren entweder farbige Negative, die wie üblich auf einem entsprechenden Kopierfilm oder auf ein entsprechendes Mehrschichtenpapier zu Positiven kopiert werden können, oder aber bei Umkehrentwicklung direkt farbige Positive erhalten. Die Filmmaterialien für Dias oder für Schmalfilmaufnahmen werden meist nach dem Prinzip der Umkehrentwicklung verarbeitet.

a) Beim **ORWOCOLOR-Verfahren** sind in den drei Schichten die farblosen Farbbildner mit vergossen, und zwar enthält die Oberschicht den Farbbildner für Gelb, die Mittelschicht für Purpur und die Unterschicht für Blaugrün. An die Farbbildner ist eine langgestreckte Molekülgruppe angelagert, die verhindert, daß diese Substanzen während des Entwicklungsvorganges in die Gelatineschicht wandern. Bei der farbbildenden Entwicklung des Films entstehen an den belichteten Stellen neben metallischem Silber an den drei Schichten drei verschiedenfarbige unlösliche Farbstoffe, die den drei Spektralbereichen Blau, Grün und Rot zugeordnet sind. Nach der Herauslösung des Silbers durch Bleichen und Fixieren erhält man ein Negativ, das die Farben komplementär zeigt, also z. B. Rot für Grünblau, Orange für Blau, Gelb für Violett. Dieses Negativ kann auf Farbkopierfilm oder Farbkopierpapier nach dem gleichen Prinzip wie bei der Aufnahme kopiert werden, so daß ein Positiv in den richtigen Farben entsteht. Der in der Kinematographie verwendete Kopierfilm und das in der Photographie verwendete Kopierpapier sind grundsätzlich gleich aufgebaut. Beim Kopierprozeß muß die Farbwiedergabe im Positiv durch Verwendung gefärbter Filter, der Kopierfilter, die den drei Farben des Negativs entsprechen, gesteuert und beeinflußt werden. Beim **ORWOCHROM-Verfahren** wird nach der Belichtung der Umkehrfilm (ORWOCHROM-Film) zunächst mit einem nicht farbbildenden Entwickler entwickelt, so daß alles belichtete Silberbromid in elementares Silber verwandelt wird; das nicht angegriffene unbelichtete Silberhalogenid wird durch eine diffuse Nachbelichtung mit weißem Licht entwickelbar gemacht und in einem Farbentwickler entwickelt. Nach Herauslösen des Silbers liegen die richtigen Farben vor. Weitere Verfahren, die grundsätzlich nach dem gleichen Prinzip arbeiten, sind Agfacolor, Anscocolor, Gevacolor, Ferraniacolor.

b) Der beim **Kodachrom-Verfahren** verwendete Umkehrfilm (Kodachromfilm) enthält keine Farbbildner in den drei Schichten. Diese werden dem Farbentwickler zugesetzt, so daß außer der ersten Schwarzweißentwicklung drei getrennte Farbenentwicklungsgänge notwendig sind. Die Zuordnung der einzelnen Farbbildner zu den drei Schichten erfolgt durch selektive Nachbelichtung. Hierbei wird durch Licht, das ein Farbfilter passieren muß, immer nur eine Schicht nachbelichtet, so daß sich nur in dieser bei der Farbentwicklung der entsprechende Farbstoff bilden kann. So wird z. B. durch Belichtung hinter einem Rotfilter nur das restliche Silberhalogenid der Unterschicht belichtet und infolgedessen allein in einer anschließenden Blaugrünentwicklung entwickelt. Beim **Kodacolor-Verfahren,** einem Negativ-Positiv-Prozeß, befinden sich die Farbbildner in den drei Schichten. Um eine Diffusion zu vermeiden, sind diese in kleine Öltröpfchen eingelagert. Ektachromfilm (Umkehrverfahren), Ektacolorfilm (Negativ-Positiv-Verfahren) und Eastman-Colorfilm (Negativ-

Positiv-Verfahren) sind nach dem gleichen Prinzip aufgebaut. Die beiden ersten Verfahren sind zur Selbstentwicklung geeignet. Der Eastman-Colorfilm findet in der Kinematographie Verwendung.

Alle Verfahren müssen in ihrem Aufbau auf eine bestimmte Beleuchtung abgestimmt sein. Um dem starken Unterschied in der spektralen Lichtverteilung von Tageslicht und Kunstlicht gerecht zu werden, stellt man besondere Tageslichtfilme und Kunstlichtfilme her. Die bei der Farbentwicklung entstehenden Farbstoffe absorbieren auch in den Spektralbereichen etwas Licht, die sie eigentlich unbehindert hindurchgehen lassen sollten, wodurch eine gewisse Farbverfälschung eintreten kann. Diese Farbverfälschung läßt sich durch Einsatz von *Masken* beim Kopierprozeß vermeiden. Bei einigen Verfahren (ORWOCOLOR Mask, Ektacolor, Eastman-Color) werden durch Verwendung gefärbter Farbbildner bei der Farbentwicklung im Negativ selbsttätig eine oder mehrere Farbmasken erzeugt.

c) Das **Technicolor-Verfahren,** nach dem in den USA und in England die meisten Spielfilme hergestellt werden, verwendete früher zur Aufnahme eine Strahlenteilungskamera, in der das Licht einen halbdurchlässigen Spiegel passiert. Der durchgelassene Teil geht über ein Grünfilter auf einen orthochromatisch sensibilisierten Film. Das reflektierte Licht fällt durch ein Purpurfilter (Blau- und Rotanteil) auf einen Bipackfilm, der aus zwei Schicht an Schicht liegenden Filmen besteht, von denen der obere blauempfindlich ist und das Blaubild aufzeichnet, während der untere Film panchromatisch sensibilisiert ist und das Rotbild registriert. Zwischen beiden Filmen liegt eine dünne rote Filterschicht zur Abhaltung der kurzwelligen Strahlung. Die drei Filme werden schwarzweiß entwickelt. Die so entstandenen Negative werden auf besondere Positivfilme kopiert, die einer gerbenden Entwicklung unterzogen werden. Hierbei wird die Gelatine an den belichteten Stellen gehärtet und in Wasser unlöslich. Mit warmem Wasser wird die unbelichtete, nicht gehärtete Gelatine herausgelöst, so daß sich ein Relief ausbildet, das als Druckvorlage (Matrizenfilm) dient. Diese Matrizen werden mit bestimmten Farbstoffen (Gelb, Purpur, Blaugrün) eingefärbt, die nacheinander in einem Druckverfahren auf den endgültigen Positivfilm übertragen werden. Neuerdings erfolgt die Aufnahme für den Technicolorfilm mit einer normalen Kamera auf einen der üblichen Mehrschichtenfilme. Nach der chromogenen Entwicklung werden von dem Dreifarbenfilm drei Schwarz-Weiß-Teilauszugsfilme hergestellt, von denen dann die Matrizen gezogen werden.

Lit. Schröter: Das große Colorpraktikum (Leipzig 1966); W. Schultze: F. und Farbenfilm (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1953).

Färberei, in der Textilindustrie → Textilfärberei.

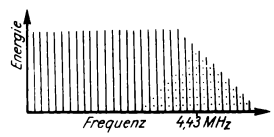
Farbfehler, ein → Abbildungsfehler.

Farbfernsehen (Tafeln 5 und 48), das → Fernsehen, bei dem außer den Helligkeitswerten die Farben des Objektes wiedergegeben werden.

Prinzip. Das Bild des zu übertragenden Objekts wird wie beim Schwarz-Weiß-Fernsehen in zeilenweise angeordnete Bildpunkte zerlegt. Jeder Bildpunkt hat eine Helligkeit und eine → Farbe. Die Farbe wiederum wird durch zwei unabhängige Komponenten, den Farbton und die Sättigung, bestimmt. Zur vollständigen Bestimmung einer Farbvalenz (→ Farbmetrik) sind daher drei voneinander unabhängige Bestimmungsgrößen notwendig. Man kann jede Farbempfindung im Auge dadurch beschreiben, daß man annimmt, daß drei Grundfarben (Rot R, Grün G, Blau B) in unterschiedlicher Stärke wahrgenommen werden. Durch additive Farbmischung können daraus die meisten der in der Natur vorkommenden Farben nachgebildet werden. Für die unbunten Farben (Weiß, Grau, Schwarz), die das Helligkeitssignal Y darstellen, gilt die Beziehung: $Y = 0{,}3\ R + 0{,}59\ G + 0{,}11\ B$. Daher genügt es, Y und zwei Farbsignale, z. B. R und B, zu übertragen, da dann G mit obiger Beziehung zurückgewonnen werden kann. Das Auflösungsvermögen des Auges ist für Helligkeitsunterschiede besonders groß, während es für Unterschiede der Farbart wesentlich geringer ist. Um ein farbiges Bild genügender Schärfe zu erzeugen, wird daher Y mit voller Bandbreite (5 MHz), die Farbinformation aber mit wesentlich geringerer Bandbreite (1 MHz) übertragen.

Übertragungssystem. Die Wahl eines Farbfernseh-Übertragungssystems wird durch die Forderung (*Kompatibilitätsforderung*) eingeschränkt, mit jedem Farbfernsehempfänger auch Schwarz-Weiß-Fernsehsendungen und mit jedem Schwarz-Weiß-Fernsehempfänger die Farbfernsehsendungen als Helligkeitsbild empfangen zu können. Vor allem 3 Übertragungssysteme sind von Bedeutung: das amerikanische NTSC-System und die europäischen Systeme PAL und SECAM.

NTSC- (National-Television-System-Comitee-) System. Das Helligkeitssignal Y wird in gleicher Weise wie beim Schwarz-Weiß-Fernsehen übertragen. Im Frequenzspektrum (Abb. 1) ist die Energie des Helligkeitssignals hauptsächlich in schmalen Frequenzbereichen, die sich um Vielfache *n* der Zeilenfrequenz (15625 Hz · *n*) bilden,



1 Frequenzspektrum des Helligkeitssignals (—) und des Farbsignals (...)

enthalten. In den Lücken dieses Spektrums kann ein anderer Nachrichteninhalt übertragen werden, z. B. die Farbinformation. Sie wird einem Farbhilfsträger aufmoduliert, der bei 4,43 MHz liegt. Während die Farbsättigung der Amplitude des Farbsignals proportional ist, wird durch die Phase des Farbsignals die Farbart bestimmt (*Phasen-Amplituden-Modulation*). Beide Komponenten des Farbsignals werden also gleichzeitig übertragen. Um die Phase des Farbsignals im Farbfernsehempfänger feststellen zu können, werden in der Zeilenaustastlücke Farbsynchronimpulse übertragen, mit denen ein Referenzgenerator im Farbfernsehempfänger synchronisiert wird. Das NTSC-System ist gegen Phasenfehler, die auf dem Übertragungswege auftreten können, besonders empfindlich und stellt an Sender und Richtfunklinien hohe Anforderungen. Außerdem muß die richtige Farbwiedergabe am Farbfernsehempfänger eingestellt werden.

SECAM- (Séquentiel à Mémoire-) System. Während das NTSC-System das verringerte Farbauflösungsvermögen des Auges nur in Zeilenrichtung ausnutzt, wird beim SECAM-System auch in vertikaler Richtung die Auflösung für das Farbsignal verringert. Einem Helligkeitsbild mit voller Auflösung und Zeilenzahl — entsprechend 5 MHz Bandbreite — wird die Farbinformation nur mit halber Zeilenzahl und verringerter Auflösung in Zeilenrichtung eingeschrieben. Im SECAM-System überträgt man je Zeile nur eine Komponente der Farbsignale und benutzt die andere Komponente von der vorhergehenden Zeile. Im Zeilenrücklauf wird jeweils im Empfänger und Sender synchron auf die andere Komponente des Farbsignals umgeschaltet. Das Farbsignal wird hier also zeilensequentiell (nachein-

ander) übertragen und im Empfänger für die Dauer einer Zeile gespeichert (mémoire). Dadurch, daß nur eine Komponente des Farbsignals gleichzeitig vom Sender zum Empfänger übertragen werden muß, kann man ein störunanfälliges Modulationsverfahren (Frequenzmodulation) für das Farbsignal verwenden.

PAL- (Phase-alternation-lines-) System. Hier werden beide Komponenten des Farbsignals gleichzeitig übertragen, jedoch von Zeile zu Zeile mit alternierender Phase, d. h. mit wechselndem Umlaufsinn des in der komplexen Ebene dargestellten Zeigers des Farbträgers. Man speichert im Farbfernsehempfänger das Farbsignal für eine Zeilendauer und addiert dieses gespeicherte Signal zum Farbsignal der nächsten Zeile. Phasenfehler, die auf dem Übertragungswege das Farbsignal verfälschen, werden kompensiert, da sie in beiden Zeilen mit unterschiedlichem Vorzeichen sind.

Die beiden Systeme SECAM und PAL sind in den letzten Jahren so weit verbessert worden, daß mit beiden sehr gute Farbfernsehübertragungen möglich sind und nur noch geringe Qualitätsunterschiede, z. B. hinsichtlich der Eignung für die Videomagnetbandaufzeichnung und der Erfüllung der Kompatibilitätsforderungen, bestehen.

Studiotechnik. Für die direkte Aufnahme bewegter Objekte werden **Farbfernsehkameras** mit drei Bildaufnahmeröhren, z. B. Plumbikon, Superorthikon oder Vidikon, eingesetzt. Das Bild des Objekts wird spektral in die drei Grundfarben R, G, B mit Hilfe von dichroitischen Spiegeln oder Farbteilerprismen und Filtern zerlegt, so daß drei Bilder des gleichen Objektes in den drei Grundfarben entstehen. Es gibt auch Kameras mit vier Bildaufnahmeröhren, in denen für Y ein zusätzlicher Kanal vorhanden ist. Wenn die drei Farbauszüge bei der Wiedergabe geometrisch nicht exakt übereinstimmen (Konvergenz), entstehen störende Farbsäume. Die spektrale Zerlegung des Bildes in der Farbteileroptik, die elektronenoptische Abbildung in den drei bzw. vier Bildaufnahmeröhren und die Abtastung des Bildfeldes in den Bildaufnahmeröhren dürfen höchstens Abweichungen von 0,1 Prozent der Bildhöhe verursachen. Um diese hohe Genauigkeit zu erreichen, sind Kompensations- und Justiereinrichtungen an jedem Bildaufnahmekanal notwendig, die gewährleisten, daß die vorgenommene Einstellung auch über die Betriebszeit erhalten bleibt. Da das zur Verfügung stehende Licht in der Farbfernsehkamera auf mehrere Bildaufnahmeröhren aufgeteilt wird, sind die Signale nur klein. Aufbau, Justierung und Betrieb von Farbfernsehkameras erfordern aus diesen Gründen die Lösung zahlreicher neuartiger Probleme. Zur Aufnahme von durchsichtigen Vorlagen, z. B. Dias, Filme, und undurchsichtigen Vorlagen arbeitet man nach dem *Lichtpunktabtastprinzip* (→ Fernsehen). Dabei wird das Bildfeld von einem wandernden weißen Lichtpunkt zerlegt und das von jedem Bildpunkt durchgelassene oder reflektierte Licht erst danach spektral in die Farbkomponenten aufgeteilt und in 3 Sekundärelektronenvervielfachern für die einzelnen Farben in Spannungswerte umgewandelt. Geometrische Deckungsfehler in den einzelnen Farbauszügen können so nicht auftreten.

Als Bildquelle für Testzwecke wird der *Farbbalkengenerator*, d. i. ein Gerät zur Erzeugung eines elektronischen Testbildes, eingesetzt, mit dem senkrechte Farbbalken in den Farben Weiß, Gelb, Blaugrün, Grün, Purpur, Rot, Blau, Schwarz elektronisch erzeugt werden.

Speicherung. Farbfernsehprogramme können mittels magnetischer Videoaufzeichnung gespeichert werden. Die Eignung der einzelnen Übertragungssysteme für diese Speichertechnik ist jedoch unterschiedlich.

Codierung. Unter Codierung versteht man die Bildung des Helligkeitssignals Y und der zwei Komponenten des Farbsignals aus den drei R-, G-, B-Signalen. Am einfachsten wird in einer Widerstandsmatrix aus 30 % Rot, 59 % Grün und 11 % Blau das Helligkeitssignal entsprechend der Augenempfindlichkeit für die verschiedenen Farben zusammengesetzt. Da die Farbe Grün bereits am meisten im Helligkeitssignal enthalten ist, werden die beiden Komponenten des Farbsignals aus den R- und B-Signalen gebildet. Man sendet diese jedoch nicht direkt, sondern als Farbdifferenzsignale R-Y und B-Y, die in unbunten Bildflächen Null werden. Beim NTSC- und PAL-Verfahren werden die Farbdifferenzsignale — oder davon abgeleitete Größen — sodann in ihrer Bandbreite in Filtern beschnitten und durch Phasen-Amplituden-Modulation dem Farbhilfsträger aufmoduliert. Das zusammengesetzte Farb-, Bild-, Austast-, Synchron- und Farbsynchronsignal wird *FBAS-Signal* genannt analog dem BAS-Signal beim Schwarz-Weiß-Fernsehen (→ Fernsehen). Die PAL-Codierung besteht im Unterschied zur NTSC-Codierung darin, daß eine Komponente des Farbsignals zeilenweise ihr Vorzeichen wechselt, woraus sich eine Phasendrehung des Farbhilfsträgers um 180° ergibt. Diese Umschaltung erfolgt in einem elektronischen Schalter. Bei der SECAM-Codierung wird zeilenweise mit einem elektronischen Schalter abwechselnd jeweils nur eine Komponente des Farbsignals an die Modulationsstufe weitergeleitet, wo das Farbsignal dem Farbhilfsträger durch Frequenzmodulation aufmoduliert wird.

Regieeinrichtungen. Sie dienen zur Überblendung und Mischung der Bildsignale von den verschiedenen Bildquellen im Studio und erfordern einen wesentlich höheren Aufwand als beim Schwarz-Weiß-Fernsehen, und ihre Technik ist bei den einzelnen Übertragungsverfahren sehr unterschiedlich. Es muß gewährleistet werden, daß beim langsamen Überblenden zweier Bilder beim Empfang keine Farbfehler auftreten.

Übertragung und Sendung. Hierzu werden dieselben Einrichtungen wie beim Schwarz-Weiß-Fernsehen (→ Rundfunktechnik) verwendet, die jedoch beim F. hohe Forderungen bezüglich der phasenrichtigen Übertragung und anderer Parameter erfüllen müssen.

Empfang. Der Farbfernsehempfänger muß zunächst aus dem gesendeten FBAS-Signal die Helligkeits- und Farbkomponenten und die Synchronsignale zurückgewinnen. Dies geschieht im *Decoder*, der in den drei Farbfernsehsystemen unterschiedlich ist. Beim NTSC-System wird vor Beginn jeder Zeile ein Referenzoszillator im Empfänger synchronisiert. Durch Vergleich des ankommenden Farbsignals mit diesem Oszillator wird die Phase und durch Gleichrichtung die Amplitude wiedergewonnen. In einer Matrixschaltung, die Linearkombinationen der empfangenen Signale bildet, entstehen die drei Farbdifferenzsignale R-Y, G-Y, B-Y, die der Farbbildröhre zugeführt werden. Beim PAL-System müssen — um die durch die Anwendung einer Phasenmodulation gegebenenfalls auf dem Übertragungsweg auftretenden Fehler zu kompensieren — die Farbsignale zweier aufeinanderfolgender Zeilen, die vom Sender mit unterschiedlicher Phase nacheinander ausgestrahlt werden, gleichzeitig zur Verfügung stehen. Das wichtigste Bauelement eines PAL-Decoders ist daher eine Verzögerungsleitung, die das Farbsignal um die Dauer einer Zeile zeitlich verschiebt. In dieser Verzögerungsleitung wird das Farbsignal zunächst in Ultraschall umgewandelt, durchläuft dann einen Glasstab von etwa 20 cm Länge, an dessen Ende es wieder in eine elektrische Schwin-

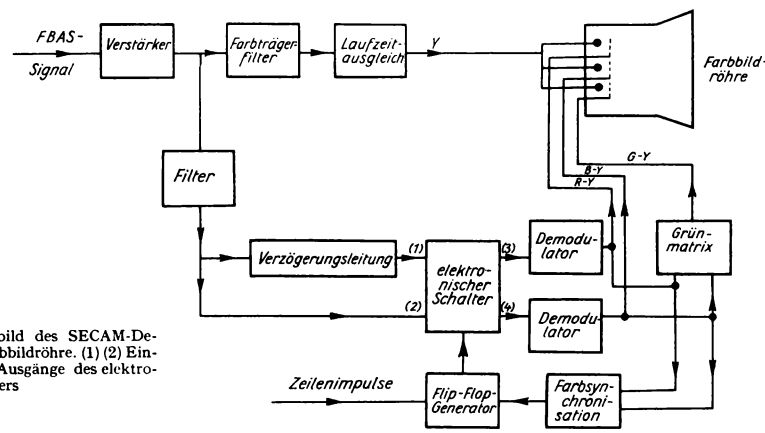
gung zurückverwandelt wird. Das verzögerte Farbsignal wird zu dem unverzögerten Farbsignal der nächsten Zeile addiert, das Summensignal halbiert und einem elektronischen Schalter zugeführt, der die im Sender vorgenommene Umpolung von Zeile zu Zeile rückgängig macht. Damit steht ein von Phasenfehlern befreites Farbsignal zur Verfügung, das wie im NTSC-Empfänger weiter verarbeitet werden kann. — Beim SECAM-Verfahren ist am Empfängereingang jeweils nur eine Komponente des Farbsignals vorhanden. Da für die Ansteuerung der Farbbildröhre beide Komponenten gleichzeitig benötigt werden, wird hier ebenfalls mit einer Verzögerungsleitung die Farbkomponente der vorausgehenden Zeile für die Dauer einer Zeile gespeichert. Ein elektronischer Schalter sorgt dafür, daß an die Farbbildröhre und die Umrechungsmatrix jeweils die richtige Farbkomponente nach der Demodulation gelangt (Abb. 2). Im Helligkeitskanal sind ein Filter, das den Farbträger unterdrückt, und ein Laufzeitausgleich vorgesehen. Letzterer kompensiert die verschiedenen Laufzeiten des Helligkeits- und Farbsignals in den Verstärkern.

Funktion des elektronischen Schalters (SECAM)

Zeit	Eingänge: ankommendes (unverzögertes) Signal (1)	Eingänge: verzögertes Signal (2)	Schaltstellungen des elektronischen Schalters	Ausgänge (3)	Ausgänge (4)
Zeile n	R–Y	B–Y	(1) → (3) (2) → (4)	R–Y	B–Y
Zeile n + 1	B–Y	R–Y	(1) → (4) (2) → (3)	R–Y	B–Y
Zeile n + 2	R–Y	B–Y	(1) → (3) (2) → (4)	R–Y	B–Y

Bildwiedergabe. Zur Bildwiedergabe wird beim Farbfernsehen meist die → Maskenröhre angewendet. Die Farbdifferenzsignale R-Y, G-Y, B-Y werden den Steuerblenden der drei Strahlerzeugungssysteme zugeführt, während an den drei Katoden das Helligkeitssignal Y anliegt. Die drei Elektronenstrahlen werden somit mit den reinen Farbkomponenten R, G, B moduliert. Sie gelangen auf den aus etwa 1,2 Millionen kleiner Phosphorpunkte zusammengesetzten Leuchtschirm und erzeugen dort das farbige Bild. Um jedoch zu gewährleisten, daß auf dem ganzen Bildfeld nur rot leuchtende Phosphorpunkte vom „roten" Elektronenstrahl usw. getroffen werden, sind im Empfänger zahlreiche Einrichtungen für die Justierung und Kompensation der bei der Röhrenproduktion unvermeidlichen Toleranzen notwendig. Außer dem auch bei Schwarz-Weiß-Bildröhren vorhandenen Ablenkspulensystem benötigt die Maskenröhre ein kompliziertes Konvergenzsystem. Dieses enthält vier einstellbare Permanentmagnete für die radiale und tangentiale statische Ablenkung der einzelnen Elektronenstrahlen. Mit einem Farbreinheitsmagneten werden alle drei Elektronenstrahlen gemeinsam verschoben, um zu erreichen, daß jeder Strahl nur eine Gruppe von Phosphorpunkten trifft (*statische Konvergenzeinstellung*). Zur Kompensation geometrischer Verzerrungen (*Kissen-* und *Trapezverzeichnung, dynamische Konvergenzeinstellung*) sind auf dem Konvergenzsystem Spulenpaare vorgesehen, die von zusätzlichen Ablenkströmen geeigneter Form durchflossen werden, die im Empfänger erzeugt werden müssen. Für jeden der drei Elektronenstrahlen sind zur Einstellung der dynamischen Konvergenz vier Regler vorhanden. Damit die Konvergenz nur einmalig bei Inbetriebnahme des Empfängers eingestellt werden muß, sind alle Schaltungen sehr stabil auszulegen. Die Hochspannung und alle anderen Spannungen für die Bildröhre werden besonders stabilisiert. Der Farbfernsehempfänger enthält somit nicht nur neue Bauelemente, wie Verzögerungsleitung und Farbbildröhre, sondern seine Schaltungen müssen auch mit einer sehr hohen Zuverlässigkeit und Stabilität aufgebaut sein, die bisher bei Geräten der Unterhaltungselektronik nicht notwendig waren.

Für das **industrielle F.** werden vorwiegend Kameras mit drei Vidikons als Bildaufnahmeröhren verwendet. Da Kamera und Bildwiedergabegeräte meist nur geringe Entfernungen voneinander haben, werden sie mit Koaxialkabeln (Hochfrequenzkabel) verbunden. Für jede Farbkomponente R, G, B kann ein besonderes Kabel verwendet werden, so daß eine Codierung nicht notwendig ist. Das industrielle F. wird dort eingesetzt, wo eine Schwarz-Weiß-Information unzureichend ist und die Farbinformation zusätz-



2 Blockschaltbild des SECAM-Decoders mit Farbbildröhre. (1) (2) Eingänge, (3) (4) Ausgänge des elektronischen Schalters

liche Erkenntnisse bringt. Die Übertragung von Operationen in Hörsälen erfolgt z. B. bereits versuchsweise mit Farbfernseheinrichtungen.

Lit. Hartwich: Einführung in die Farbfernseh-Servicetechnik (Hamburg, Bd 1 3. Aufl. 1966, Bd 2 1965); Welland: F. (München 1966); Theile u. Fix: Einführung in die Farbfernsehtechnik, in „Funktechnik" (1966, ab Heft 8); Mayer: Technik des F.s in Theorie und Praxis (Berlin 1967); → Fernsehen.

Farbfilm, → Farbenphotographie.

Farbfilter, vor das Objektiv der photographischen Kamera gesetzte → optische Filter zur Korrektur der Farbwiedergabe bei Schwarzweiß- und Farbaufnahmen. Bei der Schwarzweißphotographie sollen F. vor allem die Eigenempfindlichkeit des Silberbromids im kurzwelligen Gebiet der Strahlung (blau und violett) herabsetzen, da sonst diese Farbtöne in der Kopie zu hell erscheinen würden. Grundsätzlich betont ein F. die Eigenfarbe und hält die Komplementärfarbe zurück; ein Gelbfilter z. B. betont die gelbe Farbe und hält die blaue Farbe zurück, läßt also z. B. den blauen Himmel im Schwarz-Weiß-Bild dunkler erscheinen. Ein Rotfilter ist z. B. unbedingt notwendig bei Aufnahmen auf Infrarot-Schichten. Weitere Filter sind Spezialfilter für Reproduktionszwecke, für wissenschaftliche Untersuchungen (z. B. Untersuchungen von Fälschungen) und zur Erzielung besonderer Effekte. Neben gleichmäßig eingefärbten Filtern (Massivglasfilter, Farbgelatine zwischen Glas verkittet oder als Folie) gibt es noch Verlauffilter und Halbfilter. In der Farbenphotographie verwendet man bei der Aufnahme Konversionsfilter mit bläulicher oder rötlicher Färbung zur Korrektur der Farbtemperatur. Antifarbstichfolien zum Beheben von Farbstichen werden mit in die Farbumkehrdias eingeglast. Kopierfilter dienen im Farb-Negativ-Positiv-Verfahren zum Erreichen richtig abgestimmter Kopien und Vergrößerungen. Dunkelkammerschutzfilter benötigen nicht die hohe optische Qualität wie Aufnahmefilter.

Lit. Clauß u. Meusel: Filterpraxis (Halle 1962).

Farblacke, im engeren Sinne durch Fällung wasserlöslicher synthetischer Farbstoffe mit Fällungsmitteln (Verlackung) erzeugte Pigmente. Als Fällungsmittel für saure Farbstoffe und Direktfarbstoffe dienen vor allem Bariumchlorid, ferner wasserlösliche Kalzium-, Aluminium-, Mangan-, Zinn- und Bleisalze, wobei die betreffenden unlöslichen Metallsalze der Farbstoffsäuren entstehen. Basische Farbstoffe werden hauptsächlich mit Tannin und Brechweinstein gefällt. In der Färberei lassen sich Farblacke auch direkt auf der Faser erzeugen, z. B. aus Alizarinfarbstoffen mit Chrom- oder Aluminiumbeizen.

Im weiteren Sinne Pigmente, die durch Fixierung basischer Farbstoffe auf Grünerde (Kalkfarben) erhalten werden und deren Lichtechtheit gegenüber den unverlackten Farbstoffen beträchtlich erhöht ist.

Farbmaßlehre, svw. → Farbmetrik.

Farbmetrik, Farbvalenzmetrik, Farbmaßlehre, die auf den Gesetzen der additiven Farbmischung (→ Farbe) beruhende Farbmessung, d. h. die Kennzeichnung von Farben durch Maßzahlen. Der Sinneseindruck, der durch Einwirkung eines Farbreizes auf die farbempfindlichen Organe der Netzhaut entsteht, wird **Farbvalenz** genannt. Werden drei geeignete Farbvalenzen in bestimmtem Verhältnis (additiv) gemischt, so kann jede beliebige Farbempfindung nachgeahmt werden (Grundgesetz der F. nach H. Graßmann, 1853). Überraschenderweise ist es in weitem Maße willkürlich, welche Farbvalenzen man als Primärvalenzen wählt. Die Mischfarbe F läßt sich durch eine Farbgleichung der Form $F = XA + YB + ZC$ darstellen. Dabei sind A, B, C die Symbole der zur Nachmischung verwendeten Primärvalenzen, und X, Y, Z geben die Beträge der Farbreize an, die zur Herstellung der Gleichheit erforderlich sind. Die Mischungsbeträge heißen **trichromatische Maßzahlen** oder **Farbwerte.** Mit Farbgleichungen darf wie mit algebraischen Gleichungen gerechnet werden, soweit es sich um Addition und Subtraktion handelt. Die Farbgleichung gestattet eine Darstellung der Farben in einem räumlichen Koordinatensystem.

Die Darstellung von Farbvalenzen durch räumliche Koordinaten (bzw. Vektoren) ist zwar am anschaulichsten und vollkommensten, aber mit großen Schwierigkeiten verbunden. Deshalb bevorzugt man, räumliche Gebilde in der zweidimensionalen Zeichenebene wiederzugeben, die Darstellung in der Ebene. Man ist dadurch gezwungen, auf ein Bestimmungsstück der Farbvalenz zu verzichten. Diese Schwierigkeit umgeht man durch die Vereinbarung, daß alle Farben, die sich nur hinsichtlich ihrer Intensität unterscheiden, durch einen Punkt gekennzeichnet werden; diese Farben sind von gleicher *Farbart* (*Reizart*). Die Darstellung der Farben gleicher Farbart in der Ebene erfolgt durch ein rechtwinklig-gleichschenkliges *Farbdreieck* (auch *Farbtafel* genannt) — ältere Darstellungen benutzen ein gleichseitiges Dreieck —, wobei jeder Ecke eine Primärvalenz zugeordnet wird. Die Farborte der monochromatischen Strahlungen des Spektrums liegen auf einer Kurve (*Spektralfarbenzug*), die mit Hilfe einer durch die Endpunkte gehenden Verbindungsgeraden, der *Purpurgeraden*, das Gebiet der Farborte aller reellen Farbvalenzen umschließt (Tafel 1). Additive Mischungen zweier Farbvalenzen liegen stets auf der Verbindungsgeraden der entsprechenden Farborte; so enthält die Purpurgerade alle durch Mischung der äußersten Spektralfarben Rot und Violett entstehenden Farbvalenzen. Ein bestimmter Punkt im Innern heißt Weißpunkt (Unbunt); er ist das Symbol für die Farbvalenz einer ideal weißen Fläche, wenn diese von hellem Tageslicht bestrahlt wird. Auf jeder Verbindungsgeraden vom Weißpunkt zu einem Punkt des Spektralfarbenzuges befinden sich die Farben mit *farbtongleicher Wellenlänge* λ_f, aber verschiedener Sättigung; letztere nimmt von innen nach außen zu. Als Maß für die Sättigung gibt man den Anteil p_e des Spektralreizes an, den man mit Unbunt mischen muß, um die zu bestimmende Farbvalenz nachzuahmen. Bei Körperfarben (→ Farbe) wird außerdem die Helligkeit Y (Hellbezugswert) angegeben. Die drei Größen λ_f, p_e, Y sind die **Helmholtz-Maßzahlen.**

Eine anschauliche Darstellung der Körperfarben ist der Ostwaldsche Farbenatlas. Ostwald geht aus von der Vorstellung, daß jede Körperfarbe dargestellt werden kann als additive Mischung von idealem Weiß, idealem Schwarz und einer reinsten Farbe des betreffenden Farbtons. Diese reinsten Farben werden *Vollfarben* genannt; sie besitzen ein Maximum an Buntheit. Die **Ostwald-Maßzahlen** einer Farbvalenz sind daher Farbton N (gewissermaßen Nummer der Vollfarbe) sowie zwei der drei Größen: Weißanteil w, Schwarzanteil s und Vollfarbenanteil v; dabei gilt $w + s + v = 1$. Der Farbton wird durch Vergleich mit dem vierundzwanzig- oder hundertzwanzigteiligen Ostwaldschen Farbtonkreis angegeben.

Lit. Arens: F. (Berlin 1951).

Farbmischung, → Farbe.

Farbmittel, Sammelbezeichnung für alle farbgebenden Stoffe (→ Farbstoffe, → Pigmente).

Farbreiz, → Farbe.

Farbscanner *m* (Tafel 34), **Scanner,** ein elektronisches Farbauszugs- und Maskiergerät, d. i. ein photographisches Gerät, das auf elektronischem Wege die photographischen Prozesse

beeinflußt. F. zerlegen die zu reproduzierende Bildvorlage in kleine Bildelemente und setzen diese wieder so zusammen, daß die Zerlegung nicht mehr erkennbar ist. Für jedes Bildelement werden die es charakterisierenden Werte festgestellt und nach bestimmten Vorschriften geändert, z. B. farbwertkorrigiert. Zur Bildzerlegung wird die Vorlage mit einem Lichtpunkt oder dem Leuchtfleck einer Katodenstrahlröhre zeilenweise abgetastet. Das Licht, das ein Bildelement bei der Abtastung reflektiert (Aufsichtsbild) oder hindurchläßt (Diapositiv), wird lichtelektrisch gemessen. Die Meßwerte werden, um das Bild aus seinen Elementen wieder zusammenzusetzen, einem elektronischen Rechenwerk zugeführt und dort in die entsprechenden Tonwerte eines Vierfarbensatzes unter Berücksichtigung des Druckverfahrens umgerechnet. Vom Rechenwerk aus werden die verarbeiteten Meßwerte einem Aufzeichnungsorgan zugeführt, das das Bild synchron zum Abtastorgan aufbaut. Dabei belichtet ein Lichtpunkt, dessen Helligkeit von den Meßwerten abhängt, einen photographischen Film, über den er hinweggeführt wird. Es gibt F. für Filmformate bis zu 50 · 60 cm.

Farbstich, in der Farbenphotographie das fehlerhafte Vorherrschen einer Farbe. Der F. wird durch ungleiche Abstimmung der Schichten im Mehrschichtenfilm, durch die Beleuchtung, durch falsche Belichtung oder durch unsachgemäße Lagerung des Films verursacht. So entsteht ein **Blaustich** immer dann, wenn das Licht reich an blauen Strahlen ist, z. B. bei klarem Sonnenschein in Schnee und Schattenpartien; **Grünstich** tritt besonders bei Verwendung von Leuchtröhren als Beleuchtung auf; **Gelbstich** und **Rotstich** erhält man manchmal bei Abend- oder Morgensonne sowie bei Glühlampenlicht und Verwendung von Farbfilm für Tageslicht.

Farbstoffe, in Lösungs- oder Bindemitteln meist lösliche, z. T. auch unlösliche organische Farbmittel (im Gegensatz zu den stets unlöslichen → Pigmenten). Für das Zustandekommen farbiger Eigenschaften ist die Gegenwart der *chromophoren Gruppen* (*Chromophore*; Farbträger), d. h. koordinativ ungesättigter Einzelatome (mit instabiler Elektronenanordnung), wie sie z. B. in der —N=N—-Gruppe der Azofarbstoffe vorliegen, ausschlaggebend. Andere Gruppen, die *auxochromen Gruppen* (*Auxochrome*), z. B. —NH_2, —OH, —COOH, rufen selbst keine Farbigkeit hervor, verstärken aber Intensität und Farbtiefe farbiger Verbindungen. Sie sind von wesentlicher Bedeutung für die Verbindung der Fasern mit den F.n. Das gesetzmäßige Zusammenwirken sowohl der chromophoren wie der auxochromen Gruppe macht einen farbigen Körper zum Farbstoff. Man unterscheidet zwischen natürlichen F.n (Naturfarbstoffen) und künstlichen (synthetischen) F.n.

1) **Naturfarbstoffe.** a) Naturfarbstoffe tierischer Herkunft **(Tierfarbstoffe)** werden aus den Körpersäften oder Körperteilen verschiedener Tiere gewonnen, z. B. Karmin (aus der Körperflüssigkeit einiger Schildlausarten), antiker Purpur (Drüsensaft der Purpurschnecke), Indischgelb. b) Naturfarbstoffe pflanzlicher Herkunft **(Pflanzenfarbstoffe)** werden aus verschiedenen Pflanzenteilen gewonnen, z. B. Rotholz-, Blauholz-, Gelbholzextrakt (aus Farbhölzern), Henna, Chlorophyll (aus Blättern); Krappfarbstoffe, besonders Alizarin und Purpurin (aus Wurzeln); Orseille (aus Flechten); Anthozyan (aus Blüten).

2) **Synthetische (künstliche) F.** werden im wesentlichen aus aromatischen Verbindungen, z. B. Benzol und Anthrazen, und heterozyklischen Verbindungen, z. B. Anilin, hergestellt, die aus Steinkohlenteer gewonnen werden **(Teerfarbstoffe).** Die Zwischenerzeugnisse sind wieder Ausgangsstoffe für mehrere, meist äußerlich sehr verschiedene F., außerdem für viele Arzneimittel, photographische Entwickler, Sprengstoffe u. dgl. Die synthetischen organischen F. enthalten stets konjugierte Doppelbindungen. Man teilt die Teerfarbstoffe entweder nach ihrer chemischen Konstitution ein, z. B. in Nitro-, Nitroso-, Azo-, Triphenylmethan-, Xanthen-, Azin-, Anthrachinon-, Indigo- und Phthalozyaninfarbstoffe, oder nach ihren färberischen Eigenschaften: *Basische F.*, z. B. Fuchsin, Malachitgrün und Methylviolett, sind Salze von organischen Basen mit Farbstoffcharakter. Sie werden nur noch zur Färbung von Papier, Tinten, Stempelfarben u. a., nicht von Textilien angewendet. *Säurefarbstoffe*, zu denen hauptsächlich die Azofarbstoffe gehören, sind Salze organischer Farbsäuren (meist Sulfonsäuren), die in sauren Bädern tierische, jedoch nicht pflanzliche Faserstoffe färben. Ferner unterscheidet man z. B. noch → Direktfarbstoffe, → Schwefelfarbstoffe, → Entwicklungsfarbstoffe, → Küpenfarbstoffe, → Dispersionsfarbstoffe und Pigmentfarbstoffe (→ Pigmente).

Geschichtliches. Die Verwendung von pflanzlichen und tierischen F.n zur Textilfärberei geht bis in das klassische Altertum zurück. Diese natürlichen F. verloren an Bedeutung, als es gelang, synthetische F. herzustellen (Erzeugung von Anilin in größerem Maßstab als Ausgangsmaterial für F. durch F. F. Runge 1834, Fritzsche und Zinin 1841, von Mauvein durch W. H. Perkin 1856, von Fuchsin durch A. W. von Hofmann 1858). Diese Entdeckungen leiteten eine gewaltige Entwicklung der organischen Chemie ein. Darauf aufbauend entwickelte sich vor allem in Deutschland in enger Verbindung mit der wissenschaftlichen Forschung eine mächtige chemische Industrie, die von der Herstellung von Farbstoffen ausgehend auch Arzneimittel, Düngemittel, Sprengstoffe u. dgl. produzierte.

Lit. Gerstner: Das Verhalten der direktziehenden F. gegen tierische Fasern, Cellulose und Kunstspinnfasern (Berlin 1957); Schaeffer: Chemie der F. und deren Anwendung (Dresden u. Leipzig 1963); Schweizer: Künstliche organische F. und ihre Zwischenprodukte (Berlin 1964); Zänker u. Friedrich: Färberei-Chemie (5. Aufl. Leipzig 1951).

Farbtemperatur eines (nichtschwarzen) Strahlers, diejenige Temperatur eines schwarzen Körpers, bei der dieser dem normalen Auge in der gleichen Farbe erscheint wie der betreffende Strahler. Neben dieser durch das Auge beeinflußten Definition läßt sich eine physikalische F. definieren: Sie ist die Temperatur des schwarzen Körpers, bei der dessen Energieverteilungskurve (Energie in Abhängigkeit von der Wellenlänge, → Strahlungsgesetze) im sichtbaren Gebiet mit der des Strahlers zur Deckung gebracht werden kann. Die beiden Definitionen ergeben unter Umständen etwas verschiedene Werte. Die zweite Definition läßt sich streng nur auf graue Strahler anwenden.

	wahre Temperatur [°K]	schwarze Temperatur [°K]	Farbtemperatur [°K]
Eisen	2000	1820	2041
Platin	2000	1800	2083
Wolfram	2000	1857	2033

Die Messung der F. erfolgt mit dem Farbpyrometer (→ Pyrometer). Die praktische Bedeutung der Definition der F. und ihrer Messung liegt darin, daß für die meisten Temperaturstrahler die wahre Temperatur in der Nähe der F. liegt, während die schwarze Temperatur wesentlich niedriger ist.

Farbvalenzmetrik, svw. → Farbmetrik.

Farbwerte, → Farbmetrik.

Faschine, ein walzenförmiges Bündel aus grünen Laub- oder Nadelholzreisern, die mit geglühtem Draht zusammengeschnürt werden; es ist 0,2 bis 0,3 m stark und 2,5 bis 6 m lang. F.n werden für Packwerke, Buhnen und andere Uferwerke des

Faschine

Fluß- und Seebaues, zur Befestigung von Böschungen und zur Auskleidung von Entwässerungsgräben verwendet. (Abb.)

Fase, in der Fertigungstechnik die Fläche einer eben abgeschrägten Kante.

Faser, das einzelne längenbegrenzte Gebilde des → Textilfaserstoffes. Gegensatz: → Elementarfaden.

Fasermetallurgie, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Verfahren zur Verarbeitung von Metallfasern nach den Methoden der Pulvermetallurgie zu Werkstoffen, wobei auch Methoden der Papier- und Textiltechnik einbezogen werden. Metallfasern werden zur Herstellung von Metallfiltern verwendet, ferner zur Verbesserung der Eigenschaften anderer Werkstoffe, z. B. Wolframfasern durch Einlagern in Kupfer, Eisen oder Aluminium zur Erhöhung der Festigkeit. Eine besondere Form der Metallfasern sind die → Whisker.

Lit. Eisenkolb: Fortschritte der Pulvermetallurgie, Bd II (Berlin 1963).

Faseroptik, svw. → Fiberoptik.

Fassait, → Augite.

Fata morgana, eine → Luftspiegelung.

Faulgas, svw. → Biogas.

Faulschlamm, Sapropel, ein feinkörniges, graues bis tiefschwarzes, fett- und proteinreiches Sediment. Es entsteht in flachen Meeresbereichen oder stehenden Gewässern durch Anhäufung von abgestorbenen, unter Sauerstoffabschluß sich zersetzenden kleinsten Wassertieren und -pflanzen (Plankton), seltener von höheren Tieren, z. B. Fischen in stehenden Gewässern. F. erhärtet zu **Faulschlamm-** oder **Sapropelgesteinen,** z. B. zu Sapropelkohle (→ Kohle), mit Kalkbeimengungen zu bituminösem → Kalkstein, mit Tonbeimengungen zu → Ölschiefer, mit Mergelbeimengungen zu → Kupferschiefer. Bei der Destillation gibt F. brennbare Gase und Teer.

Fäustel, Schlägel, ein Doppelhammer, der früher vom Bergmann zusammen mit dem *Eisen,* einem Keil, zur Gewinnung verwendet wurde. F. und Eisen bilden, gekreuzt, das Symbol für Bergbau und Bergwerk.

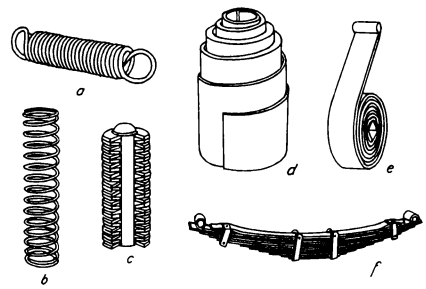
Fayalith, → Olivine.

Fayence *f,* ein keramisches Erzeugnis (Irdenware) mit unansehnlichem, grauem oder gelbem, nicht durchscheinendem, porösem Scherben, der von einer weißen, undurchsichtigen Blei-Zinn-Glasur überzogen ist. Als Ausgangsstoff für den Scherben dienen frühsinternde, kalkhaltige Tone. F. diente früher zur Herstellung von Geschirr, Platten und Ziergegenständen in oft künstlerischer Ausführung; sie ist heute fast nur noch in Form von Kacheln zu finden. Häufig wird sie mit der ihr ähnlichen Majolika verwechselt.

Fazies, die Gesamtheit der petrographischen und paläontologischen Merkmale einer Ablagerung, die von den physisch-geographischen und geologischen Verhältnissen des Abtragungs- und Ablagerungsgebietes bestimmt werden. In bezug auf das Ablagerungsgebiet unterscheidet man 1) **terrestrische F.** (kontinentale F. oder Landfazies): a) äolische (vom Wind bewirkt), b) glaziale (vom Eis bewirkt); 2) **limnische F.** (Süßwasserfazies): a) fluviatile (vom fließenden Wasser bewirkt), b) lakustrische (in Seen entstanden), c) lagunäre (in Lagunen entstanden); 3) **marine F.** (Meeresfazies): a) litorale F. oder Strandfazies, gekennzeichnet durch grobe, konglomeratische oder sandige Beschaffenheit, Schrägschichtung, Wellenfurchen, Kriechspuren, dickschalige Fossilien, mitunter auch durch riffbildende Kalke (Riff-Fazies); b) neritische oder Flachseefazies, gekennzeichnet durch sandige, gutgeschichtete Ablagerungen von feinerem Korn und dünnschaligere Fossilien; c) abyssische F. oder Tiefseefazies, gekennzeichnet durch sandig-tonige oder kalkige, wohlgeschichtete Ablagerungen mit Hochseeformen von Fossilien.

Fe, Symbol für → Eisen.

Feder, 1) Maschinenkunde: ein Maschinenelement. 1) Bei F.n, die sich bei Krafteinwirkung elastisch verformen, wird Arbeit gespeichert. Bei Entlastung kehrt die F. in die ursprüngliche Form zurück und gibt je nach Bauart und Verwendungszweck die gespeicherte Arbeit ganz oder teilweise wieder ab. Die F. wird verwendet als Arbeitsspeicher (in Spannwerken, z. B. Uhrwerk), als Stoßdämpfer (bei Fahrzeugen), als Schwingungsdämpfer (bei Maschinenfundamentierungen), zur Kraftmessung (Federwaage), zur Kraftbegrenzung (bei Sicherheitsventilen), zur Aufrechterhaltung einer kraftschlüssigen Verbindung u. a. Nach der Bauart unterscheidet man Schrauben-, Spiral-, Blatt-, Stab-, Kegel-, Teller- und Ringfedern, nach der Art der Belastung Zug-, Druck-, Dreh- oder Torsions- und Biegungsfedern.



a Schraubenzugfeder, *b* Schraubendruckfeder, *c* Tellerfeder (aufgeschnitten), *d* Kegelfeder, *e* Spiralfeder, *f* Blattfeder

F.n werden meist aus genormtem Federstahl, für Sonderzwecke auch aus Buntmetall, Holz, Gummi in Verbindung mit Metallstützkörpern und aus Kunststoffen hergestellt. Die **Schraubenfeder** besteht aus schraubenförmig gewundenem Stahldraht, dessen Querschnitt meist rund, seltener rechteckig oder quadratisch ist, und wird in den jeweiligen Ausführungsformen als Zug-, Druck- und Drehfeder verwendet. Die **Spiral-** oder **Triebwerksfeder** dient z. B. als Uhrwerksfeder, die **Blattfeder** zur Abfederung von Fahrzeugen aller Art. Die **Stabfeder** ist ein Stahlstab mit rundem, rechteckigem oder quadratischem Querschnitt und dient als Biege-, Zug- oder Drehfeder in Sonderfällen. Die **Kegelfeder,** eine kegelstumpfförmig gewundene Schraubenfeder aus Flachstahl mit rechteckigem Querschnitt, wird als Pufferfeder bei Schienenfahrzeugen verwendet. Die **Tellerfeder** besteht aus paarweise gegeneinandergelegten, auf einem Stab oder in einer Hülse geführten kegelstumpfförmigen Federtellern. Sie wird hauptsächlich dort verwendet, wo große Kräfte bei geringer Verformung aufgenommen werden sollen. Die **Ringfeder** ist aus Innen- und Außenringen aufgebaut, die auf Kegelflächen aneinanderliegen und bei Verformung aufeinander gleiten. Sie hat bei bester Werkstoffausnutzung ein großes Arbeitsaufnahmevermögen und gibt wegen der durch Reibung sowohl bei Be- als auch bei Entlastung in Wärme umgewandelten Arbeit nur einen Teil der aufgenommenen Energie wieder ab. Die Ringfeder ist daher als Pufferfeder für Schienenfahrzeuge und als Stoßdämpfer für Flugzeugfahrgestelle besonders geeignet.

2) Die **Paßfeder** nimmt durch → Formschluß ein anderes Maschinenelement bei einer Drehung bewegungsmäßig mit (Mitnehmerverbindung) oder erzwingt eine führende Gleitbewegung ohne Drehung (Führung auf gerader Bahn: Gerad-

führung) und wirkt damit als Gleitfeder. Im Gegensatz zum Keil hat die Paßfeder keinen Anzug, hat also parallele Begrenzungsflächen und nicht wie der Keil eine gerade und eine geneigte.

2) Holzbearbeitung: eine dünne, schmale Holzleiste zum Einlegen in die Nut bei einer Nut-Nut-Verbindung (Abb. → Holzverbindungen).

Federbein, die Zusammenfassung von Schraubenfeder und Teleskopstoßdämpfer in einem Bauteil. F.e werden bei Kraftfahrzeugen, besonders Motorrädern, Motorrollern und auch Mopeds, als Federelemente paarweise am schwingengeführten Hinterrad und Vorderrad angeordnet, ferner sind sie an den Fahrwerken von Flugzeugen zu finden. Vielfach kann bei den F.en durch Verdrehen eines Ringes die Federvorspannung in einfacher Weise geändert und die Federung der jeweiligen Belastung (Solo-, Sozius-, Seitenwagenbetrieb) angepaßt werden.

Federring, → Schraubensicherung.

Fehler, die beim Messen, Berechnen oder Beobachten einer Größe entstehende Abweichung von ihrem wahren bzw. wahrscheinlichsten Wert. Grundsätzlich muß zwischen systematischen und zufälligen F.n unterschieden werden. Während die *systematischen F.* auf einfache Ursachen zurückzuführen sind und sich meist beseitigen oder hinreichend genau berücksichtigen lassen, treten die *zufälligen F.* unregelmäßig auf, sind aber bestimmten Gesetzen unterworfen und bilden den eigentlichen Gegenstand der **Fehlerrechnung.**

Als **absoluten F.** bezeichnet man die Differenz zwischen wahrem Wert und gemessenem Wert, als **relativen F.** das Verhältnis von absolutem F. zum wahren Wert (in Prozenten). Der absolute F. charakterisiert nicht die Genauigkeit der Messung oder Berechnung, auf die es in der Praxis vor allem ankommt. So spielt z. B. eine Abweichung von 1 cm bei der Bestimmung der Länge eines Zimmers keine Rolle, ist also praktisch zulässig, während sie bei der Bestimmung des Abstandes zweier nahe beieinander gelegener Gegenstände eine große Ungenauigkeit der Messung bedeuten kann. Geeigneter zur Beurteilung der Genauigkeit eines Resultats ist der relative F. Die Angabe des relativen F.s ermöglicht es, Näherungswerte für verschiedene Größen bezüglich ihrer Genauigkeit miteinander zu vergleichen.

Wichtig für die Fehlerabschätzung ist das **Fehlerfortpflanzungsgesetz:** Bei der Berechnung einer Größe y aus einer Gleichung $y = f(x)$ zieht ein (absoluter) F. Δx bei der Bestimmung der Größe x eine Abweichung Δy nach sich, die man für kleine Werte von Δx näherungsweise durch das Differential dy ersetzen kann (→ Differentialrechnung): $\Delta y \approx dy = f(x)\,dx$. Der relative F. bei der Berechnung der Größe y ist dann $\frac{\Delta y}{y} \approx \frac{dy}{y}$. Beispiel: Es soll die Fläche A eines Kreises vom Radius r berechnet werden. Der relative F. bei der Bestimmung des Radius ist $\frac{dr}{r}$ (z. B. 1 %). Dann ist wegen $A = r^2 \cdot \pi$ und $dA = 2\pi r\,dr$ der relative F. bei der Bestimmung der Kreisfläche $\frac{dA}{A} = \frac{2\pi r\,dr}{\pi r^2} = 2\frac{dr}{r}$ (= 2 %).

Aus der Theorie der Fehlerfortpflanzung ergibt sich z. B.: Der relative F. eines Produkts ist gleich der Summe der relativen F. der einzelnen Faktoren, der eines Quotienten gleich der Summe der relativen F. von Zähler und Nenner.

Eine Aussage über die Verteilungsdichte der Wahrscheinlichkeit $\varphi(x)$ des zufälligen F.s x liefert das **Gaußsche Fehlerverteilungsgesetz:**

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}.$$

Dabei bedeutet σ die mittlere quadratische Abweichung vom arithmetischen Mittel bzw. σ^2 die Streuung des Fehlers x (→ Ausgleichsrechnung). Die der Funktion $\varphi(x)$ entsprechende Kurve, die *Gaußsche Verteilungskurve*, ist glockenförmig (*Glockenkurve*) und symmetrisch. Sie nähert sich für $x \to \pm\infty$ asymptotisch der x-Achse.

Den F. vom Betrag $0{,}674\,\sigma$ nennt man den **wahrscheinlichen F.** Liegt ein Meßwert im Intervall $\pm 3\,\sigma$ um den erwarteten Wert, so sagt man, er liegt innerhalb der Fehlergrenzen. In diesem Intervall liegen (bei Gültigkeit des Gaußschen Fehlergesetzes) 99,7 % aller Einzelwerte.

Die **Fehlertheorie** ist ein Teilgebiet der Mathematik, das die Theorie der Beobachtungsfehler zum Gegenstand hat. Sie umfaßt die Methoden zum Erfassen und Beseitigen von (zufälligen) F.n, die bei Meßergebnissen auftreten. Die Fehlertheorie wurde von Gauß begründet und ist von besonderer Bedeutung für alle messenden Wissenschaften.

Fehlerortsbestimmung, in der Nachrichtentechnik die Bestimmung der Lage eines Fehlers in Leitungen (Kabel oder Freileitungen). An Fehlern treten auf: Unterbrechung von Adern, Kurzschluß von Adern, Erdschlüsse oder Übergangswiderstände. Man verwendet zur Bestimmung der Entfernung des Fehlerortes meist Brückenschaltungen. In vielen Fällen ist eine F. mit Hilfe von Impulsen möglich. Die vom Meßort ausgesendeten Impulse werden an der Fehlerstelle reflektiert. Aus der Laufzeit (Zeit zwischen Senden und Empfang des reflektierten Impulses) läßt sich die Lage der Fehlerstelle berechnen; die Form des reflektierten Impulses im Vergleich zum gesendeten sagt unter Umständen etwas aus über die Art des Fehlers. Beschädigungen des Kabelmantels ermittelt man durch Einpressen von Druckluft ins Kabel. In bestimmten Entfernungen sind elektrische Fernmanometer in das Kabel eingebaut, deren Meßwerte in der Zentrale angezeigt werden. Ist eine Leitung undicht, ergibt sich in der Nähe der Leckstelle ein besonders starkes Druckgefälle, so daß die Manometer unterschiedliche Werte anzeigen.

Fehlingsche Lösung, eine ein komplexes Kupfertartrat enthaltende Lösung, die aus Kupfer(II)-sulfat, Kaliumnatriumtartrat (Seignettesalz) und Natronlauge hergestellt wird. Sie dient zum Nachweis von reduzierend wirkenden Stoffen, bei deren Anwesenheit rotes Kupfer(I)-oxid ausgefällt wird. Große Bedeutung hat die F. L. zum Nachweis des Zuckers im Harn bei der Zuckerkrankheit.

Fehlordnung, die Abweichung von der idealen Anordnung der Bausteine im Kristallgitter. Man unterscheidet zwischen 1) **nulldimensionalen F.en,** die dadurch gekennzeichnet sind, daß im Kristallgitter entweder Plätze unbesetzt (*Leerstellen*) oder zusätzlich Bausteine in Gitterlücken untergebracht (*Zwischengitterplätze*) sind; 2) **eindimensionalen F.en,** wie sie die Versetzungen darstellen; 3) **zweidimensionaler F.,** wie sie aus Stapelfehlern beim schichtenweisen Aufbau des Kristallgitters resultiert, und 4) **dreidimensionaler F.,** wie sie die Mosaikstruktur darstellt. Die F. ist maßgeblich für alle mit Platzwechselvorgängen zusammenhängenden physikalischen Eigenschaften, z. B. elektrische Leitfähigkeit und Festigkeitseigenschaften.

Feilen, ein Fertigungsverfahren zum Abtrennen einer Werkstückschicht. Es erfolgt durch Spanen mit einem mehrschneidigen, nicht ständig im Eingriff stehenden Werkzeug, der **Feile,** die eine geradlinige Schnittbewegung ausführt. Die einzelnen Zähne der Feile werden durch Meißeln (Hauen) oder Fräsen hergestellt. Gefräste Feilen verwendet man besonders für Leichtmetall, ihre Zähne können gerade oder bogenförmig sein. Die Zahnreihen der Feile werden unter einem

Winkel (Hiebwinkel) zur Feilenlängsachse geneigt, weil schräge Zähne besser schneiden als gerade und die Feilspäne so besser abgeführt werden. Außer einhiebigen gibt es auch Doppel- oder Kreuzhiebfeilen mit einem Unter- oder Grundhieb und einem quer dazu stehenden Oberhieb. Die Feilen werden nach dem Querschnitt bezeichnet. Feilen zum Schruppen haben großen Hieb, Schlichtfeilen feinen Hieb. Eine Sonderform stellt die **Raspel** dar. Sie hat grobe, reißende Zähne und wird besonders zum Bearbeiten von Holz, Isolierstoffen, Horn u. a. verwendet.

Das F. kann auch mit **Feilmaschinen** erfolgen, die mit rotierenden Feilen arbeiten. Diese Feilen können auch in schnell umlaufende Elektrowerkzeuge, z. B. Handbohrmaschinen, eingesetzt werden.

Lit. Rabe u. Lerche: Schleifen – F. – Sägen (6. Aufl. Leipzig 1952).

Feinbearbeitung, früher **Feinstbearbeitung,** in der Fertigungstechnik jede Art spanender, abtragender oder umformender Bearbeitung eines Werkstückes. Ihr Ziel ist eine Verbesserung von Form, Maß und Oberfläche in einem solchen Grade, daß die Oberfläche derjenigen eines Rundwerkstückes entspricht, das die ISA-Qualität 7 oder eine feinere Qualität aufweist.

Lit. Sokolowski: Präzision in der Metallbearbeitung (dtsch Berlin 1955).

Feinen, bei der Stahlherstellung im Elektrolichtbogenofen (→ Elektroofen) der dem Frischen folgende Grundprozeß. Beim F. wird der Schwefelgehalt (Entschwefelung) und der Sauerstoffgehalt (→ Desoxydation) durch Bildung reagierender **Feinungsschlacke** aus Kalk, Flußspat, Koks u. a. gesenkt und die Schmelze auf die gewünschte chemische Zusammensetzung (Legieren) eingestellt.

Feingehalt, Feinheit, Feine, Korn, Bezeichnung für das Verhältnis zwischen Edel- und Zusatzmetall in Edelmetallegierungen. Seit 1888 wird der F. einer Legierung durch gesetzliche Bestimmung in Tausendteilen ausgedrückt, z. B. enthält Au 333 333 Teile Gold und 667 Teile Zusatzmetalle. Früher wurde der F. bei Goldlegierungen auf 24 Karat, bei Silberlegierungen auf 16 Lot bezogen. Die Angabe des F.s nach TGL lautet für eine Silberlegierung mit 90 % Silbergehalt Ag 900 (TGL 4315), für eine Goldlegierung mit 75 % Goldgehalt Gold Au 750 (TGL 4317). Standardisierte F.e sind bei Silberlegierungen Ag 925 (14,8 Lot), Ag 900 (14,4 Lot), Ag 835 (13,35 Lot), Ag 800 (12,8 Lot), bei Goldlegierungen Au 900 (21,6 Karat), Au 750 (18 Karat), Au 585 (14 Karat), Au 500 (12 Karat), Au 333 (8 Karat). Für Platinlegierungen ist keine Angabe des F.s vorgeschrieben.

Feinheit, in der Textilindustrie eine Verhältniszahl für die Beziehung von Masse und Länge von Fasern, Elementarfäden, Erzeugnissen der Spinnereivorbereitung (Vlies, Faserband), Fäden, Tauwerk u. ä. F. im Nm-System (bisher metrische Nummer) ist der Quotient aus Länge in Meter und Masse in Gramm. Früher waren auch englische Feinheitssysteme (englische Nummer, Kurzz. Ne) üblich. Für Naturseide, Chemiefaserstoffe und Chemieseide wird neben der F. im Nm-System die F. im Denier-System (internationaler Titer, Kurzz. Td) als Quotient aus der Masse in 0,05 g (= 1 Denier, Kurzz. den) und der Länge von 450 m verwendet. Bei Wollfasern und Haaren sowie bei Glasfaserstoffen kann die F. auch durch den Durchmesser der Fasern und Elementarfäden in μm (Mikrometer = $^1/_{1000}$ mm) bezeichnet werden.

Seit 1958 wird zum Kennzeichnen der F. stufenweise das internationale → Tex-System eingeführt, das nach seiner Haupteinheit tex benannt ist.

Lit. TGL 0-60900, TGL 12766.

Feinmechanik, ein Zweig der Technik. Die F. befaßt sich mit der Herstellung von Geräten hoher mechanischer Präzision, wie Uhren, optischen Instrumenten, Zähl- und Meßapparaten, Rechenmaschinen u. a. Da sich die Präzisions-Herstellung vorwiegend auch bei elektrischen Geräten erforderlich macht, hat man in neuerer Zeit den umfassenderen Begriff → Feinwerktechnik geprägt.

Feinmeßtechnik, → Meßtechnik.

Feinstbearbeitung, veraltet für → Feinbearbeitung.

Feinstruktur, in der Atomphysik die Aufspaltung der Spektrallinien von Atomen in mehrere Gruppen (*Multipletts*) infolge der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen den Bahndrehimpulsen der Hüllenelektronen und ihren Spins. Die **Bandenfeinstruktur** der Bandenspektren von Molekülen entsteht durch Zusammenwirken eines Elektronensprungs in der Molekülhülle mit Änderungen des Rotations- und des Schwingungszustandes des Gesamtmoleküls. Die **Feinstrukturlinien** sind im allgemeinen infolge der elektromagnetischen Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Moment der Hüllenelektronen und dem Kern oder infolge von Isotopieeffekten in geringem Maße weiter aufgespalten, man spricht dann von **Hyperfeinstruktur.** Diese Isotopenverschiebung ist bei leichten Atomen vor allem durch die unterschiedlich starke Mitbewegung der verschiedenen isotopen Kerne der betreffenden Atomsorte bedingt, bei schweren Atomen hingegen durch den Einfluß des Kernfeldes, d. h. durch das Vorhandensein der bei den einzelnen Isotopen verschieden starken Kernkräfte neben den elektrischen Kräften. Als **Mikrofeinstruktur** bezeichnet man die äußerst geringe Aufspaltung einiger Spektrallinien von Wasserstoffatomen, die erst durch die moderne Mikrowellenspektroskopie entdeckt worden ist. Sie läßt sich nur durch die Quantentheorie der Wellenfelder erklären.

Feinstrukturkonstante, Zeichen α, eine dimensionslose Konstante, die von Sommerfeld bei der relativistischen Behandlung der Feinstruktur von Spektrallinien eingeführt wurde. $\alpha = \frac{2\pi e^2}{hc} \approx \frac{1}{137}$, wobei e = Elementarladung, h = Planckssches Wirkungsquantum, c = Lichtgeschwindigkeit. Die Größen sind im Gaußschen Maßsystem anzugeben.

Feinwerktechnik, ein Zweig der Technik. Die F. befaßt sich mit der Herstellung von mechanischen, optischen und elektromechanischen Feingeräten und Instrumenten hoher Präzision und geringer Abmessungen, wie physikalischen Meßinstrumenten, Uhren, photographischen und kinematographischen Kameras, Mikroskopen, Büromaschinen, Tonbandgeräten, Relais u. a. Für die Erzeugnisse der F. werden weitgehend Leichtmetalle, Blech- und Druckgußkonstruktionen sowie Plaste verwendet.

Lit. Eyermann u. Reutebuch: Chemisch-technisches Rezept- und Nachschlagebuch für Uhrmacher, Optiker, Feinwerkgestalter und metallverarbeitende Feingeräteindustrien (3. Aufl. Halle 1952); Hildebrand: Feinmechanische Bauelemente (Berlin 1967); Hoerisch u. Herrnsdorf: F., mathematische Anleitungen zu Fachaufgaben der F. (Mühlhausen 1951); Richter u. Voß: Bauelemente der Feinmechanik (8. Aufl. Berlin 1959); Wagner u. Irmer: Fachrechnen Feinmechaniker, Tl 1 (2. Aufl. Berlin 1954); Ztschr.: Feingerätetechnik (Berlin); Neue Technik im Büro (Berlin); Uhren u. Schmuck (Berlin).

Feinzeiger, ein Gerät zur vergrößerten Wiedergabe kleiner Maßunterschiede. F. arbeiten mechanisch, mechanisch-optisch, mechanisch-elektrisch oder pneumatisch. Der gebräuchlichste Skalenwert ist 1 μm, der Anzeigebereich 60 bis 200 μm. F. sind geeignet für Unterschiedsmessungen an Prüflingen, deren Herstellungstoleranz kleiner als 10 μm ist. Sie werden zur laufen-

den Kontrolle in der Massenfertigung, zum Messen während der Bearbeitung und zur Steuerung von Werkzeugmaschinen verwendet (kontaktgebende F.).

Feld, ein Gebiet in einem leeren oder stofferfüllten Raum, in dem jedem Punkt ein bestimmter Wert einer physikalischen Größe zugeordnet ist (z. B. Temperatur im Temperaturfeld; elektrische Feldstärke im elektrischen Feld; Kraft im Kraftfeld). Nach der mathematischen Natur der physikalischen Größe unterscheidet man folgende Feldtypen:

1) **Skalarfeld,** z. B. Temperaturfeld oder Dichtefeld; die zugehörige Größe (Temperatur, Dichte) ist nur durch ihren Betrag gekennzeichnet, sie ist also ein Skalar, d. h. eine reine Zahl.

2) **Vektorfeld,** z. B. → elektrisches Feld, → Magnetfeld, Gravitationsfeld (Schwerefeld), Geschwindigkeitsfeld einer Flüssigkeitsströmung; die zugehörige Größe (elektrische, magnetische oder Gravitationsfeldstärke, Strömungsgeschwindigkeit) ist ein Vektor, d. h. durch Betrag und Richtung festgelegt.

3) **Tensorfeld,** z. B. Spannungsfeld in einem elastisch deformierten Körper; die zugehörige Größe (elastische Spannung) ist ein Tensor (Spannungstensor), durch sie wird in jedem Raumpunkt einem Vektor ein zweiter Vektor zugeordnet.

Besondere Bedeutung haben die Vektorfelder. Zu ihrer Darstellung dienen *Feldlinien*, das sind Linien, deren Tangenten in beliebigen Punkten die gleiche Richtung haben wie die darzustellenden Feldvektoren. Die Feldlinien des Kraftfeldes werden auch Kraftlinien genannt. Bei den Vektorfeldern unterscheidet man **Quellenfelder,** deren Feldlinien von einzelnen Punkten (Quellen) ausgehen und in anderen Punkten (Senken) enden (z. B. die Stromlinien einer Flüssigkeitsströmung mit Quelle und Senke), und **Wirbelfelder,** deren Feldlinien geschlossene Linien bilden (z. B. die Stromlinien eines Wasserwirbels). Quellenfelder werden auch als wirbelfreie F.er und Wirbelfelder als quellenfreie F.er bezeichnet. Im allgemeinen kann ein Vektorfeld sowohl Quellen als auch Wirbel haben (z. B. Strömung in einem Fluß mit Stromschnellen). Als Hilfsgröße zur Beschreibung wirbelfreier F.er wird das *Potential* eingeführt. Das Potential eines Raumpunktes ist definiert als das Wegintegral der Feldvektoren zwischen einem Bezugspunkt (im allgemeinen ein unendlich ferner Punkt) und dem betrachteten Raumpunkt. Bei wirbelfreien F.ern erweist sich diese Größe als unabhängig von dem Integrationsweg, der zwischen den beiden Punkten gewählt wurde, und kann daher zur eindeutigen Beschreibung des F.es dienen. Betrag und Richtung des Feldvektors in einem Raumpunkt ergeben sich dabei aus Betrag und Richtung des größten Potentialgefälles in dem betrachteten Punkt. Sofern es sich bei dem wirbelfreien F. um ein Kraftfeld handelt (z. B. um das Feld der Kräfte, die auf einen massebehafteten Probekörper im Schwerefeld wirken), stellt das Potential die Arbeit dar, die nötig ist, um den Probekörper gegen die Feldkräfte zwischen dem Bezugspunkt und dem betrachteten Raumpunkt zu verschieben. Das Potential ist dementsprechend kein Vektor, sondern ein Skalar.

Bei der Berechnung von quellenfreien F.ern bringt in bestimmten Fällen (z. B. bei der Berechnung von Magnetfeldern) die Einführung eines Vektorpotentials Vorteile, das zum skalaren Feld analoge Differentialgleichungen liefert.

Physikalisch hat man zwei verschiedene Bedeutungen des Feldbegriffs zu unterscheiden. In der ersten Bedeutung ist das F. nur ein Hilfsbegriff zur mathematischen Beschreibung der physikalischen Vorgänge in einem System von Einzelteilchen bzw. in einem Kontinuum. Beispielsweise gibt das Geschwindigkeitsfeld einer strömenden Flüssigkeit die Ortsabhängigkeit der Geschwindigkeit an. Prinzipiell könnte man jedoch diese Funktion durch die Angabe der Geschwindigkeit jedes Flüssigkeitsteilchens ersetzen. Weitere F.er dieser Art sind das Dichtefeld und das Temperaturfeld in einem Gas, die sich prinzipiell durch Aussagen über Lage und Bewegungsenergie der einzelnen Gasteilchen ersetzen ließen.

In der zweiten Bedeutung ist das F. auf Grund seiner Speicherfähigkeit für Energie nicht nur ein mathematischer Hilfsbegriff, sondern existiert als objektive Realität und stellt ebenso wie Masse oder Ladung eine Erscheinungsform der Materie dar. Dazu gehören das elektrische, das magnetische und das Gravitationsfeld. Ursprünglich wurden auch diese F.er nur als mathematische Hilfsbegriffe zur leichteren Beschreibung besonders der elektrischen und magnetischen Kräfte verwendet. Nur die Ladungen oder Pole, die ebenso wie schwere Massen aufeinander in die Ferne wirken sollten (*Fernwirkungstheorie*), sah man als das eigentlich physikalisch Wirkliche an. Durch die Entdeckung Faradays um 1840 und die anschließende Theorie Maxwells (1865) wurde aber die Physik gezwungen, eine Vermittlung der elektrischen und magnetischen Kräfte durch ein Medium im dazwischenliegenden Raum anzunehmen, die Fernwirkung also grundsätzlich durch eine Nahewirkung zu ersetzen (*Nahewirkungstheorie*). Damit erlangten die F.er selbst physikalische Wirklichkeit. Die Nahewirkungstheorie wurde durch die Versuche von H. Hertz (1887) mit der Entdeckung der elektromagnetischen Wellen experimentell als richtig bestätigt.

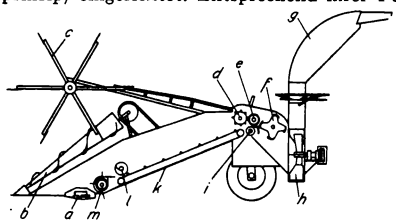
Nach den Erfolgen der Nahewirkungstheorie mußte die Frage auftauchen, ob nicht die F.er das allein Wesentliche und die Teilchen, z. B. Elektronen, Protonen, bloße „Feldknoten" sind, d. h. Stellen besonders großer Feldliniendichte. Danach wäre der Feldbegriff der allumfassende Grundbegriff der Physik, und Masse oder Ladung wären nur besondere Erscheinungsformen eines F.es. Bisher ist jedoch eine befriedigende theoretische Vereinigung der Begriffe Feld und Teilchen noch nicht gelungen.

Feldelektronenmikroskop, Spitzenübermikroskop, ein als linsenloses → Emissionsmikroskop ausgeführtes Elektronenmikroskop. In der Mitte eines kugelförmigen, außerordentlich gut evakuierten Glaskolbens ist ein zu einer feinsten Spitze ausgezogener Wolframdraht angebracht. Zwischen ihm als Katode und der mit Leuchtstoff belegten Glaswand als Anode wird eine elektrische Spannung von einigen kV (Kilovolt) gelegt. Auf Grund der an der Spitze vorhandenen außerordentlich hohen elektrischen Feldstärke treten dort Elektronen oder bei umgekehrter Polung Ionen (**Feldionenmikroskop**) aus, auch ohne die sonst übliche Heizung der Katode: Feldemission (→ Austrittsarbeit). Die Elektronen werden in Richtung des Feldes beschleunigt und gehen praktisch radial nach der Wandung. Die Spitze hat auf Grund ihrer Kristallstruktur an verschiedenen Punkten eine verschiedene Emission; diese bildet sich in einer dem Verhältnis der Radien von Drahtspitze zu Glaskolben entsprechenden Vergrößerung (1:100000 und mehr) auf dem Leuchtschirm ab. Auf die Spitze des Wolframdrahtes kann man andere Substanzen aufdampfen, die die Emissionsfähigkeit der Katode ebenfalls beeinflussen; so kann man große Moleküle sehen, z. B. Kupferphthalozyanin als vierblättriges Kleeblatt.

Feldhäcksler, ein Erntebergungsgerät, das als **Aufnahmehäcksler (Aufsammelhäcksler)** gemähte Halmfrüchte (Feldfutter, Getreide) und auch Blattgut aus dem Schwad aufnimmt und häckselt, als **Mähhäcksler** mäht und häckselt. Das gehäckselte Gut wird im gleichen Arbeits-

gang in einen angehängten oder nebenherfahrenden Wagen befördert.

F. sind meist als traktorgezogene Anhängemaschinen mit Antrieb vom Traktormotor mittels Zapfwelle, aber auch als selbstfahrende Maschinen oder als Anbaumaschinen (Seitenwagenprinzip) eingerichtet. Entsprechend ihrer Funk-



Schematische Darstellung eines Feldhäckslers. *a* Mähwerk, *b* Halmteiler, *c* Haspel, *d* Vorpreßwalze, *e* und *i* Preßwalzen, *f* Häckseltrommel, *g* Auswurfbogen, *h* Wurfgebläse, *k* Fördertuch, *l* Förderschnecke, *m* Aufnahmevorrichtung

tion unterscheidet man folgende Hauptbestandteile: 1) beim Aufnahmehäcksler die *Schwadaufnahmevorrichtung* zum Aufnehmen des Gutes aus dem Schwad, beim Mähhäcksler das → *Mähwerk* und die → *Haspel*, die den Fluß des Gutes unterstützt. Meist können Aufnahmevorrichtung und Mähwerk ausgetauscht werden; 2) die *Zuführungsvorrichtung*, die das Gut der Häckselvorrichtung zuführt, meistens bestehend aus einem Förderband; 3) die *Häckselvorrichtung*, die verschiedenartig ausgebildet sein kann, im Prinzip aber wie eine → Häckselmaschine arbeitet; 4) die *Fördereinrichtung* zum angehängten oder nebenherfahrenden Wagen, meistens bestehend aus einem → Gebläse, aber auch aus mechanischen Fördereinrichtungen. Häcksel- und Fördereinrichtung können auch kombiniert sein, die Häckseltrommel übernimmt dabei auch die Förderung des Häckselgutes (*Häckselwurftrommel*). Die Auswurfeinrichtung ist verstellbar, damit der gesamte Wagen gleichmäßig beladen werden kann.

Feldionenmikroskop, → Feldelektronenmikroskop.

Feldkonstanten, charakteristische Konstanten des → elektrischen Feldes und des → Magnetfeldes. Die **elektrische Feldkonstante** ist die (absolute) Dielektrizitätskonstante des Vakuums ε_0 (→ elektrische Verschiebung), auch **Verschiebungs-** oder **Influenzkonstante** genannt. Sie verknüpft die elektrische Feldstärke E und die elektrische Verschiebungsdichte D im Vakuum: $D = \varepsilon_0 E$. Die **magnetische Feldkonstante** ist die (absolute) Permeabilität des Vakuums μ_0, auch **Induktionskonstante** genannt. Diese verknüpft entsprechend die magnetische Feldstärke H und die magnetische Flußdichte B im Vakuum: $B = \mu_0 H$. Es gilt stets $\varepsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c_0^2}$, wobei c_0 die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist. Die Zahlenwerte und Dimensionen der F. sind von dem gewählten Maßsystem abhängig. Im Internationalen Einheitensystem (SI) ist $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{\mathrm{F}}{\mathrm{m}}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\mathrm{H}}{\mathrm{m}}$ (F = Farad, H = Henry).

Feldkurve, Bezeichnung für die Abhängigkeit der Induktion im Luftspalt zwischen Ständer und Läufer einer → elektrischen Maschine von einer Koordinate, die im Luftspalt in Umfangsrichtung verläuft.

Feldlinien, → Feld.

Feldspäte, die wichtigste Mineralgruppe, mit fast 60% am Aufbau der Erdkruste beteiligt; monoklin und triklin, farblos, grau und rötlich, Härte nach Mohs 6 bis 6,5, D. etwa 2,4 bis 2,8 g cm^{-3}. Die F. sind Alumosilikate und stellen ein umfangreiches Mischkristallsystem von Kali-, Natron- und Kalkfeldspäten dar. Zu den wichtigsten F.n gehören: 1) **Kalifeldspat,** $K[AlSi_3O_8]$, mit den Unterarten **Orthoklas,** wesentlichster Bestandteil von Granit, Gneis und Syenit, monoklin, undurchsichtig, trübe und rötlich bis weiß gefärbt; **Sanidin,** monoklin, farblos, glasig; **Adular,** der reinste Kalifeldspat, farblos klar, bei milchiger Trübung hat er einen bläulichweißen Lichtschein und wird unter dem Namen *Mondstein* als Schmuckstein verwendet; **Mikroklin,** triklin, undurchsichtig, hell- bis tiefgrün gefärbt wird er als Schmuckstein verwendet und mit *Amazonit* bezeichnet. 2) Trikliner **Natronfeldspat, Albit,** $Na[AlSi_3O_8]$. 3) Trikliner **Kalkfeldspat, Anorthit,** $Ca[Al_2Si_2O_8]$. Natron- und Kalkfeldspat sind die Endglieder einer Mischkristallreihe, der **Plagioklase.** Ihre Zwischenglieder mit zunehmendem Anorthitgehalt sind **Oligoklas, Andesin, Labrador, Bytownit.** Bei den Plagioklasen ist die Mischbarkeit unbeschränkt, zwischen dem Kali- und Natronfeldspat beschränkt. Ein Beispiel eines Mischkristalls aus diesem System ist der **Natronorthoklas** (K, Na) $[AlSi_3O_8]$.

F. kommen in den meisten magmatischen und metamorphen Gesteinen vor; sie verwittern in unserem Klima zu Kaolin, im tropischen Wechselklima zu Laterit und Bauxit. Ihre Verwitterung ist bedeutungsvoll für die bodenbildenden Vorgänge und schafft Nährstoffe für die Vegetation. Die großen Kalifeldspäte der Pegmatite werden zur Porzellanherstellung und zu Glasuren verwendet.

Feldspatvertreter, Feldspatoide, Foide, gesteinsbildende, meist weiße Minerale mit Glasglanz. Sie entstehen aus magmatischen Schmelzen, deren Kieselsäuregehalt nicht ausreicht, um Feldspäte zu bilden. Die wichtigsten F. sind 1) **Leuzit,** $K[AlSi_2O_6]$, kubische Hoch- und tetragonale Tieftemperaturmodifikation, weiß bis grau, Härte nach Mohs 5,5 bis 6, D. 2,5 g cm^{-3}; als idiomorphe Einsprenglinge in kalireichen Ergußgesteinen (z. B. im Leuzitphonolith), in Laven des Vesuvs, wo sie für Düngemittel- und Alaunherstellung abgebaut werden. 2) **Nephelin,** $KNa_3[AlSiO_4]_4$, hexagonal, weiß bis grau, Härte nach Mohs 5,5 bis 6, D. 2,60 bis 2,65 g cm^{-3}; häufig in jüngeren Ergußgesteinen der Natronreihe (Phonolithe), verwittert leicht zu Zeolithen. 3) Zu den F.n zählen noch die Sodalithgruppe, kubisch, mit **Sodalith, Nosean, Hauyn, Lasurit** (Lapislazuli-Schmuckstein); die Skapolithgruppe, tetragonal, als Kontaktmineralien und in Ergußgesteinen; die Melilithgruppe, tetragonal, als Gemengteil basischer Ergußgesteine.

Feldstärke, → elektrisches Feld, → magnetische Feldstärke.

Feldstecher, ein → Fernrohr.

Feldtheorie, → einheitliche Feldtheorie.

Feldwaage, magnetische F., ein Magnetometer, das zum Messen der vertikalen oder horizontalen Komponente des Erdmagnetismus direkt auf der festen Erdoberfläche verwendet wird. Die F. besteht im wesentlichen aus einem Magnetsystem, das auf einer Schneide drehbar gelagert oder an Torsionsfäden bzw. -bändern aufgehängt ist (**magnetische Bandwaage**).

Feldwärtsbau, svw. → Vorwärtsbau.

Felge, der Teil des Rades, der die Bereifung trägt. Die F. für Luftbereifung besteht aus dem **Felgenbett,** der **Felgenschulter** und dem **Felgenhorn** und wird nach der Querschnittsform des Felgenbettes eingeteilt in Tiefbett- und Flachbettfelge.

Bei der **Tiefbettfelge** kann man bei der Reifenmontage die Reifenwulst an einer Stelle in das Tiefbett eindrücken, dann am restlichen Umfang nach und nach über das Felgenhorn heben und anschließend auf die Felgenschulter aufdrücken.

Da diese Form der Montage eine gewisse Geschmeidigkeit der Reifenwülste verlangt, sind Tiefbettfelgen nur für kleinere Reifendimensionen (bis PKW- und leichte LKW-Reifen) gebräuchlich. Für größere Reifen wird die **Flachbettfelge** verwendet, die entweder geteilt ausgeführt wird oder bei der zur Reifenmontage ein Felgenhorn abnehmbar sein muß. Der Reifen kann dann von der Seite aufgeschoben werden. Die Flachbettfelgen können als **Schrägschulterfelgen** ausgeführt sein, deren Schultern im Querschnitt eine Neigung von 5° aufweisen. Durch den Luftdruck wird die Reifenwulst auf die schräge Felgenschulter aufgepreßt und dadurch der Kraftschluß zwischen Felge und Reifen vergrößert. Schrägschulterfelgen sind deshalb vor allem bei hochbelasteten Reifen gebräuchlich.

Jede F. ist mit einer Felgenbezeichnung versehen, die die Maulweite in Zoll, den Kennbuchstaben für die Form des Felgenhornes, das Zeichen für Tiefbettfelge (×) oder Flachbettfelge (—) und den Felgendurchmesser in Zoll (1 Zoll = 25,4 mm) enthält. Zum Beispiel bedeutet die Bezeichnung 4,50 E × 16 eine Tiefbettfelge mit einer Maulweite von 4,50 Zoll, der Felgenhornform E und einem Durchmesser von 16 Zoll.

Femto, Kurzz. f, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^{-15} (Billiardstel), z. B. **Femtometer,** Kurzz. fm, = 10^{-15} m.

Fermatscher Satz, ein von dem französischen Mathematiker Fermat aufgestellter Lehrsatz. Der **(große) Fermatsche S.** besagt, daß die Gleichung $a^m + b^m = c^m$ in ganzen Zahlen a, b, c für ganzzahlige Exponenten $m > 2$ nicht lösbar ist. Ein allgemeiner Beweis für diesen Satz konnte bis heute noch nicht erbracht werden.

Fermatsches Prinzip, → Refraktion.

Fermente, Enzyme, von der lebenden Zelle erzeugte Wirkstoffe, die sämtliche chemischen Umsetzungen im Organismus katalysieren, d. h. sie bestimmen und beschleunigen Richtung und Geschwindigkeit der biologischen Vorgänge. Die von einem Ferment umgesetzten Stoffe werden als Substrate bezeichnet.

Struktur und Wirkungsweise. Alle bisher bekannten F. besitzen die chemische Struktur von Proteinen (reine Eiweißstoffe) oder Proteiden. Die Proteide enthalten noch eine Nichteiweißkomponente, die prosthetische Gruppe, die auch *Koferment* oder *Agon* genannt wird. Die Eiweißkomponente, auch als *Apoferment* oder *Pheron* bezeichnet, bildet zusammen mit dem Koferment das *Holoferment* oder *Symplex*, das eigentliche wirksame Ferment. Als Kofermente fungieren z. B. ein großer Teil von Vitaminen und einige Hämine. Die meisten Kofermente enthalten noch zusätzlich Phosphorsäure. Das Apoferment bedingt die Substratspezifität, d. h., es bestimmt, welches Substrat umgesetzt wird. Daneben entscheidet das Apoferment auch in vielen Fällen über die Richtung der Reaktion.

Die meisten F. sind nur in einem bestimmten *p*H-Bereich, dem *p*H-Optimum, katalytisch wirksam, der gewöhnlich im neutralen oder schwach sauren Gebiet liegt. Temperaturen über 40 bis 50 °C schädigen die F. irreversibel. Viele Fermente sind nur in Anwesenheit von Aktivatoren (z. B. Cl^--, Mg^{2+}-, Mn^{2+}-, Zn^{2+}- und Co^{2+}-Ionen) wirksam. Andererseits können Hemmstoffe (Inhibitoren) die Wirkung der F. für immer (irreversible Hemmung) oder auch nur vorübergehend (reversible Hemmung) aufheben. Unter kompetitiver (konkurrierender) Hemmung versteht man die Blockierung der Substratbindungsstelle durch ein anderes organisches Molekül, wodurch die Wirksamkeit des Ferments verloren geht.

Einteilung. Man unterscheidet 6 Hauptklassen: 1) **Oxydoreduktasen** übertragen Wasserstoff und Elektronen nach dem Schema $AH_2 + B \rightleftarrows A + BH_2$. Hierzu gehören die Dehydrogenasen, Oxydasen, Peroxydasen und Katalasen. 2) **Transferasen** katalysieren die Übertragung von Atomgruppen auf ein Substrat gemäß $AX + B \rightleftarrows A + BX$. Hierzu zählen z. B. Methyltransferasen, Aminotransferasen (Transaminasen), Azyltransferasen. 3) **Hydrolasen** katalysieren hauptsächlich hydrolytische Spaltungen gemäß $AB + H_2O \rightleftarrows AH + BOH$. Hierzu gehören a) Esterbindungen spaltende F., z. B. Esterasen, Phosphatasen, b) Glykoside spaltende F., z. B. Amylasen, Maltase, Zellulase, Sacharase, und c) Peptidbindungen spaltende F., z. B. die Proteasen. 4) **Lyasen** sind F., die auf nichthydrolytischem Wege Atomgruppierungen aus den Substraten unter Bildung einer Doppelbindung im Substratmolekül abspalten oder in umgekehrter Weise — dann als **Syntheasen** bezeichnet — die Addition von Atomgruppierungen an Doppelbindungen katalysieren. Hierzu gehören Dekarboxylasen, Hydratasen u. a. 5) **Isomerasen** katalysieren intramolekulare Umlagerungen, z. B. Razemasen und Epimerasen, cis-trans-Isomerasen und intramolekulare Oxydoreduktasen. 6) **Ligasen** bzw. **Synthetasen** sind solche F., die die Verbindung von zwei Substraten unter gleichzeitiger Spaltung einer Pyrophosphatbindung in ein Triphosphat katalysieren, z. B. Aminosäure aktivierende F., Peptidsynthetase.

Verwendung. Die in der Hefe und anderen Mikroorganismen enthaltenen F. werden in der Brauerei, zur Herstellung von Essig, Backwaren und Pharmazeutika eingesetzt. Weitere technisch wichtige enzymatische Prozesse sind Käsebereitung, Fermentation von Kaffee, Tee, Kakao und Tabak, Flachsrösten, Entbasten der Naturseide, Schlichten und Entschlichten der Gewebe mit Amylase, in der Lederindustrie das Beizen der Häute durch eiweißabbauende F. und Abwasserreinigung.

Lit. Abderhalden: Vitamine, Hormone, F. (4. Aufl. Basel 1953); Ammon u. Dirscherl: F., Hormone, Vitamine und die Beziehungen dieser Wirkstoffe zueinander, 3 Bde (3. Aufl. Stuttgart 1960); Bersin: Kurzes Lehrb. der Enzymologie (4. Aufl. Leipzig 1954); Hirsch: F. im Rahmen der Lebensmittelchemie (Dresden u. Leipzig 1956); Hoppe-Seyler u. Thierfelder: Handb. der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse, 6. Bd, Teil A (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1964).

Fermi-Dirac-Statistik, → statistische Mechanik.

Fermion, zusammenfassender Name für alle Teilchen, insbesondere Elementarteilchen, die der Fermi-Dirac-Statistik (→ statistische Mechanik) gehorchen; sie haben halbzahligen Spin. → Pauli-Prinzip.

Fermium, Symbol **Fm,** früher **Centurium, Ct,** kurzlebiges radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der → Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 100, Massenzahlen der bis jetzt bekannten Isotope 248 bis 256 (das stabilste Isotop $^{256}_{100}Fm$ hat eine Halbwertszeit von etwa 4,5 Tagen), Wertigkeit III. F. wurde 1954 von Seaborg und Mitarbeitern bei der Einwirkung von Neutronen auf Plutonium-239 entdeckt. Außerdem läßt es sich bei der Bombardierung von Uran-238 mit Sauerstoffkernen darstellen. Seinen Namen erhielt F. zu Ehren des Physikers Fermi.

Fernbedienung, die Anwendung der → Fernwirktechnik zur Bedienung von Anlagen oder Geräten von räumlich getrennter Stelle aus, → Fernsteuerung.

Fernglas, → Fernrohr.

Fernheizung, die Versorgung verschiedener Gebäude, Häuserblocks oder Stadtteile mit Wärme von einer Stelle aus. Vom Fernheizwerk wird Dampf oder Heißwasser durch Rohranlagen den einzelnen Gebäuden oder Gebäudegruppen zu-

geführt; den kondensierten Dampf oder das Wasser pumpt man durch eine Leitung in das Werk zurück. In den einzelnen Gebäudegruppen wird oft die Wärmeenergie des Dampfes oder des Heißwassers in einem Wärmeaustauscher auf Wasser übertragen, das dann als Warmwasser durch die Heizkörper fließt.

Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist es vorteilhaft, durch das Fernheizwerk auch industrielle Abnehmer zu versorgen. Eine weitere Verbesserung erreicht man durch die Kupplung von Wärme- und Krafterzeugung (→ Kraft-Wärme-Kupplung).

Die F. weist gegenüber Kohleeinzelheizung folgende Vorteile auf: Die Verschmutzung der Wohnungen und Straßen durch Kohle- und Aschetransport wird vermieden; es ist möglich, minderwertige Brennstoffe zu verfeuern; die Brennstoffe werden besser ausgenutzt, vor allem in Verbindung mit Krafterzeugung; Kellerräume werden eingespart; der Bauaufwand für Schornsteine ist geringer; es besteht keine Brandgefahr. Nachteilig ist, daß die F. meist höhere Kosten verursacht als die Kohleeinzelheizung.

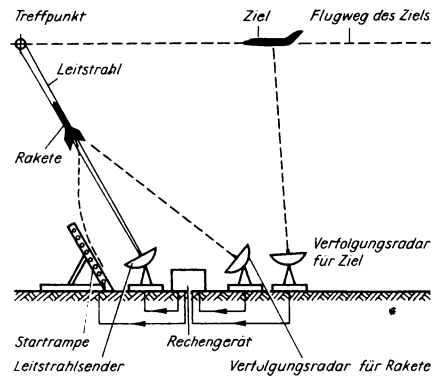
Lit. → Heizung.

Fernichrome, eine Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung mit 37 % Eisen, 30 % Nickel, 25 % Kobalt und 8 % Chrom. F. hat denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Glas und dient als Einschmelzlegierung.

Fernlenkung, die Anwendung der → Fernwirktechnik, insbesondere der → Fernsteuerung, zur Beeinflussung der Bewegung ortsveränderlicher Objekte, die im allgemeinen unbemannt sind und als Waffenträger (Fernlenkwaffen) oder nichtmilitärischen Zwecken dienen. Solche Objekte sind Land-, Wasser-, Luft-, Raumfahrzeuge, Raketen (→ Rakete, → Raketenwaffen), Geschosse, ferner Modellfahrzeuge. Je nach Art des ferngelenkten Objektes und der Lenkaufgabe erfolgt die Beeinflussung im wesentlichen durch Betätigen von Antriebssystemen oder durch Schwenken von Achsen (bei Landfahrzeugen), von Rudern (bei Wasser- und Luftfahrzeugen) oder des Antriebssystems (Wasser-, Luft-, Raumfahrzeuge).

Die Lenkaufgabe kann darin bestehen, daß das ferngelenkte Objekt ein bestimmtes Ziel und dieses wiederum auf einer bestimmten Bahn sowie nach einem vorgegebenen Zeitplan erreichen soll. Dazu ist die Festlegung eines Bezugssystems notwendig, in dem die Erfüllung der Lenkaufgabe überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden kann. Übliche Bezugssysteme sind eigene Koordinaten (das ferngelenkte Objekt selbst) oder äußere (terrestrische oder inertiale) Koordinaten, Fahr- und Flugbahnen (Land-, Wasser-, Luftstraßen) sowie das anzusteuernde feste oder ortsveränderliche Ziel. Die Orts- und/oder Bahnbestimmung des ferngelenkten Objekts und des Ziels im Bezugssystem erfolgt mit Hilfe eines Navigationsverfahrens (→ Navigation), dessen Eigenschaften auf die Lösung der jeweiligen Lenkaufgabe wesentlichen Einfluß haben. Durch Kombination verschiedener Verfahren entsteht eine Vielzahl von Möglichkeiten zur F. von beweglichen Objekten. Als Übertragungskanal für die Lenkkommandos dient meist eine Funkverbindung (→ Funknavigation), seltener sind Licht-, Schall- oder drahtgebundene Übertragungen zu finden.

Hauptgruppen der F. sind die Fremd- und die Eigenlenkung. 1) Bei der **Fremdlenkung** befindet sich die Meßeinrichtung zur Kontrolle des vom ferngelenkten Objekt zurückgelegten Weges außerhalb des Objekts. Werden die Lenkkommandos zur Betätigung der Lenkorgane dem Objekt unmittelbar von außen zugeführt, so liegt eine **Kommandolenkung (Befehlslenkung)** vor. Die Übertragung der Lenkkommandos erfolgt über einen vom Objekt mitgeschleppten Draht (z. B. bei Panzerabwehrlenkraketen) oder durch Funk. Wird dagegen vom Lenkstand aus nur eine Linie im Raum vorgeschrieben, längs der die Bewegung erfolgen soll, so spricht man von **Leitstrahllenkung.** Die Linie im Raum, der *Leitstrahl,* wird dabei durch stark gebündelte, von Richtantennen ausgestrahlte elektromagnetische Wellen gebildet. Die Richtantenne wird z. B.



Fernlenkung (Leitstrahllenkung) einer Fliegerabwehrrakete

für leitstrahlgelenkte Fliegerabwehrraketen in eine Richtung geschwenkt, die ein Treffen des gelenkten Objekts (Rakete) mit dem Ziel in einem vorausberechneten Punkt sichert. Ziel und Objekt werden getrennt geortet (z. B. durch Radargeräte) und ihre Bahnparameter in ein Rechengerät eingegeben, das seinerseits die Richtantenne beeinflußt (Abb.). Zur Erhöhung der Treffgenauigkeit wird vielfach noch eine zusätzliche Zielsuchlenkung (s. u.) aufgeschaltet.

2) Bei der **Eigenlenkung** wird der Vergleich zwischen Soll- und Istwerten der Bahnkurve an Bord des ferngelenkten Objekts vorgenommen. Dabei ist noch zu unterscheiden zwischen passiven Verfahren (Benutzung von bordfremden Hilfen, z. B. Einrichtungen der → Funknavigation) und aktiven Verfahren. Die aktiven Verfahren benutzen äußere Einwirkungen, denen das Objekt ausgesetzt ist (Trägheits-, Gravitations-, Strömungskräfte, Magnetfelder) sowie bordseitige Radargeräte und Infrarotdetektoren als Orientierungshilfen.

Zur Eigenlenkung gehört auch die **Zielsuchlenkung,** die besonders für ferngelenkte → Raketenwaffen von Bedeutung ist. Bei der Zielsuchlenkung wird vom beweglichen Objekt aus das Ziel geortet, indem ein Empfangsgerät für vom Ziel direkt ausgestrahlte Energie (Wärme, Licht, Schall, elektromagnetische Wellen) oder reflektierte Energie (elektromagnetische Wellen, Ultraschall) dem Ziel nachgeführt wird und ein bordeigenes Rechengerät aus der Eigenbewegung und den Meßwerten des Ortungsgerätes die Lenkkommandos ermittelt, die zum Treffen mit dem Ziel führen. Optische Zielsuchgeräte sind unerläßlich für lunare und interplanetare Flugkörper. Zur Orientierung und Ausrichtung des Flugkörpers im Raum, z. B. für photographische Aufnahmen der Oberfläche erdnaher Himmelskörper, werden mehrere Zielsuchgeräte eingebaut, die Sterne bestimmter Helligkeit anvisieren und über die Lenkorgane des Flugkörpers (Düsen, rotierende Massen) die zur Aufnahme erforderliche Lage des Flugkörpers im Raum einstellen.

Mit der eigentlichen Lenkung (als Beeinflussung der Bewegung ortsveränderlicher Objekte) ist bei der F. die Auslösung bestimmter Vorgänge

in Abhängigkeit von der Lenkaufgabe eng verknüpft, z. B. Geben des Brennschlußkommandos für Raketentriebwerke nach Erreichen einer vorgegebenen Bahn und Geschwindigkeit, Trennung von Raketenstufen, Auslösen von Kameras bei Erreichen eines minimalen Abstandes vom Ziel.

Lit. Handb. für Hochfrequenz- und Elektrotechniker, Bd VI (Berlin-Borsigwalde 1961).

Fernmeldekabel, der Nachrichtenübermittlung dienendes → Kabel. Die Leiterdrähte aus Kupfer oder Aluminium sind mit einem Blei-, Aluminium-, Gummi- oder PVC-Mantel umgeben. Dieser verleiht dem Kabel einen elektrischen bzw. mechanischen Schutz (Abschirmwirkung eines metallischen Mantels). F. haben deshalb der → Freileitung gegenüber den Vorteil der geringen Einflußmöglichkeit von Störungen und der Witterungsunabhängigkeit der Übertragungseigenschaften. Zur Erzielung guter elektrischer Übertragungseigenschaften werden je vier Adern zu einem Vierer verseilt. Jeder Vierer enthält zwei Stämme, d. s. die gegenüberliegenden Leitungen des Vierers. Die Eigenschaften einer Leitung werden durch die Leitungskonstanten R', L', G', C' vollständig beschrieben. Daraus sind der → Wellenwiderstand Z und das Übertragungsmaß $\gamma = \alpha + j\beta$ (j = Einheit der imaginären Zahl $\sqrt{-1}$) bestimmbar. Das Übertragungsmaß ist ein Maß für die Energieverluste (α-Anteil) und die Laufzeit (β-Anteil) bei einer Übertragung. Da die Leiter meist kleine Querschnitte haben und sehr eng benachbart sind, ergibt sich eine große kilometrische → Dämpfung, die ferner noch frequenzabhängig ist. Wegen des geringen Abstandes der Leiter kann auch bedeutend mehr Energie von einem Stromkreis in einen benachbarten gelangen (→ Induktion). Dieses *Nebensprechen* läßt sich durch sorgfältigen geometrischen Aufbau (z. B. Verseilung, große Symmetrie) und eine engtolerierte Produktion beherrschen. Eine weitere Verbesserung bringt der Nebensprechausgleich. Hierunter versteht man die Verminderung der gegenseitigen Beeinflussung benachbarter Leitungen durch besondere Schaltmaßnahmen, z. B. Einschaltung kleiner Kondensatoren zum Ausgleich der Kopplungen. Nebensprechen zwischen den Stammleitungen nennt man Übersprechen und solches zwischen Stamm und Vierer Mitsprechen.

Für den jeweiligen Verwendungszweck und Aufbau unterscheidet man Orts-, Fern-, Niederfrequenz-, Trägerfrequenz- und Koaxialkabel. In den Ortsnetzen werden Ortskabel mit einigen hundert Adern mit einem Durchmesser 0,4 bis 0,8 mm eingesetzt. Sie werden z. Z. ausschließlich als Niederfrequenzkabel ausgenutzt. Fernkabel mit 0,9 bis 1,4 mm Aderndurchmesser mit Papierisolation werden als Niederfrequenz- und Trägerfrequenzkabel betrieben. Moderne symmetrische Trägerfrequenzkabel (1,3 mm, styroflexisoliert) gestatten eine ökonomische Ausnutzung bis etwa 600 kHz. Damit sind 120 Fernsprechkanäle je Adernpaar übertragbar. Auf koaxialen Leitungen läßt sich diese Anzahl noch bedeutend vergrößern.

Fernmeldetechnik, im weiteren Sinne svw. → Nachrichtentechnik, im engeren Sinne nur die drahtgebundene Nachrichtentechnik.

Fernmessung, Telemetrie, die Messung physikalischer Größen (Spannung, Strom, Druck, Durchfluß, Drehzahl), wenn zwischen Meß- und Anzeigeort eine beliebige Entfernung existiert und eine Hilfsgröße (Trägerfrequenz, Impulsfolge) als Signalträger verwendet wird, ein Teilgebiet der → Fernwirktechnik. F. wird vor allem in Versorgungsnetzen (Elektrizität, Gas, Öl, Wasser), in ausgedehnten Produktionsanlagen oder bei unzugänglichen Objekten (Flugkörper, Raumsonden) angewendet.

Ein Spezialgebiet ist die → Biotelemetrie.

Lit. Obenhaus: Fernmeßeinrichtungen. Reihe Automatisierungstechnik, Bd 24 (Berlin 1964).

Fernobjektiv, svw. → Teleobjektiv.

Fernregelung, die Anwendung der → Fernwirktechnik zur → Regelung von Prozessen oder Vorgängen über größere Entfernungen. Wegen der Zeitverzögerung bei der Übertragung von Meßwerten und Steuersignalen wird die F. bevorzugt für relativ langsam ablaufende Vorgänge und Prozesse eingesetzt. Dazu gehört z. B. die Durchfluß- und Pegel-Regelung von hintereinanderliegenden Laufwasserkraftwerken (Flußkraftwerksketten), wobei die Weitergabe des natürlichen Zuflusses bzw. die Einhaltung einer vorgegebenen Stauquote angestrebt wird.

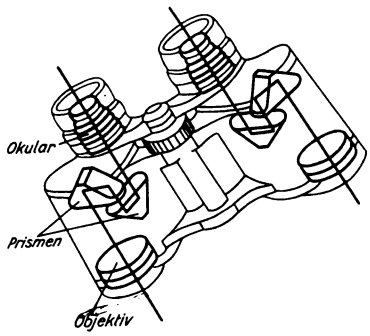
Auch in der Verbundwirtschaft spielt die F. eine zunehmende Rolle.

Fernrohr, Teleskop, ein optisches Gerät, das entfernte Gegenstände unter einem größeren Sehwinkel als das unbewaffnete Auge zeigt und sie dadurch scheinbar näher bringt; der betrachtete Gegenstand erscheint daher vergrößert. Man kann die Vergrößerung eines F.s definieren als das Verhältnis von Eintrittspupille (am Objektiv) zu Austrittspupille (am Okular). Diese Vergrößerung ist bei F.en begrenzt und hängt vom Durchmesser des Objektivs ab (→ Auflösungsvermögen).

Die F.e werden eingeteilt in Refraktoren und Reflektoren. 1) **Refraktoren (Linsenfernrohre, dioptrische F.e).** Bei ihnen werden die einfallenden Strahlen, die wegen der großen Entfernung als parallel gedacht werden können, durch eine Sammellinse aufgenommen. Es gibt verschiedene Arten von Refraktoren. Beim **astronomischen** oder **Keplerschen Fernrohr** wird durch eine Sammellinse (*Objektiv*) ein reelles Zwischenbild des weit entfernten Gegenstandes in der Brennebene des Objektivs mit der Brennweite f_1 erzeugt. Dieses verkleinerte und umgekehrte Bild steht dann zugleich in der Brennebene einer zweiten Sammellinse (*Okular*) mit der stets sehr kurzen Brennweite f_2, so daß es, durch das Okular betrachtet, als umgekehrtes virtuelles Bild wie durch eine Lupe vergrößert erscheint. Ohne F. erscheint der entfernte Gegenstand für ein im Mittelpunkt des Objektivs gedachtes Auge unter dem Winkel α, mit F. unter dem Winkel β; die Fernrohr-Vergrößerung erhält man aus $\tan\alpha : \tan\beta = f_1 : f_2$. Will man die Vergrößerung ändern, wird das Okular, seltener das Objektiv ausgewechselt. Bei den **pankratischen F.en** ist innerhalb gewisser Grenzen eine stetige Änderung der Vergrößerung möglich. Für astronomische und geodätische Zwecke ist das im Keplerschen F. auf dem Kopf stehende Bild ausreichend. Zur besseren Betrachtung von Gegenständen oder der Landschaft auf der Erde wird zwischen Objektiv und Okular eine dritte Sammellinse eingeschaltet, die eine Aufrichtung des Bildes bewirkt. Solche F.e heißen **terrestrische F.e.** Ein terrestrisches F. ist z. B. das → **Periskop (Sehrohr).** In neuerer Zeit werden an Stelle der Umkehrlinse Prismen verwendet. Beim **holländischen** oder **Galileischen Fernrohr,** das als Objektiv ebenfalls eine Sammellinse hat, wird unter vergrößertem Sehwinkel ein virtuelles Bild erzeugt. Die Länge eines astronomischen F.s ist etwa gleich der Summe, die eines holländischen F.s etwa gleich der Differenz der Brennweite des Objektivs und des Okulars.

F.e, die ein Sehen mit beiden Augen ermöglichen, sind die **Doppelfernrohre,** wie der **Feldstecher,** ein Galileisches F. mit zwei- bis sechsfacher Vergrößerung; der **Prismenfeldstecher,** ein terrestrisches F. mit sechs- bis fünfzehnfacher Vergrößerung, in dem zur Bildaufrichtung und gleichzeitigen Verkürzung der Baulänge Prismensysteme verwendet werden; das **Scheren-** oder **Relieffernrohr,** dessen Objektive bis zu

einem Abstand von 2 m voneinander entfernt werden können, wodurch die Plastik des Bildes zusätzlich erhöht wird. Prismengläser haben ein großes Gesichtsfeld und im Verhältnis zur Baulänge starke Vergrößerung. Ferngläser holländischer Bauart sind lichtstärker, haben aber ein sehr kleines Gesichtsfeld und werden gewöhnlich für nur zwei- bis zehnfache Vergrößerungen (Operngläser) verwendet.



Strahlengang in einem Prismenfeldstecher

Richtfernrohre sind F.e mit einer Zielmarke in der gemeinsamen Brennebene von Objektiv und Okular, desgleichen → Zielfernrohre. Meist besteht die Zielmarke aus einem Fadenkreuz. Objektivmittelpunkt und Fadenkreuzschnittpunkt bilden die Zielachse des F.s

2) **Reflektoren (Spiegelfernrohre, Spiegelteleskope, katoptrische F.e).** Bei ihnen fallen die Strahlen auf einen konkaven Spiegel, werden reflektiert und bei der Ausführung nach Newton über einen Planspiegel unter 90° abgelenkt und dann im Brennpunkt des Hohlspiegels zu einem reellen Bild vereinigt (Newton-Fokus), aus dem die Sammellinse des Okulars ein vergrößertes virtuelles Bild erzeugt. Der Vorteil des Spiegelteleskops besteht darin, daß der Spiegel völlig frei von Farbabweichungen ist und leichter in großen Exemplaren hergestellt werden kann, da nur die Reflexionsfläche optisch einwandfrei sein muß. Der Nachteil des geringen brauchbaren Sehfeldes wird durch moderne → Spiegelobjektive vermieden.

Im Theodolit wird eine besondere Form des Spiegelfernrohrs, das **Spiegellinsenfernrohr**, verwendet, das sehr kurz ist. Eine weitere Form ist das → Elektronenspiegelteleskop.

Für die Güte eines F.s sind maßgebend die Bildschärfe, das Auflösungsvermögen, die Farbenfreiheit (Achromasie) und die geometrische Lichtstärke. Die Dämmerungssehleistung, d. i. das Auflösungsvermögem bei geringer Helligkeit, hängt nicht nur von der geometrischen Lichtstärke, sondern auch von der Vergrößerung ab und ist etwa proportional dem Produkt aus Fernrohrvergrößerung und Objektivdurchmesser.

F.e werden verwendet in der Astronomie (→ astronomische Instrumente), in der Physik, bei der Landesvermessung, als Zielfernrohr, als Fernglas usw.

Der größte visuelle Refraktor befindet sich in der Yerkes-Sternwarte (Chikago) mit einem Objektiv von 1,02 m Durchmesser und 18,9 m Brennweite, der größte photographische Refraktor im Astrophysikalischen Observatorium in Potsdam (80 cm Öffnung, 12 m Brennweite). Bes. große Spiegelfernrohre besitzen die Sternwarten auf dem Mount Wilson (Kalifornien, USA; Hauptspiegel 2,54 m Durchmesser, 12,88 m Brennweite) und auf dem Mount Palomar (Kalifornien, Hale-Teleskop: Hauptspiegel 5,08 m Durchmesser, 16,8 m Brennweite). Das zur Zeit größte europäische Spiegelteleskop wurde 1960 im Karl-Schwarzschild-Observatorium bei Tautenburg in der Nähe von Jena aufgestellt (Tafel 56). In der UdSSR ist ein 6-m-Spiegelteleskop fertiggestellt worden.

Lit. König u. Köhler: F. und Entfernungsmesser (3. Aufl. Berlin 1959); Riekher: F.e und ihre Meister (Berlin 1957).

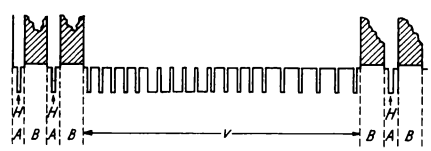
Fernrohrlupe, eine → Sehhilfe.

Fernschreiben, svw. → Telegrafie.

Fernsehen (Tafeln 5 und 48), die fortlaufende elektrische Übertragung von Bildern ruhender oder bewegter Objekte mit oder ohne begleitenden Ton im Unterschied zum → Bildfunk, bei dem nur einzelne Bilder von Vorlagen übertragen werden können. Beim Schwarz-Weiß-Fernsehen beschränkt man sich auf die Übermittlung der Helligkeitswerte der Objekte, während beim → Farbfernsehen außerdem die Farben mit übertragen werden. Man unterscheidet zwischen dem Fernsehrundfunk, der Aussendung von Fernsehprogrammen für die Öffentlichkeit, und dem industriellen Fernsehen, das der Übertragung von Bildinformationen z. B. für Kontroll- und Überwachungsaufgaben und für wissenschaftliche Zwecke an einen kleinen Kreis vorher bestimmter Empfangsstellen dient (s. u.).

Prinzip. Der Bewegungsvorgang wird wie in der Kinotechnik in rasch aufeinanderfolgende Einzelbilder aufgelöst. Jedes Einzelbild wird zur Übertragung in möglichst kleine Bildpunkte — ähnlich wie beim Sehvorgang — zerlegt, die beim F. zeilenweise angeordnet sind. In der *Bildquelle* oder dem *Bildgeber* werden die Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte nacheinander in elektrische Spannungswerte umgewandelt und als Modulation einer Trägerwelle vom Sender ausgestrahlt. Im Empfänger werden die zurückgewonnenen Spannungswerte in der Bildröhre wieder in Helligkeitswerte verwandelt, aus denen das optische Bild zusammengesetzt wird. Der genaue Gleichlauf zwischen Sende- und Empfangseinrichtungen (Synchronisierung) wird durch mitgesandte Synchronsignale erreicht. Zur Übertragung eines guten Bildes ist eine große Anzahl von Bildpunkten notwendig (etwa $0{,}5 \cdot 10^6$ bis $1 \cdot 10^6$).

Übertragungssystem. Bei der in der DDR, in den anderen sozialistischen Ländern und in Westdeutschland eingeführten Fernsehnorm beträgt das Verhältnis von Bildhöhe zu Bildbreite 3:4, die Zahl der Bilder je Sekunde ist 25, die Zeilenzahl 625. Zur Beseitigung des Flimmerns wird das *Zeilensprungverfahren* angewendet. Dabei werden abwechselnd nacheinander jeweils die ungeradzahligen Zeilen als erstes und die geradzahligen Zeilen als zweites Halbbild übertragen, so daß für das Auge eine scheinbare Bildfolgefrequenz von 50 Hz entsteht. Theoretisch müssen 16 Millionen



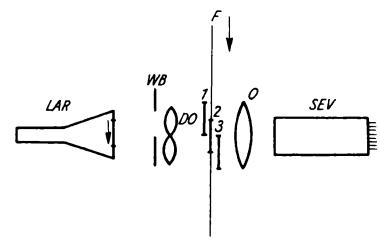
1 Fernsehsignalgemisch. *A* Austastlücke, *B* Bildsignal, *H* Zeilen- (Horizontal-) Synchronimpuls, *V* Vertikal-Synchronimpulse für 1. Halbbild

Bildpunkte je Sekunde übertragen werden. Hierfür ist eine Bandbreite von 5 MHz erforderlich. Zwischen dem *Bildsignal* oder *Videosignal* (B) für die einzelnen Zeilen werden *Synchronsignale* oder *Gleichlaufsignale* (S) übertragen, die den Beginn der Zeilen durch Zeilen- (Horizontal-) Synchronimpulse (H) und der Halbbilder durch Vertikal-Synchronimpulse (V) anzeigen. Diese

Synchronsignale (H + V) liegen in den Austastlücken (A), in denen kein Bildsignal gesendet wird. Das ganze Fernsehsignalgemisch wird *BAS-Signal* genannt (Abb. 1). Um in den international für das F. festgelegten Frequenzbereichen (Band I: 47 bis 68 MHz, Band III: 174 bis 230 MHz, Band IV/V: 470 bis 790 MHz) möglichst viele Kanäle unterzubringen, führt man eine Restseitenbandübertragung durch. Das BAS-Signal wird durch Amplitudenmodulation dem Bildträger aufmoduliert. Der begleitende Ton wird einer Tonträgerwelle durch Frequenzmodulation aufmoduliert, die einen Abstand von 5,5 MHz vom Bildträger hat. Die gesamte Bandbreite für Bild und Ton beträgt 7 MHz.

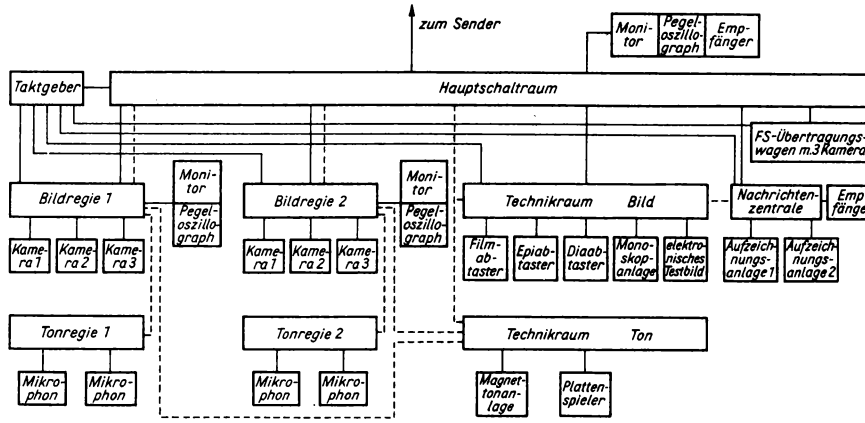
Studiotechnik (Abb. 2). Als Bildquellen werden z. B. Fernsehkameras, Abtaster, Monoskopanlagen und Geräte zur Erzeugung elektronischer Testbilder eingesetzt. Die direkte Aufnahme bewegter Objekte und Szenen erfolgt mit **Fernsehkameras.** Der Kamerazug besteht aus dem Kamerakopf, der über ein Kamerakabel mit der Kamerakontrolleinheit verbunden ist. Im Kamerakopf sind ähnlich wie in Filmkameras auswechselbare Objektive oder ein Varioobjektiv enthalten, die ein Bild der Szene auf der Frontscheibe der → Bildaufnahmeröhre entwerfen, in der die Zerlegung des Bildes in Bildpunkte mit Hilfe eines feinen Elektronenstrahls und die Umwandlung der Helligkeitswerte in Spannungswerte erfolgen. Der Kamerazug enthält alle zum Betrieb der Bildaufnahmeröhre nötigen Aggregate, insbesondere die Kippgeneratoren, die die Ströme zur Ablenkung des Elektronenstrahls in horizontaler und vertikaler Richtung in der Bildaufnahmeröhre liefern, Breitbandverstärker zur elektrischen Verstärkung des Bildsignals, einen Sucher mit einer kleinen → Bildröhre sowie Bedienungseinrichtungen, Kontrollgeräte und Verständigungseinrichtungen für den Kameramann. Heute werden beim Fernsehfunk fast ausschließlich Kameras mit → Superorthikons verwendet.

Mit **Lichtpunktabtastern** kann man durchsichtige Bildvorlagen (*Diaabtastung* und *Filmabtastung*) und undurchsichtige Bildvorlagen (*Epiabtastung*) aufnehmen. Bei der Lichtpunktabtastung wird ein auf dem Leuchtschirm einer Elektronenstrahlröhre erzeugter Zeilenraster auf der Bildvorlage abgebildet. Wegen der kurzen Nachleuchtzeit des verwendeten Leuchtschirmes erscheint auf der Bildvorlage ein rasch wandernder Lichtpunkt. Das von der Vorlage durchgelassene oder reflektierte Licht wird in Sekundärelektronenvervielfachern in entsprechende Spannungsschwankungen umgewandelt und verstärkt. Beim Senden von Filmen im F. werden die mit einer Bildwechselfrequenz von 24 Bildern je Sekunde aufgenommenen Kinefilme etwas schneller, und zwar mit 25 Bildern je Sekunde, wiedergegeben. Da der Kinefilm nicht in der kurzen Zeit des Bildrücklaufs des F.s weitergeschaltet werden kann (→ Filmtechnik), läßt man ihn meist kontinuierlich bei der Lichtpunktabtastung laufen (Abb. 3). Um das Zeilensprungverfahren verwirklichen zu können, wird jedes Bild des Kinefilmes mit Hilfe einer Doppeloptik mit Wechselblenden vom Zeilenraster auf dem Leuchtschirm der Lichtpunktabtaströhre zweimal abgetastet. Man teilt daher den Vorschub in vertikaler Richtung je zur Hälfte auf den kontinuierlichen Filmtransport und auf den Raster auf der Lichtpunktabtaströhre auf und gibt die Doppeloptik mit der Wechselblende aller $^1/_{50}$ s wechselseitig frei. Eine große Bedeutung hat die Abtastung von Kinefilmen durch Fernsehkameras mit der Bildaufnahmeröhre → Vidikon erlangt. Da diese Röhre speichert, genügt es, das Lichtbild nur einen Teil der Bildzeit auf die Röhre zu projizieren, so daß für die Fortschaltung des Filmes genügend Zeit zur Verfügung steht. Man kann daher bei diesem Verfahren gewöhnliche Kinomaschinen verwenden.



3 Filmabtastung nach dem Lichtpunktabtastprinzip. *LAR* Lichtpunktabtaströhre, *WB* Wechselblende, *DO* Doppeloptik, *F* Film, *O* Optik, *SEV* Sekundärelektronenvervielfacher; *1* Lage des Filmbildes bei Beginn des 1. Halbbildes, *WB* oben; *2* Lage des Filmbildes bei Beginn des 2. Halbbildes (1/50 s), *WB* unten; *3* Lage des Filmbildes am Ende des 2. Halbbildes (1/25 s), *WB* oben

Die **Monoskopanlagen,** mit denen meist Testbilder gesendet werden, enthalten eingebaute → Monoskopröhren. Testbilder können außerdem auch rein elektronisch hergestellt werden, d. h., das Bildsignal wird in Impulsschaltungen künstlich hergestellt, oder sie werden mit Lichtpunktabtastern gesendet.



2 Blockschaltbild eines Fernsehstudios

Zur Speicherung von Fernsehsendungen wandte man zunächst hauptsächlich die Aufzeichnung auf Film (16 mm und 35 mm) an. Die sich hierbei ergebende Verschlechterung der Bildqualität wird durch die heutzutage immer mehr an Bedeutung gewinnende Aufzeichnung auf *Videomagnetband* vermieden. Für den erforderlichen Frequenzumfang von 0 bis 5 MHz wird eine Aufzeichnungsgeschwindigkeit von 40 m je Sekunde benötigt. Die magnetische Aufzeichnung erfolgt daher meist quer in schmalen, eng nebeneinanderliegenden Spuren auf ein etwa 50 mm breites Magnetband durch eine rotierende Kopftrommel. Infolgedessen beträgt die Bandgeschwindigkeit nur 40 cm je Sekunde.

Neben den Bildquellen benötigt ein Fernsehstudio eine Reihe von elektrischen Meß- und Steuergeräten. Die *Impulszentrale* (*Taktgeber*) liefert die Synchron- und Austastsignale für alle Bildquellen; mit Hilfe von *Pegeloszillographen* wird die Größe der Bild- und Synchronsignale normgerecht eingestellt, mit *Monitorempfängern* eine Bildauswahl vorgenommen sowie das vom Studio abgehende und vom Sender ausgestrahlte Bild kontrolliert. Überblend- und Trickmischeinrichtungen erlauben das Umschalten und Mischen verschiedener Bildquellen. Aufnahmen außerhalb des Studios, z. B. von Sportplätzen, aus Theatern und bei Reportagen, erfolgen mit *Fernsehübertragungswagen*. Die BAS-Signale werden meist über eine mobile Richtfunk-Zubringerlinie und gegebenenfalls über stationäre Richtfunklinien oder über Kabel zum Studio geleitet. Das vom Studio abgegebene BAS-Signal und der begleitende Ton werden über Kabel oder Richtfunklinien den angeschlossenen Sendern übermittelt. Dort erfolgt die Modulation auf die Träger und die Ausstrahlung des Programms.

Übertragungs- und Sendetechnik: → Rundfunktechnik.

Fernsehversorgung. Die kurzen Trägerwellen breiten sich vom Sender wie Licht geradlinig aus. Daher kann das Programm nur bis zu Entfernungen von 50 bis 100 km zwischen Sender und Empfänger empfangen werden. In bergigem Gelände müssen → Fernsehhilfsstationen verwendet werden. Über kurze Entfernungen kann das Fernsehprogramm als trägerfrequentes Signal auch drahtgebunden, z. B. über das Fernsprechnetz, verteilt werden. Fernsehübertragungen über sehr weite Strecken, z. B. beim transkontinentalen Programmaustausch, werden über Kabel, Richtfunklinien und neuerdings auch über Nachrichtensatelliten geleitet. Der Satellit dient dabei als Relaisstation. Besonders bewährt hierfür haben sich diejenigen Satelliten, deren Umlaufzeit 24 Stunden beträgt und deren Position sich daher, von der Erde aus gesehen, nicht verändert.

Empfang. Die Sendung kann durch eine im Fernsehempfänger eingebaute Antenne oder eine Zimmerantenne empfangen werden; es empfiehlt sich aber – zumindest bei größerer Entfernung vom Sender, aber auch im Nahfeld des Senders –, für den Empfang eine auf dem Dach montierte Antenne, die auf den Sender ausgerichtet wird, zu verwenden. Störungen, wie verwaschene und seitlich verschobene Doppelbilder (Geisterbilder), gehen auf mehrfaches Eintreffen der Senderwelle zurück, die durch Reflexion, z. B. an Häuserwänden, verschieden lange Wege zurückgelegt hat.

Der moderne **Fernsehempfängertyp** (Abb. 4) ist der Überlagerungsempfänger, der durch Mischen der ankommenden Trägerfrequenz mit einer im Tuner erzeugten Oszillatorfrequenz die Zwischenfrequenz bildet. Nach Verstärkung und Gleichrichtung werden die Bild- und Tonsignale wiedergewonnen. Die Synchronsignale werden im Amplitudensieb abgetrennt und steuern den Takt der Generatoren für die Horizontal- und Vertikalablenkung des Elektronenstrahls in der Bildröhre. Die Hochspannung für die Bildröhre (etwa 15 kV) wird im Zeilentransformator erzeugt. Die Ablenkeinheit auf der Bildröhre wird von sägezahnförmigen Ablenkströmen durchflossen, die von den Horizontal- und Vertikalablenkgeneratoren geliefert werden. Die Fernsehempfänger unterscheiden sich durch die Verwendung von Bildröhren verschiedener Formate und Ablenkwinkel sowie durch verschiedene Automatiken, z. B. zur Scharfabstimmung, Zeilen- und Bildsynchronisation, Kontrast- und Helligkeitsregelung sowie zur Konstanthaltung der Bildgröße. Durch eine elliptische Verformung des Leuchtflecks auf der Bildröhre, z. B. mit Hilfe von besonderen Magneten oder durch schnelle Auf- und Abwärtsbewegungen im Bereich einer Zeile, kann man die Zwischenräume zwischen den Zeilen zum Verschwinden bringen (**zeilenfreies F.**). Eine Fernbedienungseinrichtung erlaubt, die Helligkeit, den Kontrast und die Lautstärke einzustellen. Fernsehempfänger werden zunehmend mit Halbleiterbauelementen, z. B. in den Tunern, im Video-Zwischenfrequenz-Verstärker und im Tonteil, bestückt.

Ein weites Anwendungsgebiet hat das **industrielle F.**, das mit Hilfe von Fernbeobachteranlagen den Einblick in unzugängliche Räume und Vorgänge erschließt. Eine Fernbeobachteranlage besteht aus Fernsehkamera, in der meist ein Vidikon als Bildaufnahmeröhre benutzt wird, Impulszentrale, einem oder mehreren Bildwiedergabegeräten und Fernbedienungsteil, mit dem die Einstellung der Kamera vorgenommen wird. Im Unterschied zum Fernsehrundfunk wird die Verbindung zwischen Kamera und Bildwiedergabegerät meist mit Koaxialkabeln (Hochfrequenzkabel) hergestellt. Es sind 50 Bildwechsel ohne Zeilensprung oder 25 Bildwechsel mit Zeilensprung üblich. Die Zeilenzahl kann zwischen 300 für einfachste Anlagen und bis zu 1000 zur Erreichung höchster Bildauflösung (in der Filmindustrie) schwanken. Fernbeobachteranlagen werden z. B. zur Überwachung von Hüttenprozessen, Feuerungsanlagen, Verkehrsknotenpunkten, in Bergwerken und im Braunkohlentagebau, zur Beobachtung der Lasten bei Kranen, zur Beobachtung und Kontrolle des Produktionsablaufes an explosions- und strahlengefährdeten Stellen, zur Überwachung des Flüssigkeitsstandes in Kesseln, zur Untersuchung von Hohlräumen (z. B. von Rohren), zum Übertragen von Operationen in Hörsäle, auch für militärische Zwecke, z. B. zur Zielbeobachtung ferngelenkter Panzer, Flugzeuge und Raketen, bei Bergungsarbeiten, zur Überwachung von Kassenräumen in Banken, zur Überprüfung von Unterwasserbauten und Untersuchung der Lage von Schiffswracks (**Unterwasserfernsehen**), für hydrographische und hydrobiologische (besonders fischereikundliche) Untersuchungen eingesetzt. Der Aufbau der Fernsehkamera wird dabei dem jeweiligen Verwendungszweck angepaßt. Bei der **Fernsehmikroskopie** werden Mikroskopiebilder mit einer Fernsehkamera aufgenommen und können von einem größeren Personenkreis betrachtet werden. Durch den Einsatz von infrarotempfindlichen Vidikons können für das Auge unsichtbare Vorgänge beobachtet werden (**Infrarotfernsehen**). Die Beobachtungsobjekte werden dabei meist mit Infrarot-Scheinwerfern aufgehellt, deren Strahlung dem Auge unsichtbar ist. Solche Anlagen werden z. B. in der Filmindustrie für die Beobachtung des Produktionsprozesses von lichtempfindlichem Material, in der Verhaltensforschung für physiologische und psychologische Untersuchungen sowie für Forschungsaufgaben und militärische Beobachtungen eingesetzt. Beim **Röntgenfernsehen** wird das Durchleuchtungsbild mit einer Fernsehkamera aufgenommen

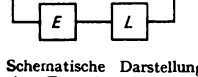
und in einen anderen Raum übertragen. Durch die elektronisch erzielbare Verstärkung und Kontraststeigerung kann durch das hellere Schirmbild die Dosisleistung der Röntgenstrahlung vermindert bzw. die Erkennbarkeit krankhafter Veränderungen verbessert werden. Große Bedeutung hat das industrielle F. in der Weltraumfahrt erlangt. Nur mit seiner Hilfe vermögen wir derzeit genaue Informationen über die Beschaffenheit von Himmelskörpern (besonders des Mondes) zu erhalten. Die Fernsehbilder werden dabei oft in einer Speicheranlage innerhalb des Satelliten gespeichert und dann langsamer und mit verminderter Bandbreite zur Erde gesendet.

Geschichtliches. Bereits 1884 entdeckte P. Nipkow das Prinzip des F.s, die Zerlegung des Bildes in Bildpunkte sowie eine mechanische Anordnung zu dessen Verwirklichung (Nipkow-Scheibe). Eine vollelektronische Bildübertragung mit Hilfe Braunscher Röhren zur Bildabtastung und -wiedergabe gelang M. v. Ardenne 1930. Das von Zworykin 1934 im Ikonoskop erstmals verwirklichte Speicherprinzip erlaubte eine wesentliche Senkung des Lichtbedarfs bei der Aufnahme. Nach dem II. Weltkrieg wurde der Fernsehrundfunk in vielen Ländern eingeführt. Die Entwicklung neuer Bildaufnahmeröhren und anderer Bauelemente erlaubte, die Fernsehtechnik nach 1945 erheblich zu verbessern und ihre Anwendungsmöglichkeiten zu erweitern.

Lit. Dobesch: Grundlagen der Schwarz/Weiß- und Farbfernsehtechnik (Berlin 1967); Klopow u. Neidhardt: Grundlagen der Fernsehtechnik (Berlin 1956); Mann u. Fischer: Fernsehtechnik (Leipzig, Bd 1 1957, Bd 2 1959); Schröter, Theile, Wendt: Fernsehtechnik (Berlin, Göttingen, Heidelberg, Bd 1 1956, Bd 2 1963); Hein: Fernsehaufnahmetechnik (Berlin 1967); Ztschr. radio und fernsehen (Berlin).

Fernsehfrequenzumsetzer, → Fernsehhilfsstation.

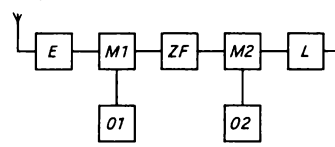
Fernsehhilfsstation, eine Anlage, die an geeigneter Stelle, meistens auf einer Bodenerhebung, das Signal vorzugsweise eines Fernsehrundfunksenders, des Muttersenders, empfängt, verstärkt und zur Versorgung eines begrenzten Gebietes (z. B. Ortschaft) wieder abstrahlt. Dabei sind Senderleistungen zwischen 50 mW und 1 kW üblich. Eine F. wird üblicherweise unbemannt betrieben, die Ein- und Ausschaltung der Anlage erfolgt durch den Muttersender. F.en sind notwendig, um besonders in Gebirgsgegenden die auftretenden Versorgungslücken der Bevölkerung mit Fernsehprogrammen zu vermeiden.



Schematische Darstellung einer Fernsehumlenkanlage

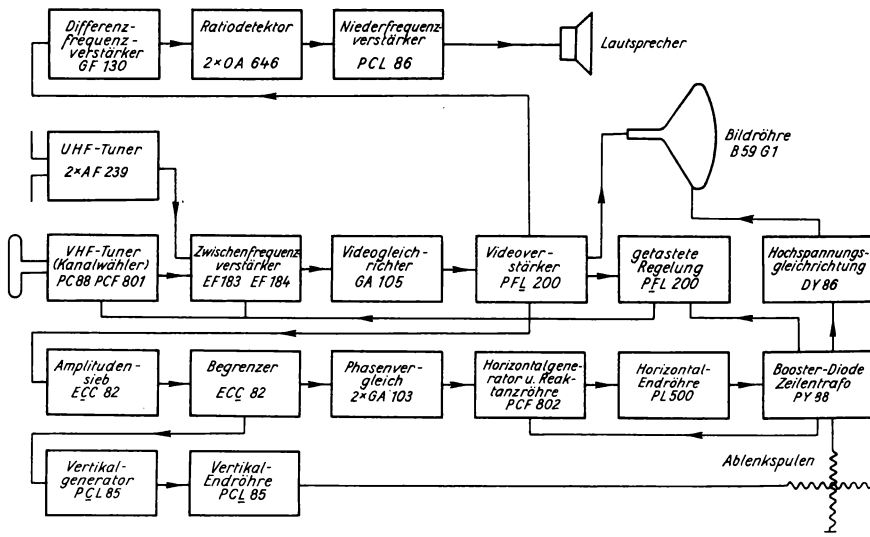
Ebenso wird bei Störungen im allgemeinen automatisch auf das Reservegerät umgeschaltet.

Man unterscheidet zwei Arten von F.en: 1) **Fernsehfrequenzumsetzer.** Hierbei ist charakteristisch, daß die Wiederaussendung des Programms auf einem anderen Fernsehkanal als der Empfang erfolgt. Von den möglichen Varianten eines Fernsehfrequenzumsetzers hat sich in den letzten Jahren wegen seiner Universalität der *Zwischenfrequenzumsetzer* durchgesetzt; dabei wird die Empfangsfrequenz auf eine Zwischenfrequenz und von da auf die Sendefrequenz umgesetzt. Das Empfangssignal gelangt über die Empfangsantenne in den Eingangsteil E, in dem eine Verstärkung und Selektion erfolgt, und von da aus zur 1. Mischstufe M1 mit Oszillator O1. Dort entsteht durch Mischung mit der Eingangsfrequenz die Zwischenfrequenz ZF, die weiter verstärkt wird. Die Endfrequenz wird durch Mischung in der 2. Mischstufe M2 der Zwischenfrequenz mit der Oszillatorfrequenz (O2) gebildet, auf die Ausgangsleistung (L) gebracht und über die Sendeantenne ausgestrahlt. 2) **Fernsehumlenkanlage.** Hier ist charakteristisch, daß Empfang und Wiederaussendung im gleichen Fernsehkanal erfolgen. Es muß also für eine ausreichende Entkopplung zwischen Sende- und Empfangsantenne gesorgt werden. Das Empfangssignal läuft ohne Frequenzänderung durch das Empfangsteil E und die Endstufe L, wobei es verstärkt und über die Sendeantenne ausgestrahlt wird. (Abb.)



Schematische Darstellung eines Fernsehfrequenzumsetzers

Fernsehmikroskopie, ein Verfahren der Mikroskopie, bei dem das Mikroskop mit einer Einrichtung nach dem Fernsehprinzip gekoppelt ist, so daß das mikroskopische Bild auf dem Schirm einer Bildröhre betrachtet werden kann. Das Objekt wird hierbei von einer Lichtpunktabtaströhre entweder zeilenförmig abgetastet (Auflicht) oder durchleuchtet (Durchlicht). Durch die



4 Blockschaltbild eines Fernsehempfängers

von Objektpunkt zu Objektpunkt variierende Reflexion bzw. Durchlässigkeit entstehen Intensitätsschwankungen des Abtaststrahlers, die von einem Multiplier in Spannungsschwankungen umgewandelt und zur Steuerung der Bildröhre verwendet werden. Der Vorteil der F. besteht vor allem darin, daß das Bild in Helligkeit und Kontrast beliebig eingestellt und einer größeren Zahl von Betrachtern zugänglich gemacht werden kann (Vorführung in Hörsälen).

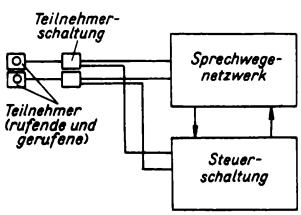
Fernsehprojektor, ein Gerät zur Projektion von Fernsehbildern. An Stelle der normalen Direktsichtbildröhre wird eine Projektionsröhre verwendet. Sie erzeugt ein sehr lichtstarkes Bild, welches mit Hilfe einer Optik auf eine Bildwand bis zur Größe von 3 · 4 m projiziert wird. Zur Anwendung kommen normale Linsenoptiken oder die Schmidt-Optik (Schmidt-Spiegel, → Spiegelsystem).

Die größte Lichtausbeute erhält man mit dem **Eidophorverfahren.** Hierbei trifft ein hochfrequent modulierter Elektronenstrahl auf eine Ölschicht, die durch den Strahl elektrostatisch aufgeladen wird und sich wellenförmig deformiert. Diese Deformation dient zur Steuerung einer Fremdlichtquelle (z. B. Bogenlampe) mit Hilfe einer Schlierenoptik.

Fernsehumlenkanlage, → Fernsehhilfsstation.

Fernsprechen (Tafel 51), **Telefonie,** die Übertragung von Sprache mit elektrotechnischen Mitteln. Für eine ausreichende Verständlichkeit wird ein Frequenzband im Bereich von 300 bis 3400 Hz (Hertz) übertragen. Die Schallschwingungen werden durch ein Kohlekörnermikrophon (Sprechkapsel) in analoge elektrische Schwingungen umgewandelt (daher analoge Technik), übertragen und durch die Hörkapsel in akustische Schwingungen zurückverwandelt. Die für den Teilnehmer notwendigen Einrichtungen sind im Fernsprechapparat (Fernsprecher, Telefonapparat) untergebracht, Hörkapsel und Mikrophon, das von einer zentral im Fernsprechvermittlungsamt aufgestellten Batterie gespeist wird, im Handapparat. Ein Gabelumschalter, ein Wecker und ein Nummernschalter zum Wählen des gewünschten Teilnehmers komplettieren die Einrichtung. Das Zusammenschalten beliebiger Teilnehmer, die ein Gespräch wünschen, ist Aufgabe der **Vermittlungstechnik.** Dabei spielen sich prinzipiell folgende Vorgänge ab:

Ein Teilnehmer teilt durch Abheben des Handapparates dem Amt seinen Gesprächswunsch mit. Die Teilnehmerschaltung (Abb. 1), die jedem Teilnehmeranschluß zugeordnet ist, kann ihn mit dem notwendigen Speisestrom versorgen und nach den Befehlen der Steuerschaltung Amts-, Ruf- und Besetztzeichen anlegen. Danach wählt er mittels seines Nummernschalters die Rufnummer des gewünschten Teilnehmers. Diese Ziffernfolge wird in einer Steuerschaltung verarbeitet. Direkt oder nach entsprechender Umrechnung der Wahlinformation (indirekt) werden bestimmte Kontakte im Sprechwegenetzwerk betätigt und dadurch die beiden Teilnehmer verbunden.



1 Zusammenschaltung verschiedener Teilnehmer

Die zur Zeit in der DDR fast ausschließlich angewandte Technik ist die der direkten Steuerung mit dekadischen Hebdrehwählern im Sprechwegenetzwerk. Jeder Wähler hat einen Eingang und 100 Ausgänge. Die Einstellung erfolgt in zwei Bewegungsrichtungen: Heben auf einen der 10 Höhenschritte (Dekaden) und danach Einstellen auf einen der 10 Drehschritte (Drehen). Hebt der Teilnehmer seinen Handapparat ab, so wird er sofort durch den Vorwähler VW (Abb. 2) mit einem freien Gruppenwähler GW verbunden (freie Wahl). Die erste gewählte Ziffer stellt den GW auf den entsprechenden Höhenschritt ein (gesteuerte Wahl). Damit ist in diesem Fall die Tausendergruppe des gewünschten Teilnehmers ausgewählt. Unmittelbar danach wird in freier Wahl die nächste GW-Stufe zugewiesen. Die Hundertergruppe wird in gleicher Weise angesteuert. Der Leitungswähler LW wird wieder in freier Wahl zugeordnet. Die beiden letzten Ziffern (Zehner, Einer) stellen den LW in gesteuerter Wahl ein. Auf diese Weise kann jeder Teilnehmer jeden anderen selbsttätig anwählen. Will man mit

2 Steuerung mit dekadischen Hebdrehwählern

dieser Technik einen **Selbstwählfernverkehr** (abg. **SWF-Verkehr**) ermöglichen, so müssen neben dem eigentlichen Sprachfrequenzband noch mehrere Signale übertragen werden (Wählimpulse, Ruf-, Besetzt- und Zählzeichen, Beginn- und Schlußimpuls u. a.). Viele Gründe (großer Wartungsaufwand, relativ große Störgeräusche u. a.) führten dazu, andere Kontakte im Sprechwegenetzwerk einzusetzen. Der *Koordinatenschalter* und der *Schutzgaskontakt* weisen bedeutend bessere Eigenschaften auf. Diese modernen Bauelemente in Verbindung mit Halbleiterbauelementen ermöglichen neben einer besseren Ausnutzung der erreichbaren Leitungsbündel auch eine andere und günstigere Steuerung (indirekte Steuerung). Hierbei werden die vom Teilnehmer gewählten Ziffern in ein spezielles Speicherglied (Register) eingeschrieben (gespeichert), umgerechnet und nach Anforderung der Steuerschaltung übergeben. Nachdem verschiedene Prüfvorgänge abgelaufen sind, werden die entsprechenden Kontakte im Sprechwegenetzwerk durchgeschaltet.

Eine vollelektronische Lösung der Vermittlungstechnik bietet die Methode der *Zeitteilung.* Im wesentlichen besteht das Sprechwegenetzwerk hierbei aus einer Sammelleitung (*Highway*), an die die Teilnehmer über einen elektronischen Schalter angeschlossen sind. Wünscht ein Teilnehmer mit einem anderen verbunden zu werden, so teilt er dessen Rufnummer der Steuerschaltung mit. Diese steuert die elektronischen Schalter, über die beide Teilnehmer immer gleichzeitig, aber nur kurzfristig an die Sammelleitung geschaltet werden. Die anderen Schalter werden in diesem kurzen Zeitintervall nicht betätigt. Nach diesem Verfahren werden der Sprache nur kurzzeitige Impulse entnommen und übertragen. Aus ihnen läßt sich am Empfänger die Sprache mit guter Verständlichkeit wiedergewinnen.

Lit. Dahms u. Brüder: Ortsamtstechnik (Brandenburg 1966); Führer: Wählvermittlungstechnik (6. Aufl. Berlin 1965); Hettwig u. Oberarzbacher: Fernsprechtechnik für Bahnen, Straßen und Wasserwege (München, Wien 1967); Jury u. Titze: Fernsprechendapparate (2. Aufl. Berlin 1967); G. Schmidt: Einführung in die Vermittlungstechnik (München, Wien 1965); G. Seelmann-Eggebert: Fernwahlsysteme in der Welt (München, Wien 1964); Schmidt u. Broße: Fernsprech-Übertragung (Berlin 1967); Stegeru. Kalkbrenner: Selbstwählfernverkehr (Berlin 1966); Ztschr. Der Fernmeldepraktiker (Berlin).

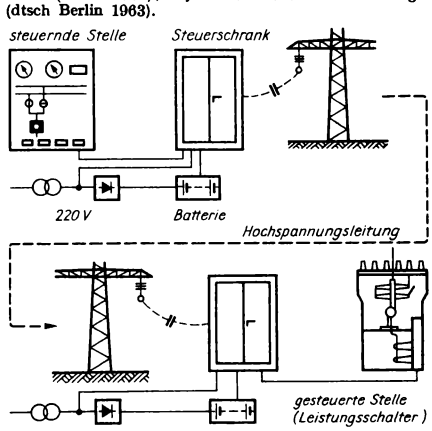
Fernsteuerung, ein Teilgebiet der → Fernwirktechnik, die → Steuerung eines Vorganges über beliebige Entfernungen. F. erfolgt z. B. in Ver-

sorgungsnetzen für Elektrizität, Gas, Öl, Wasser zur Betätigung von Schaltern, Schiebern, Ventilen, Pumpen, Generatoren, zur Bedienung von ganzen Kraftwerken und Umspannwerken, in ausgedehnten Produktionsanlagen usw. Signalträger einer F. sind meist codierte Impulsfolgen mit hoher Störsicherheit, vor allem dann, wenn große Entfernungen zu überbrücken sind. An Stelle von Impulsfolgen können auch diskrete Frequenzen, vor allem im Tonfrequenzbereich, als Signalträger dienen. Diese Art der F. wird als → Funkfernsteuerung z. B. zur drahtlosen Fernbedienung von Kranen eingesetzt. In Energieversorgungsnetzen wird als Übertragungskanal meist eine Kabelverbindung (betriebseigen oder Stromwege der Post) oder, besonders in der Elektroenergieversorgung, das Versorgungsnetz selbst benutzt. Die zu übertragenden Informationen (Befehle, Meldungen, Meßwerte) werden einer Trägerfrequenz im Bereich von 30 bis 500 kHz als Impulsfolge oder auch als Tonfrequenz aufmoduliert und diese über entsprechend spannungsfeste Koppelkondensatoren an die Hochspannungsleitung angekoppelt (→ Trägerfrequenztechnik). Am Empfangsort wird die Trägerfrequenz ausgekoppelt und die Information nach Demodulation weitergeleitet. In der Abb. ist schematisch die F. eines Leistungsschalters (→ Schalter) über TFH (Trägerfrequenzübertragung auf Hochspannungsleitung) dargestellt. Damit können Hunderte von Kilometern überbrückt werden.

In Ferngasnetzen und bei Erdölleitungen erfolgt die F. meist über parallel zur Trasse geführte Kabel, die gleichzeitig das betriebseigene Fernmeldenetz bilden.

Zur F. gehören auch die in einigen Städten betriebenen *Rundsteueranlagen*, d. s. Fernsteuerungsanlagen, in denen durch Tonfrequenzen (zwischen 175 und 3000 Hz), die dem 50-Hz-Versorgungsnetz überlagert sind, Schaltbefehle für Straßenbeleuchtung, Tarifumschaltung u. a. überlagert werden.

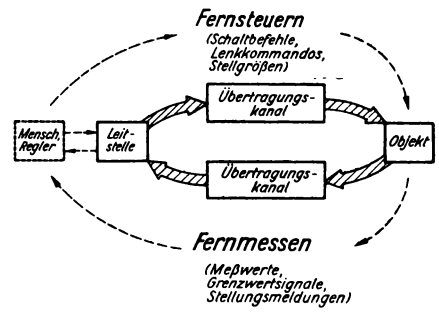
Lit. Erhardt: F., Reihe Automatisierungstechnik Bd 14 (Berlin 1964); Iljin: F. dezentralisierter Anlagen (dtsch Berlin 1963).



Fernsteuerung eines Leistungsschalters über TFH (Trägerfrequenzübertragung auf Hochspannungsleitung)

Fernüberwachung, die Anwendung der → Fernwirktechnik zur Überwachung von Anlagen oder Vorgängen von räumlich getrennter Stelle aus, → Fernmessung, → Fernsteuerung.

Fernwirktechnik, die Erzeugung, Übertragung und Verarbeitung von systemgebundenen (nicht willkürlich änderbaren), technischen Informationen. Die F. umfaßt Geräte und Anlagen zur Eingabe, Übertragung, Ausgabe und Verarbeitung solcher Informationen (Meßwerte, Befehle, Signale), die zwischen Menschen und technischen Objekten oder auch nur zwischen technischen Objekten ausgetauscht werden können. Der Informationsfluß ist gerichtet; von der Leitstelle zum Objekt werden Schaltbefehle, Steuersignale u. ä., vom Objekt zur Leitstelle Meßwerte, Stellungsmeldungen und Grenzwertsignale übertragen (Abb.). Je nach Wirkungsrichtung spricht man von → Fernsteuerung und → Fernmessung. Beide sind meist miteinander verknüpft; bei geschlossener Wirkungskette (→ Regelung) entsteht eine → Fernregelung.



Informationsfluß in einer Fernwirkanlage

Als Übertragungskanal werden Fernmeldeleitungen für die Zwecke der F. ausgenützt; in der Elektroenergieversorgung sind daneben TFH-Kanäle üblich (TFH, Abk. für Trägerfrequenzübertragung auf Hochspannungsleitungen). Drahtlose Übertragungskanäle werden für Spezialzwecke eingesetzt (→ Funkfernsteuerung, → Fernlenkung, Überbrückung großer Entfernungen, z. B. zu Raumfahrzeugen). Von örtlichen → Steuerungen und Meßeinrichtungen unterscheidet sich die F. durch die Verwendung einer Hilfsgröße, der die Information aufgeprägt (aufmoduliert) wird, z. B. einer Trägerfrequenz, einer Impulsfolge u. a. Nach dem Signalträger sind die verschiedenen Verfahren der F. benannt (Pulscode-, Impulsfrequenzverfahren u. a.).

Hauptanwendungsgebiete der F. sind die Energiewirtschaft (Elektrizität, Gas, Öl, Wasser) sowie Überwachung und Bedienung unzugänglicher Objekte und Vorgänge (z. B Raumsonden).

Lit. Phillippow: Taschenb. Elektrotechnik Bd III (Berlin 1968); Wassiljew u. Schastowa: Informationsübertragung in der F. (dtsch Berlin 1963).

Fernwirkungstheorie, → Feld.

Fernzündung, das Auslösen einer Zündung über größere Entfernungen hin, z. B. die Betätigung der Zündfunken bei Sprengarbeiten durch elektrische Anlagen (→ Zünder).

Ferraris-Maschine, → elektrische Maschine.

Ferrate, Salze des VI-wertigen Eisens, z. B. Bariumferrat $BaFeO_4$.

Ferri..., veraltete Bezeichnung für Eisen(III)-..., z. B. Ferrisulfat für Eisen(III)-sulfat.

Ferrit *n*, 1) Metallographie: 1) **α-Ferrit,** kubisch raumzentrierter Eisen-Mischkristall, der durch Phasenumwandlung im festen Zustand gebildet wurde. α-Ferrit bildet den sehr weichen und plastischen Bestandteil des Stahles und ist für dessen Kaltformbarkeit ausschlaggebend (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen). F. ist bis 760 °C ferromagnetisch (Curiepunkt) und vermag bei 723 °C maximal 0,02 % Kohlenstoff zu lösen. 2) **δ-Ferrit,** aus der Schmelze gebildeter kubisch raumzentrierter Eisen-Mischkristall, der oft in austenitischen Stählen angetroffen wird und die Korrosionsbeständigkeit dieser Stähle herabsetzt. Durch den Gehalt an δ-Ferrit werden

die paramagnetischen austenitischen Stähle ferromagnetisch.

2) Elektrotechnik und Werkstoffkunde: die Verbindung von Eisenoxid Fe_2O_3 mit einem oder mehreren Oxiden eines zweiwertigen Metalls, z. B. Nickel, Zink oder Mangan (Mischoxide, → Oxidkeramik). Bestimmte F.e sind hochwertige magnetische Werkstoffe. Die weichmagnetischen F.e zeichnen sich durch hohe magnetische Permeabilität, geringe Koerzitivfeldstärke und sehr großen elektrischen Widerstand aus. Viele F.e entsprechen im Gitterbau dem zum regulären (kubischen) Kristallsystem gehörenden Spinelltyp. Ein F. mit der Zusammensetzung $BaO \cdot 6\,Fe_2O_3$ und hexagonalem Gitter wird als hervorragender Dauermagnet-Werkstoff verwendet.

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

Ferro..., im weiteren Sinne svw. Eisen... [lateinisch ferrum], im engeren Sinne veraltete Bezeichnung für Eisen(II)-..., z. B. Ferrosulfat für Eisen(II)-sulfat.

Ferroelektrizität, zusammenfassende Bezeichnung für Erscheinungen, die bei manchen dielektrischen Stoffen, den **Ferroelektrika,** im elektrischen Feld auftreten. Das Verhalten von Ferroelektrika ist dem von ferromagnetischen Stoffen im Magnetfeld ähnlich (→ Magnetismus), insbesondere treten Hysterese und Sättigung auf; die relative Dielektrizitätskonstante (→ Dielektrikum) ist also von der Feldstärke abhängig und kann (ebenso wie die Permeabilität der Ferromagnetika) sehr hohe Werte (bis etwa 10^4) erreichen. Analog den Ferromagnetika zeigen die Ferroelektrika eine große Temperaturabhängigkeit der Dielektrizitätskonstanten, und es existieren ein oder mehrere → Curiepunkte. Die wichtigsten ferroelektrischen Stoffe sind Kalium-Natrium-Tartrat (Seignette-Salz, daher früher auch Seignette-Elektrizität statt F.) und Bariumtitanat. Ferroelektrika werden wegen ihrer großen Dielektrizitätskonstanten zur Herstellung von Kondensatoren verwendet (z. B. Epsilankondensatoren). Da deren Kapazität unter Umständen relativ stark spannungsabhängig ist, können sie für dielektrische Verstärker, zur Frequenzmodulation u. dgl. verwendet werden. Sie werden auch als Speicherelement in elektronischen Rechenautomaten eingesetzt. Ferroelektrika sind permanent polarisierbar (→ Elektret) und weisen den piezoelektrischen Effekt auf, weshalb sie auch für elektroakustische Wandler verwendet werden (→ Piezoelektrizität).

Ferrolegierungen, Legierungen des Eisens mit anderen Metallen oder Nicht- bzw. Halbmetallen, die für die Erzeugung legierter Stähle als Vorlegierungen bzw. Zuschläge von Bedeutung sind. Die F. dienen z. T. zur Desoxydation von Stahlschmelzen, z. T. beeinflussen sie als Legierungselemente die Gebrauchseigenschaften der verschiedenen Stahlgruppen. F. mit Metallen sind z. B. Eisenlegierungen mit Chrom (**Ferrochrom**), Mangan (**Ferromangan**), Molybdän (**Ferromolybdän**), Nickel (**Ferronickel**), Titan (**Ferrotitan**), Vanadin (**Ferrovanadin**), Wolfram (**Ferrowolfram**), F. mit Nicht- oder Halbmetallen sind z. B. Eisenlegierungen mit Phosphor (**Ferrophosphor**) und Silizium (**Ferrosilizium**).

Lit. Durre u. Volkert: Die Metallurgie der F. (Berlin 1953); Eljutin, Pawlow u. Lewin: F. (dtsch Berlin 1953).

ferromagnetische Resonanz, eine zum Gebiet der Hochfrequenzspektroskopie gehörende Erscheinung in ferromagnetischen Stoffen, die genau analog zur paramagnetischen Resonanz ist. Bei der f.n R. werden jedoch nicht die einzelnen Atome, sondern ganze Atomgruppen (die Weißschen Bezirke) in einem angelegten Magnetfeld orientiert und zur Resonanz gebracht. Die f. R. äußert sich in einem starken Anwachsen der Permeabilität des Stoffes.

Ferromagnetismus, → Magnetismus.

Ferromagnon, ein Quasiteilchen in einem ferromagnetischen Körper. Das F. ist den → Spinwellen auf Grund einer rein formalen Benutzung des Dualismus von Welle und Korpuskel mathematisch zugeordnet; es ist kein real existierendes physikalisches Teilchen und dient zur Erleichterung von Berechnungen in der statistischen Mechanik der Ferromagnetika.

Fertigguß, svw. → Formguß.

Fertigungsart, in der industriellen Produktion die Methode, nach der die einzelnen Erzeugnisse oder ihre Teile anzufertigen sind. Man unterscheidet 4 Grundformen:

1) Die **Entwicklungsmusterfertigung** ist die Herstellung von Funktionsmustern (Prototypen) mittels Universalmaschinen und hochqualifizierten Arbeitskräften. 2) Die **Einzelfertigung** ist die Herstellung von Einzelstücken in geringen Stückzahlen nach verbindlichen Zeichnungen mit vielseitigen Maschinen und überwiegend Facharbeitern (z. B. Dreher, Fräser usw.). Die Fertigung gleicher Stücke kann sich in größeren Zeitabständen wiederholen. 3) Die **Serienfertigung** ist die Herstellung meist größerer, oft auch wiederkehrender Stückzahlen. Während einer Serie bleibt das Erzeugnis unverändert. Durch weitgehende Arbeitsteilung können zur Bedienung der weniger vielseitigen Maschinen auch weniger vielseitige Arbeitskräfte eingesetzt werden. Zur Einrichtung der Maschinen sind dagegen nur wenige, jedoch hochqualifizierte Einrichter notwendig. Die Serienfertigung wird in Klein-, Mittel- und Großserienfertigung unterteilt. 4) Die **Massenfertigung** ist die Herstellung größter Stückzahlen, wobei während längerer Zeit nur ein oder zumindest nur wenige Erzeugnisse gleichzeitig produziert werden bei weitestgehender Arbeitsteilung. Es werden Einzweckmaschinen und u. U. Sondermaschinen angewendet. Diese F. ist günstig für die Automatisierung. Der Einsatz von angelernten Kräften ist möglich. Besonders wichtig ist die Fertigungsvorbereitung.

Die Grenzen der einzelnen F.en sind nicht scharf ausgeprägt und von der Betriebsgröße unabhängig. In einem Betrieb können für verschiedene Erzeugnisse verschiedene F.en angewendet werden.

Fertigungsplan, ein technologisches Hilfsmittel zur Planung des Fertigungsablaufes. Der F. wird weitgehender unterteilt als der → Arbeitsplan und findet Anwendung in der Großserien- und Massenfertigung. Neben der **Fertigungsfolge,** unterteilt in → Arbeitsgänge und → Arbeitsstufen, werden die zu verwendenden Maschinen, die technologischen Werte (→ Richtwerte), das Werkzeug, die Vorrichtungen, Lehren und Meßzeuge, die erforderliche Qualifikation der Arbeitskraft und die vorkalkulierte Zeit oder die Normzeit angegeben.

Fertigungsplanung, Sammelbezeichnung für verschiedene aufeinander abgestimmte technisch-organisatorische Maßnahmen zur Durchführung einer vorgesehenen Fertigung von Erzeugnissen. Die F. bezieht sich auf die Gestaltung des Erzeugnisses und auf die **Fertigungsvorbereitung** (alle technologischen Maßnahmen zur Durchführung der Fertigung mit einem geringsten Aufwand, besonders die Festlegung des Fertigungsablaufes) einschließlich der Bereitstellung der Fertigungsmittel (Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen) und der Festlegung der Maßnahmen zur **Fertigungssteuerung,** d. h. der Anwendung und Kontrolle der Maßnahmen der F. (z. B. Pläne und Einrichtungen zum Maschineneinsatz und zur Maschinenbelegung, Arbeitskräfteeinsatz, innerbetrieblicher Transport, Werkzeugdienst).

Fertigungstechnik (Tafeln 28, 29, 30), die wissenschaftliche Lehre von den Gesetzmäßigkeiten der Herstellung geometrisch bestimmter, mechanisch nutzbarer, fester Körper als Bestandteile von Nutz- und Ziergegenständen aller Art. Gegensatz: → Verfahrenstechnik. Diese Bestandteile werden während ihrer Herstellung durch → Fertigungsverfahren als Werkstücke bezeichnet.

O. Kienzle gibt für die F. 4 Hauptaufgaben an: Haupt- und Fehlergeometrie der Werkstücke sowie Mengenleistung und Anpassung der Arbeit an den Menschen.

Lit. Kaschirin: Technologie des Werkzeugmaschinenbaues (dtsch Berlin 1953); Krist: Werkstatt-Tabellen (Leipzig 1958); Informationshandb. für Technologen (2. Aufl. Berlin 1961); Ztschr.: F. und Betrieb (Berlin); Grundausbildung Metall, 2 Tle (Berlin, Tl 1 7. Aufl. 1967, Tl 2 5. Aufl. 1967).

Fertigungsverfahren, Verfahren zur Fertigung (Herstellung) von → Werkstücken. Nach Bredendick ist Fertigen die Veränderung der Gestalt oder Stoffeigenschaft eines Werkstückes in Richtung auf den geplanten Endzustand. Die F. werden in 6 Hauptgruppen eingeteilt (TGL 21639), und zwar → Urformen, → Umformen, → Trennen, → Fügen, → Beschichten und → Stoffeigenschaftsändern.

Lit. → Fertigungstechnik.

Fertigungsvorbereitung, → Fertigungsplanung.

Festbett, → Kracken, → Vergasung.

Feste, → Pfeiler.

Festigkeit, 1) der Widerstand eines Körpers gegen das Einwirken von Kräften. Bei der Prüfung metallischer Werkstoffe bezieht man die einwirkende Kraft F im Normalfall auf den Ausgangsquerschnitt A_0 der Probe und gibt die F. als Spannung $\sigma = \frac{F}{A_0}$ in kp mm^{-2} an. Da die Metalle bei Belastung ihre Form ändern, entsprechen die so berechneten F.en nicht den wirklichen Beanspruchungen des Werkstoffes. In der Technik bezeichnet man die F. nach der Art der Beanspruchung z. B. als Zugfestigkeit, Druckfestigkeit, Scherfestigkeit oder Biegefestigkeit und versteht darunter die höchste Spannung, die a) zum Bruch der Probe führte (z. B. die Biegefestigkeit) oder b) vor dem Bruch vom Werkstoff ertragen wurde (z. B. die Zugfestigkeit) oder c) von einem Werkstoff unendlich lange ohne Bruch gerade noch ertragen werden kann (z. B. die Dauerschwingfestigkeit).

Nach der Geschwindigkeit der Beanspruchung unterscheidet man zwischen statischer und dynamischer F. (→ Werkstoffprüfung). Weiterhin haben die Versuchsdauer und die Prüftemperatur Einfluß auf die F. (→ Warmfestigkeit, → Standversuch).

In besonderen Fällen mißt man gleichzeitig mit der einwirkenden Kraft den jeweiligen Querschnitt A der Probe und berechnet daraus die wahren Spannungen $\sigma_w = \frac{F}{A}$ in kp mm^{-2}. Sie entsprechen der wirklichen Beanspruchung des Werkstoffs. Die auf diesem Weg ermittelten wahren F.en stimmen jedoch nicht mit den auf Grund atomistischer Betrachtungen berechneten theoretischen F.en überein. Die Ursache für dieses Verhalten sind Baufehler im Kristallgitter der Metalle.

Die **Festigkeitslehre** ist ein Zweig der technischen Mechanik; sie liefert der Konstruktionslehre die Grundlagen. Ein Teilgebiet ist die **Elastizitätslehre;** die Elastizitätsrechnungen ermöglichen Aussagen über die zu erwartenden elastischen Formänderungen der Bauteile, die meistens wichtiger sind als die Kenntnis der Kräfte, die zum Bruch führen würden. Zur Untersuchung von Spannungsverteilungen wendet man photoelastische Verfahren an.

2) → Gestaltfestigkeit.

Lit. Dreyer: Festigkeitslehre und Elastizitätslehre (15. Aufl. Leipzig 1963), Formelsammlung zur Festigkeitslehre und Elastizitätslehre (17. Aufl. Leipzig 1958); Filonenko u. Boroditsch: Festigkeitslehre 2 Bde (Berlin 1952); Ringleben: Festigkeitslehre und ihre praktische Anwendung (Leipzig 1952); Zimmermann: Festigkeitslehre (7. Aufl. Leipzig 1952); Schlechte: F. für Bauingenieure (Berlin 1967).

Festkomma, → Digitalrechenautomat, Abschn. 2.

Festkörper, ein Aggregatzustand, bei dem die einzelnen Moleküle durch Bindungskräfte in bestimmten Lagen festgehalten werden. Dadurch zeigt der F. (im Gegensatz zur Flüssigkeit) eine starke Formbeständigkeit. Vom F. zu unterscheiden ist der *starre Körper*, der als Idealform bei vielen Untersuchungen in der Mechanik eine große Rolle spielt, wenn von den elastischen Eigenschaften der F. abgesehen werden soll. Dem starren Körper wird eine absolute Form- und Volumenbeständigkeit zugeschrieben.

Sind die atomaren oder molekularen Bausteine der F. in einer regelmäßigen Gitterstruktur angeordnet (→ Kristall), so liegt ein **idealer F.** in der Gestalt eines *Einkristalls* vor. Er könnte aber nur am absoluten Temperaturnullpunkt existieren, weil die Wärmebewegungen im Gitter den regelmäßigen Aufbau stören. Der **reale F.** unterscheidet sich in mehreren Punkten von dieser Idealform. Die *Realkristalle* zeigen Schollen- oder Mosaikstruktur, bei der nur kleinste Teilgebiete als Einkristalle aufgebaut sind. Dann ist aber auch bei endlichen Temperaturen die regelmäßige Anordnung innerhalb der kleinsten Teilgebiete durch Fehlstellen gestört. Es können z. B. Leerstellen auftreten, d. h. Gitterplätze unbesetzt bleiben, oder überschüssige Bausteine können sich auf Zwischengitterplätzen befinden. Diese Fehlstellen sind wichtig zur Deutung vieler kinetischer Vorgänge in F.n; auf ihnen beruhen die chemischen **Festkörperreaktionen** (oft photochemischer Natur) und die Ionenleitfähigkeit in F.n, wie sie bei → Halbleitern auftritt. Die Elektronenleitung, wie sie die Metalle und auch die Halbleiter zeigen, findet durch das Bändermodell der F. ihre Deutung.

Wichtiges Teilgebiet der modernen Forschung ist die Untersuchung des Verhaltens von F.n gegenüber Lichteinwirkung (→ Lumineszenz, → lichtelektrischer Effekt).

Bei Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder können F. Erscheinungen wie Ferromagnetismus, Supraleitung oder Piezoelektrizität zeigen. Andere Arbeitsgebiete der Festkörperforschung sind: Strukturuntersuchungen (z. B. mit Röntgenstrahlung, → Kristallstrukturanalyse), Kinetik des Kristallwachstums, Untersuchung der Elastizität und Plastizität, Durchgang von Schall, insbesondere von Ultraschall, durch F.

Lit. Festkörperphysik und Physik der Leuchtstoffe (Berlin 1958).

Festlinie, svw. → Soliduslinie.

Festmeter, Kurzzeichen fm, in der Forstwirtschaft gebräuchliche Einheit für 1 m³ fester Holzmasse.

Festpunkt, 1) Geodäsie: **Fixpunkt,** ein genau vermessener Punkt, der entweder im Gelände dauerhaft vorhanden ist (z. B. Kirchturmspitze) oder der für Vermessungszwecke in der Örtlichkeit besonders angebracht wird. Man unterscheidet hauptsächlich → trigonometrische Punkte, Polygonpunkte (→ Polygonierung) und Höhenbolzen (→ Höhenmessung). Von den F.en aus werden Vermessungsarbeiten durchgeführt.

2) Mathematik: svw. → Fixpunkt.

Fettalkohole, eine Gruppe geradkettiger Alkohole von etwa C_{10} bis C_{20}, z. B. n-Dodekanol (n-Dodezylalkohol, Laurylalkohol) $CH_3(CH_2)_{11}OH$, n-Hexadekanol-(1) (n-Hexadezylalkohol,

Zetylalkohol, Palmitylalkohol) $C_{16}H_{33}OH$ und Oktadezen-9-ol-(1) (Oleylalkohol) $C_{18}H_{35}OH$. F. sind in Wasser unlöslich, in Alkohol und Äther leicht löslich. Natürliche F. kommen in Walrat und Wollfett vor. Synthetisch erhält man F. durch Reduktion höherer Fettsäuren oder ihrer Ester, die bei der Paraffinoxydation anfallen. Die Hauptmenge der F. wird heute zur Herstellung von Waschrohstoffen, z. B. von Alkylsulfaten und Alkylpolyglykoläthern, verbraucht.

Fette und fette Öle, Stoffe, die im Tier- und Pflanzenreich, vor allem im Fettgewebe, vorkommen. Chemisch stellen sie feste oder flüssige Gemische von Glyzeriden mit 1 bis 3 Molekülen Fettsäuren dar. Die natürlichen F. u. f.n Ö. bestehen aus gemischten Triglyzeriden; sie enthalten nur unverzweigte Fettsäuren mit einer geraden Anzahl von C-Atomen. In den festen Fetten finden sich am häufigsten Fettsäuren mit 16 oder 18 C-Atomen, z. B. Palmitin- und Stearinsäure, in den Ölen Ölsäure, Linol- und Linolensäure. In geringen Mengen sind noch andere Fettsäuren enthalten, z. B. Buttersäure in der Butter. Während in den **tierischen Fetten** Palmitin-, Stearin- und Ölsäure überwiegen, enthalten die **pflanzlichen Öle** außerdem noch mehrfach ungesättigte Fettsäuren. In reinem Zustand sind die F. u. f.n Ö. farb-, geruch- und geschmacklos. Die Gelbfärbung der natürlichen F. u. f.n Ö. beruht auf ihrem Gehalt an Karotinoidfarbstoffen. Die F. u. f.n Ö. sind leichter als Wasser und in diesem unlöslich. Unter Einwirkung von Luftsauerstoff, Licht und bestimmten Mikroorganismen spalten sich die F. u. f.n Ö. in Glyzerin und Fettsäuren (*Ranzigwerden*). Beim Kochen mit Lauge tritt Verseifung ein, d. h., die F. u. f.n Ö. spalten sich in Glyzerin und die Alkalisalze der Fettsäuren, die Seifen. Zur Charakterisierung der F. u. f.n Ö. dienen z. B. die → Esterzahl, → Säurezahl und → Verseifungszahl.

Durch **Fetthärtung** wird katalytisch an ungesättigte Bindungen von F.n u. f.n Ö.n Wasserstoff angelagert. Dadurch ist es möglich, auch Trane und Walöle dem menschlichen Bedarf nutzbar zu machen. Der Tran- und Fischgeruch und -geschmack verschwindet bei der Hydrierung.

fettes Öl	% Fettsäure, bezogen auf Gesamtsäureanteil	Verwendung
Baumwollsaatöl	29,6% Ölsäure 45,3% Linolsäure	Speise- und Salatöl, Speisefett
Erdnußöl	56 % Ölsäure 26 % Linolsäure	Speiseöl, Margarine, Erdnußbutter
Hanföl	16 % Ölsäure 46 % Linolsäure 28 % Linolensäure	Speiseöl, Seifen- und Lackrohstoff
Holzöl (Tungöl)	15 % Ölsäure	Lackrohstoff, Anstrichmittel
Leinöl	21 % Ölsäure 24 % Linolsäure 45 % Linolensäure	kaltgepreßt als Speiseöl; Anstrichmittel
Mohnöl	30,1% Ölsäure 62,2% Linolsäure	Speiseöl
Palmöl (Palmfett)	48 % Ölsäure 36 % Palmitinsäure	Seifenrohstoff, seltener Speisefett
Olivenöl	82,5% Ölsäure	Speiseöl
Perillaöl	8 % Ölsäure 28 % Linolsäure 46,5% Linolensäure	kaltgepreßt als Speiseöl; Anstrichmittel
Sesamöl	47,4% Ölsäure 39 % Linolsäure	Speiseöl, Margarine
Sojaöl	33,5% Ölsäure 52,5% Linolsäure	Speiseöl, Margarine
Sonnenblumenöl	34,1% Ölsäure 58,5% Linolsäure	Speiseöl, Margarine
Rizinusöl	85,9% Rizinolsäure	pharmazeutische Mittel
Rüböl (Rapsöl)	16 % Ölsäure 12,5% Linolsäure 9,9% Linolensäure 47,3% Erukasäure	Speiseöl, Brennöl

Bei den fetten Ölen unterscheidet man trocknende und nichttrocknende Öle. Die *trocknenden Öle* sind Glyzeride mehr oder weniger stark ungesättigter Fettsäuren und bilden an der Luft in kurzer Zeit unter Sauerstoffaufnahme einen Film. Hierzu gehören vor allem Leinöl, Holzöl (Tungöl) und Perillaöl. *Nichttrocknende Öle* besitzen einen hohen Gehalt an Ölsäure und bleiben längere Zeit unter Lufteinwirkung flüssig.

Zur Fettgewinnung werden die Zellgewebe in der Regel ausgepreßt, ausgeschmolzen oder mit Lösungsmitteln, z. B. Benzin und Kohlendisulfid, extrahiert. Die rohen F. u. f.n Ö. werden meistens noch raffiniert.

Synthetische F. u. f. Ö. gewinnt man durch Veresterung der bei der Paraffinoxydation entstehenden Fettsäuregemische mit Glyzerin bei Temperaturen über 100 °C im Vakuum unter gleichzeitiger Entfernung des entstehenden Wassers. Da sie aber im Gegensatz zu den natürlichen F.n u. f.n Ö.n auch Fettsäuren mit verzweigten Kohlenstoffketten enthalten, sind sie für die menschliche Ernährung ungeeignet, helfen jedoch den industriellen Bedarf decken.

Im Organismus dienen die Fette vor allem als Reservestoffe. Der Abbau erfolgt durch bestimmte Fermente, die Lipasen, in der Bauchspeicheldrüse, im Darm und in der Leber. Das bei der Spaltung gebildete Glyzerin wird wie ein Kohlenhydrat weiter abgebaut oder dient — weiter umgebaut — zum Aufbau von Glukose, Fruktose u. ä. Die Fettsäuren werden durch Oxydation in C_2-Einheiten und aktivierte Essigsäure zerlegt, die ihrerseits auch Ausgangsverbindung für die Biosynthese der Fette ist.

Verwendung. Außer als Nahrungsmittel dienen F. u. f. Ö. auch zur Herstellung von Fettsäuren, Glyzerin, Seife, Salben und Kerzen, als Heiz-, Beleuchtungs- und Schmiermittel, in der Färberei und Gerberei, die trocknenden Öle bes. zur Herstellung von Lacken, Firnissen, Malerfarben und Textilölen.

Lit. Lüde: Die Gewinnung von F.n u. f.n Ö.n (3. Aufl. Dresden u. Leipzig 1954), Die Raffination von F.n u. f.n Ö.n (2. Aufl. Dresden u. Leipzig 1962); Marcusson: Die Untersuchung der Fette und Öle (Halle 1952); Rickmers: Die Öle und Fette in Wirtschaft und Technik (Augsburg 1951); Schönfeld: Chemie und Technologie der Fette und Fettprodukte (Wien 1936—1939); Wittka: Die modernen Methoden zur Umformung der Fette (Leipzig 1958); Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten, Fettprodukten und verwandten Stoffen (Stuttgart 1950).

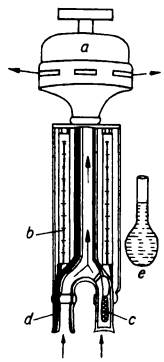
Fettfänger, ein → Schwimmstoffabscheider.

Fettsäuren, → Karbonsäuren.

Fettspaltung, die Zerlegung der Glyzeride natürlicher Fette und fetter Öle in Glyzerin und Fettsäure. In der Technik sind folgende Verfahren üblich: 1) **Reaktivspaltung:** Das Fett wird mit 20 bis 30% Wasser, 1% Schwefelsäure und 0,5 bis 1% Twitchell-Reaktiv (Sulfoarylölsäure) gekocht. 2) **Druckspaltung (Autoklavenspaltung):** Man unterscheidet die Hochdruckspaltung ohne Katalysatoren in Gegenwart von Wasser bei 220 bis 260 °C und 20 bis 30 at und die Spaltung mit Katalysatoren, z. B. Zink-, Kalzium-, Magnesiumoxid, oberhalb 110 °C bei 5 bis 10 at. 3) **Säurespaltung:** Das Fett wird mit 4- bis 12%iger konzentrierter Schwefelsäure gespalten. Die anfallenden Fettsäuren sind dunkel und müssen mit Bleicherde raffiniert werden. — Von geringerer Bedeutung ist die fermentative F., z. B. mit Lipase.

Feuchtigkeit, Feuchte, der Wasserdampfgehalt der Luft. Er wird angegeben als **absolute F.** in g Wasserdampf je m^3, als **spezifische F.** in g Wasserdampf je kg feuchter Luft, als **Mischungsverhältnis** in g Wasserdampf je kg trockener Luft, als Dampfdruck in Torr oder Millibar. Die **relative F.** ist das Verhältnis des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes zu der bei der je-

Feuchtraum-armaturen



Aßmannsches Aspirationspsychrometer. *a* Ventilator, *b* trockenes Thermometer, *c* feuchtes Thermometer mit Musselinstrumpf, *d* Strahlungsschutz, *e* Gummiballon mit Glasröhrchen zum Befeuchten des Musselinstrumpfes

weiligen Temperatur überhaupt möglichen Wasserdampfmenge, der **Sättigungs-** oder **maximalen F.**

Die Bestimmung der F. der Luft kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. 1) Psychrometrische Verfahren. Strömt Luft über einen mit Wasser benetzten Körper, so vermag sie noch so viel Wasserdampf aufzunehmen, wie ihr zur Sättigung fehlt, wobei der diesem Fehlbetrag entsprechende Teil des Wassers verdampft. Die zur Verdunstung benötigte Wärmemenge wird dem Körper entzogen, dessen Temperatur so weit absinkt, bis Gleichgewicht zwischen Wärmeabgabe und Wärmezufuhr aus der Umgebung eintritt. Auf diesem Prinzip beruht das *Aspirationspsychrometer*. Aus dem Unterschied der Thermometerstände, der psychrometrischen Differenz, die proportional der stattfindenden Verdunstung ist und mit steigender Temperatur wächst, läßt sich mit Hilfe von Psychrometertafeln die Luftfeuchtigkeit bestimmen. Bei dem leicht transportablen *Aßmannschen Aspirationspsychrometer* werden die beiden, durch ein vernickeltes Gehäuse gegen direkte Einstrahlung weitgehend geschützten Thermometer durch einen Ventilator mit einem konstanten Luftstrom (etwa 2 $m\,s^{-1}$) belüftet. Der Ventilatorantrieb erfolgt durch ein Uhrwerk oder einen Elektromotor.

2) Hygrometrische Verfahren. Im *Hygrometer* befindet sich ein entfettetes Haar (neuerdings auch Kunststoffolie), das sich mit zunehmender F. der Luft verlängert. Die Längenänderung wird auf einen Zeiger übertragen, der auf einer nach Prozenten geeichten Skale die relative F. anzeigt. Haarhygrometer werden heute nur noch in geringem Umfang verwendet.

3) Sonstige Meßverfahren. Beim *Kondensations-* oder *Taupunkthygrometer* wird eine polierte Metallplatte durch verdunstenden Äther rasch abgekühlt und überzieht sich dabei mit einer feinen Schicht von Wassertröpfchen; aus der Temperatur, bei der die erste Spur von Beschlag eintritt, und der Temperatur der umgebenden Luft lassen sich Dampfdruck und relative F. berechnen. Beim *Absorptionshygrometer* wird einer bekannten, durch einen hygroskopischen Stoff (Schwefelsäure, Kalziumchlorid, Phosphorpentoxid o. ä.) hindurchgeleiteten Luftmenge der Wasserdampf völlig entzogen und dann durch Feststellen der Massezunahme des Leitstoffes die absolute F. bestimmt. Neuerdings werden auch verschiedene elektrische Meßverfahren (Leitfähigkeits- und Kapazitätsmessungen) angewandt.

Lit. Aspirations-Psychrometer-Tafeln (4. Aufl. Braunschweig 1963); Hygrometrie (Berlin 1967).

Feuchtraumarmaturen, eine Sammelbezeichnung für Schalter, Abzweigdosen, Verbindungs- und Endstücke elektrischer Leitungen, die wasser- und staubdicht ausgeführt sind. F. werden zur Installation in feuchten Räumen, in feuer-, explosions- und schlagwettergefährdeten Räumen, in Räumen mit chemisch-aggressiver Atmosphäre sowie im Freien vorgeschrieben und sind nur über Feuchtraumleitungen anzuschließen. **Feuchtraumleitungen** sind gegen Feuchtigkeit und chemische Angriffe besonders geschützte elektrische Leitungen. Sie besitzen außer ihrer elektrischen Isolation eine zusätzliche schützende Umhüllung aus Gummi, Blei oder säurebeständigem Kunststoff sowie gegebenenfalls eine zusätzliche Stahlbewehrung als mechanischen Schutz. Die Verbindungsstellen zwischen Feuchtraumleitungen und F. werden mit Stopfbüchsen oder mit Kitt verschlossen.

Feuer, → Leuchtfeuer.

Feuerbachscher Kreis, der nach dem Mathematiker Feuerbach benannte Kreis im Dreieck, der durch die Mitten der drei Seiten, durch die drei Höhenfußpunkte und durch die drei Mitten der oberen Höhenabschnitte geht (Neunpunktekreis). Sein Mittelpunkt halbiert die Strecke zwischen Höhenschnittpunkt und Mittelpunkt des Umkreises, sein Radius ist gleich dem halben Umkreisradius. Er berührt den Inkreis und die drei Ankreise des Dreiecks.

feuerbeständige Bauteile, aus nicht brennbaren Baustoffen (Steine, Glas, Beton, Asbest, Schlackenwolle u. a.) bestehende Bauteile, die bei einem Brandversuch dem Feuer und anschließend dem Löschwasser standhalten, ihr Gefüge nicht wesentlich ändern, ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit nicht verlieren und den Durchgang des Feuers verhindern (→ Feuerwiderstandsfähigkeit). Als **hochfeuerbeständige Bauteile** werden nach früheren Prüfbestimmungen solche bezeichnet, die dem Brandversuch mit einer Prüfzeit von 3 Stunden standhalten.

feuerfeste Baustoffe, abg. ff. B., Materialien, die nicht brennen und auch bei verhältnismäßig hohen Temperaturen keine Verformungen aufweisen (→ Feuerwiderstandsfähigkeit).

F. B. werden als geformte, gebrannte oder chemisch gebundene Steine, seltener als gegossene Steine oder ungeformte körnige Massen verwendet. Neben ihrer Beständigkeit gegen hohe Temperaturen müssen sie Raumbeständigkeit, Temperaturwechselbeständigkeit (TWB), chemische Widerstandsfähigkeit, Druckfeuerbeständigkeit (DFB), Abriebfestigkeit, Kaltdruckfestigkeit (KDF) und Schlackenfestigkeit aufweisen. Bei den traditionellen f.n B.n ist der Träger der Feuerfestigkeit meist eine kristalline, hochschmelzende oxidische Verbindung, seltener ein Karbid oder ein Element.

Man unterscheidet f. B. sauren Charakters (kieselsäurehaltig) und basischen Charakters (tonerdehaltig, z. B. Magnesit- und Dolomiterzeugnisse).

Verwendet werden f. B. vielseitig, z. B. beim Bau von Feuerstätten und Feuerungsanlagen (Schamotte-, Tonerde-, Mulliterzeugnisse), von Industrieöfen, wie metallurgische Öfen (Silika-, Magnesit-, Chrommagnesit-, Dolomiterzeugnisse), Glasschmelzöfen (Silika-, Tonerde-, Mulliterzeugnisse) u. a. Für besondere Zwecke, z. B. in der chemischen Industrie, dienen kohlenstoff- und siliziumkarbidhaltige Erzeugnisse.

Durch den Einsatz von **feuerfestem Beton,** bei dem f. B. als Zuschlagstoffe verwendet werden, ist die Herstellung von Montageelementen aus feuerfestem Material, z. B. für Abgaskanäle, möglich.

Zur Herstellung von **schmelzgegossenen Steinen** werden unterschiedlich zusammengesetzte Mischungen f.r B. im elektrischen Lichtbogen geschmolzen und danach in Formen gegossen. Am meisten verwendet werden Steine mit Mullitzusammensetzung (Korhartsteine) und aus reiner Tonerde.

Feuerfeste Wärmedämmstoffe kann man nur mit Einschränkung zu den f.n B.n rechnen, da bei ihnen nicht der Feuerfestigkeit, sondern vor allem der Wärmeausdehnung, der Wärmeleitzahl und der mechanischen Festigkeit besondere Bedeutung zukommt. Geeignet sind als feuerfeste Wärmedämmstoffe unter anderem Silika- und Schamotteleichtsteine, besonders aber Asbest.

Feuerfeste Metalle sind Molybdän, Platin, Tantal und Wolfram. Sie dienen wegen ihrer guten Wärmeleitfähigkeit und elektrischen Leitfähigkeit als f. B. und werden verwendet als Thermoelemente, Heizleiter, Schmelztiegel und bei der Glühlampenfabrikation.

Lit. Budnikow: Technologie der keramischen Erzeugnisse einschließlich der f.n B. (dtsch Berlin 1953); Haase: F. B. (3. Aufl. Berlin 1958); Koeppel: F. B. silikatischer und silikathaltiger Massen (Leipzig 1938); Matiba:

Fachkunde für Feuerfestwerker (Leipzig 1953); Neumann: F. B. (Leipzig 1954); Rasch: Der Schamottestein (Berlin 1940); Rasch u. Skornia: F. B. in der Glasindustrie (Dresden 1951).

Feuerkugel, → Meteor.

Feuerleitgerät, ein mechanisches Hilfsmittel der Artillerie zur Ermittlung der topographischen Anfangsangaben (Entfernung und Seitenwinkel zum Ziel). Es besteht aus der Grundplatte mit aufgezogenem Gitternetz, verschiebbaren Linealen sowie schwenkbarem Winkelmesser.

Feuerlöschanlagen, stationäre Anlagen zur Brandbekämpfung in Betrieben, Theatern u. a. brandgefährdeten Gebäuden, ferner auf Schiffen. Die F. können ganze Räume umfassen oder sich auf einzelne Einrichtungen beschränken; die Auslösung der F. erfolgt durch Thermomelder und Ionisationsmelder (→ Feuermelder). Man unterscheidet Sprinkler- und Regenanlagen, stationäre CO_2-Löschanlagen und Pulverlöschanlagen. Die **Sprinkleranlage** ist eine selbständige Feuerlöschanlage z. B. in Warenhäusern, Mühlenbetrieben u. a. In den zu schützenden Räumen ist ein Rohrleitungssystem verlegt, dessen Auslässe durch *Löschbrausen* (*Sprinkler*) verschlossen sind. Bei Brandeinwirkung (Wärme) öffnen sich die mit Schmelzlot oder gläsernen Sprengfäßchen verschlossenen Brausen und besprühen die darunterliegende Fläche. In *Naßanlagen* steht das Wasser bis an die Löschbrausen an; diese Art der F. kann nur in frostfreien Räumen eingebaut werden. In frostgefährdeten Räumen müssen *Trockenanlagen* verwendet werden, bei denen das Rohrleitungsnetz mit Druckluft gefüllt ist. Der Druck wird durch einen Kompressor in bestimmten Grenzen gehalten. Bei Ansprechen einer Löschbrause entströmt die Druckluft und löst damit das Alarmventil in der Zentrale aus. Das in einem Hochbehälter bereitgehaltene Löschwasser strömt daraufhin in die Rohrleitung und tritt aus der geöffneten Brause aus, gleichzeitig wird eine Alarmglocke in Tätigkeit gesetzt.

Die **Regenanlage** ist für Räume bestimmt, die ständig unter Aufsicht stehen. In Bühnenhäusern größerer Theater werden Regenanlagen eingebaut, bei denen das Rohrleitungssystem mit offenen Brausenköpfen versehen ist. Die Inbetriebnahme erfolgt fast ausnahmslos seitens des Aufsichtspersonals durch Öffnen handbetätigter Schieber. Einen Sonderfall der Regenanlage stellt die **Wasserwand** zur brandschutztechnischen Unterteilung größerer Räume dar. Sie wird überall dort angewendet, wo aus fertigungstechnischen oder baulichen Gründen eine feuersichere Abteilung der Räume nicht möglich ist. Regenanlagen dienen ferner zum Brandschutz von Freiufttransformatoren. Dabei kann die Anlage auch, wie es in Industriegebieten notwendig ist, zum Waschen der Transformatoren verwendet werden. Der Löscheffekt wird durch Abkühlung des Transformatorenöls erzielt und durch den sich zwangsläufig bildenden Wasserdampf unterstützt, der beim Auftreffen des versprühten Wassers auf erhitzte Metallteile des Transformators entsteht.

Der Anwendungsbereich von stationären **CO_2-Löschanlagen** umfaßt im wesentlichen Brände, die mit Wasser nicht zu löschen sind, z. B. an *Generatoren*. Bei diesen F. wird unter Druck verflüssigtes Kohlendioxid (→ Feuerlöschmittel) in Stahlflaschen aufbewahrt, die mit Schnellöffnungsventilen zur automatischen Auslösung versehen sind. Festverlegte Rohrleitungen mit Raumverteilerventilen führen das Kohlendioxid in den zu schützenden Raum bzw. an das zu schützende Objekt heran.

In neuerer Zeit werden Versuche mit **Pulver-Löschanlagen** durchgeführt (Einsatz für bestimmte Produktionsräume, z. B. Spritz- und Tauchlackierung, chemische Industrie). Dabei gelangen Trockenlöschpulver zum Einsatz (→ Feuerlöschmittel).

Lit. → Feuerwehrgeräte, → Feuerlöschmittel.

Feuerlöschboot, ein Motorboot zur Bekämpfung von Bränden auf Schiffen oder Objekten im Hafengebiet. Die F.e sind mit leistungsstarken Kreiselpumpen und auf dem Bootsdeck montierten kombinierten Wasser-Schaum-Wendestrahlrohren ausgerüstet. Die Konstruktion der eingebauten Kreiselpumpen ermöglicht auch die Verwendung zum Lenzen bei Schiffshavarien. Meist sind zum Schutz von Boot und Besatzung ringsum an Deck Schaum- bzw. Sprühdüsen angeordnet zum Legen eines Schaum- bzw. Wasserschleiers um das F. Nach dem Einsatzzweck unterscheidet man **Fluß-, Hafen-** und **Hochseefeuerlöschboote.**

Feuerlöschgeräte, → Handfeuerlöscher.

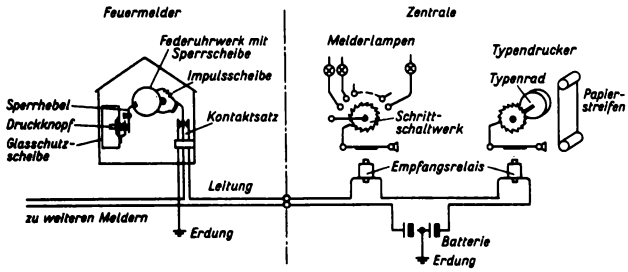
Feuerlöschmittel, Löschmittel, Substanzen zum Löschen von Bränden. Brände werden nach *Brandklassen* eingeteilt. Nach TGL 121-406.01 Bl. 2 unterscheidet man folgende Brandklassen: A: brennbare feste Stoffe, z. B. Holz, Papier, Kohle; B: brennbare flüssige Stoffe, z. B. Benzin, Öle, Lacke; C: gasförmige Stoffe, z. B. Methan, Stadtgas, Propan; D: brennbare Leichtmetalle, z. B. Aluminium, Magnesium und Magnesiumlegierungen; E: Brände an elektrischen Anlagen. Der Einsatz eines F.s erfolgt in → Handfeuerlöschern sowie stationären → Feuerlöschanlagen entsprechend der Brandklasse. **Wasser,** das gebräuchlichste F., ist geeignet für die Brandklassen A und B (Sprühstrahl notwendig), für die Brandklassen D und E darf Wasser nicht verwendet werden. Zusätze von anorganischen Salzen, z. B. Kaliumkarbonat, erhöhen die Frostbeständigkeit, Netzmittelzusätze bewirken ein besseres Eindringen des Wassers bei Braunkohlen- und Gummibränden. Der Löscheffekt bei Wasser beruht auf der Abkühlung des Brandobjektes unter Entzündungstemperatur und auf der Sauerstoffverdrängung durch Dampfbildung. **Schaum** ist geeignet für die Brandklassen A und B, dagegen nicht anwendbar für die Brandklassen D und E. Die Löschwirkung beruht auf einem Kühl- und Stickeffekt. Die Schaumerzeugung kann unterschiedlich sein. a) Die veraltete chemische Schaumerzeugung erfolgt nach dem Naß- oder dem Trockenverfahren. Beim *Naßverfahren* wirken eine Lösung von Wasser und Alkalikarbonaten und -hydrogenkarbonaten sowie Schaumbildner auf eine Lösung von Aluminiumsulfat und Schwefelsäure ein. Beim *Trockenverfahren* entwickelt sich Schaum aus einem Schaumpulver, das in einem Schaumerzeuger (Schaumgenerator) dem durchfließenden Druckwasser beigemischt wird. Der sich dabei bildende Schaum fließt über eine Schlauchleitung mit Strahlrohr aus. b) Bei der mechanischen (Luft-) Schaumerzeugung wird einer Lösung von Wasser und Schaumbildner Druckluft beigemischt (Druckgasschaumverfahren), oder man setzt dem Druckwasser 3 bis 7 % Schaummittel nach dem Injektorprinzip zu. Über ein besonderes Luftschaumrohr wird die zur 6- bis 8fachen Verschäumung benötigte Luft angesaugt und ein gut fließfähiger Schaum gebildet. Beim neueren *Hochexpansionsschaumverfahren* ist die Verschäumung etwa 1000fach, die Generatorleistung beträgt z. B. 200 m^3 Schaum/min. **Halogenkohlenwasserstoffe** sind geeignet für die Brandklassen B, C und E. Diese F. werden hauptsächlich in → Handfeuerlöschern verwendet, z. B. Kohlenstofftetrachlorid CCl_4, Monochlormonobrommethan CH_2ClBr (Löschwirkung gegenüber Kohlenstofftetrachlorid etwa 2- bis 3fach). In neuerer Zeit setzt man wegen ihrer sehr geringen Toxizität für Spezialzwecke, z. B. für Flugzeugbrände, Fluorkohlenwasserstoffe ein, z. B. Trifluorbrommethan CF_3Br. Die Löschwirkung

beruht auf einem antikatalytischen Effekt (Inhibitionseffekt). **Trockenlöschpulver:** 1) Pulver auf Basis von Natriumhydrogenkarbonat, dem besondere Stoffe zugemischt sind, wodurch das Pulver wasserabweisend wird und ein quasiflüssiges Verhalten zeigt, ist geeignet für die Brandklassen B, C und E; 2) Pulver auf Basis von Ammoniumphosphaten und -sulfaten mit denselben Zusätzen (Glutbrand- oder Universallöschpulver) ist geeignet für die Brandklassen A, B, C, D und E. Die Löschwirkung beruht auf einem antikatalytischen Effekt (Wandeffekt, Abbruch der Kettenreaktion der Flammen), bei 2) außerdem auf einem Stickeffekt durch Glasurbildung bei Glutbränden. **Kohlendioxid** CO_2 ist geeignet für die Brandklassen B, C und E. Es wird besonders in stationären Feuerlöschanlagen auf Schiffen angewendet. Die Löschwirkung beruht auf einem Stickeffekt. Man rechnet 1 kg CO_2 für 1 m^3.

Lit. Beythien: Die Löschmittel und ihre Anwendung (4. Aufl. Berlin 1965), Heft 6 der Kleinen Fachbücherei der Feuerwehr.

Feuermelder, Feuermeldeanlage, eine Anlage zur Übermittlung einer Feuermeldung an eine Zentralstelle (Feuerwache) unter Angabe des Meldeortes. Man unterscheidet handbediente und automatische F.

1) **Handbediente F.** a) Für räumlich begrenzte Anlagen (öffentliche Gebäude, Theater, Industriebetriebe usw.) wird das *Liniensystem* verwendet. Jeder F. hat dabei eine eigene, ruhestromüberwachte Meldeleitung (Linie) zur Zentrale. Nach Einschlagen einer Glasschutzscheibe betätigt man einen Druckknopf, wodurch der Stromkreis unterbrochen und die Meldung ausgelöst wird. Durch die eigene Zuleitung wird der betreffende F. an der Zentrale direkt durch Lampensignale angezeigt. b) Für ausgedehnte Anlagen in Städten (öffentliche F.) verwendet man das *Schleifensystem* (Abb.). Dabei sind jeweils etwa 30 F. zu einer Feuermeldeschleife zusammengefaßt und in eine gemeinsame Leitung geschaltet. Nach Einschlagen der Glasschutzscheibe wird durch Betätigung des Druckknopfes im Innern des Melders die Sperrung eines Federuhrwerkes freigegeben, wodurch sich eine an diesem angebrachte Impulsscheibe dreht. Die Impulsscheiben eines jeden Melders sind mit einer oder mehreren (bis 30) Einfräsungen versehen, die die Nummer des F.s darstellen; sie unterbrechen je nach Nummer durch Kontakte entsprechend oft den Stromkreis.



Feuermeldeanlage nach dem Schleifensystem

Die Impulse betätigen in der Zentrale ein elektrisches Schrittschaltwerk, dessen Schaltarme über Relais im Feuermeldeschrank oder -pult kleine Glühlampen (Melderlampen) einschalten. Über den Glühlampen befindet sich die Nummer des F.s. In kleineren Anlagen sind die dazugehörigen Straßennamen übersichtlich in an der Wand befestigten Kästen untergebracht, in großen Anlagen leuchtet gleichzeitig mit der Meldernummer der Straßenname in einem besonderen Tableau auf. Um Zweifelsfälle auszuschließen, wird die Meldung gleichzeitig noch mit Datum und Uhrzeit mittels eines Typendruckers auf einen Papierstreifen gedruckt. Sofort nach Einlauf einer Meldung wird durch ein akustisches Alarmsignal die Wache alarmiert. Die Löschfahrzeuge rücken etwa 40 s nach Ertönen des Signals aus.

Die F. sind durch besondere Schaltmaßnahmen auch bei kurzgeschlossenem Melder sowie bei Drahtbruch oder Erdschluß der Schleifenleitung funktionsfähig. Sie sind ferner mit Anschaltkontakten für transportable Fernsprecher ausgerüstet; in größeren Städten sind F. mit eingebautem Fernsprecher in Betrieb. Teilweise weisen die F. eine Klappe auf, die sich nach Betätigen des Melders öffnet und einen Fernsprechhandapparat freigibt. Kombinierte Feuermelde- und Polizeirufanlagen gestatten neben der Alarmierung der Feuerwehr auch die Alarmierung der Polizei. Die zugehörigen Melder tragen zwei entsprechend gekennzeichnete Auslöseknöpfe.

2) **Automatische F.** werden besonders in feuergefährdeten Betrieben in Anlagen nach dem Liniensystem angewendet. Wärmemelder sprechen bei einer bestimmten Maximaltemperatur **(Maximalmelder)** oder bei einer schnellen Temperaturerhöhung **(Differentialmelder)** an. Gebräuchlich sind **Bimetallmelder,** bei denen der Stromkreis durch einen wärmeempfindlichen Bimetallkontakt geschaltet wird, und **Schmelzlotmelder,** die durch das Schmelzen einer Sicherung aus Woodschem Metall ansprechen. Sehr empfindliche F. benutzen die durch Feuer hervorgerufene Ionisation der Luft zum Auslösen der Warnmeldung **(Ionisationsmelder).** Sie sprechen bereits an, wenn z. B. im überwachten Raum ein Zündholz aufflammt. **Magnetische F.** nutzen die Induktivitätsänderung einer Spule mit ferromagnetischem Kern beim Erreichen der Curietemperatur aus. Sie können mit hochwirksamen chemischen Löscheinrichtungen zusammengeschaltet werden und ermöglichen z. B. die Brandbekämpfung von unter Druck ausströmenden Gasen und Flüssigkeiten (Erdgas, Erdöl).

F. mit Photozellen sind in Rauchmeldeanlagen eingebaut. Sie eignen sich besonders zur Überwachung von mehreren Räumen, vorwiegend auf großen Schiffen, in Lagerhäusern usw. Mit Hilfe eines Ventilators werden durch ein Rohrsystem von den einzelnen Räumen ständig Luftproben abgesaugt und über einen zentralen Überwachungsapparat geleitet, in dem sich die Photozellen befinden. Gelangt Rauch in die Meßstrecke, so spricht durch die hervorgerufene Lichtabschwächung ein Relais an und löst den Alarm als optisches und akustisches Signal aus.

Feuern, → Polieren 1).

Feuerschiff, ein mit einem Leuchtfeuer ausgerüstetes Schiff, das vor in Flußmündungen, Förden u. dgl. liegenden Häfen sowie auf Untiefen verankert wird und den Schiffen als Ansteuerungspunkt und Warnzeichen dient. Zahlreiche F.e sind im Laufe der letzten Jahre durch Leuchttürme ersetzt worden.

Feuerschutzmittel, svw. → Flammenschutzmittel.

Feuerstein, Flint, ein meist schwarzes, auch braun, grau oder gelb gefärbtes, dichtes, muschelig und scharfkantig brechendes Gestein, das zu über 99 % aus Siliziumdioxid SiO_2 in Form von Quarz, Chalzedon und z. T. Opal besteht. F. enthält oft Fossilien (z. B. Foraminiferen, Schwammnadeln) oder bildet das Versteinerungsmaterial von Seeigeln, Brachiopoden und anderen Tierresten. F. kommt in der Schreibkreide von Rügen, Dänemark, Südschweden, England und Nordfrankreich vor. Durch das norddeutsche Inlandeis wurde F. im Pleistozän bis in die Mittelgebirge transportiert, daher ist die maximale Eisausbrei-

tung an der Feuersteinausbreitung (*Feuersteinlinie*) zu erkennen. F. wurde in der Steinzeit zur Herstellung von Werkzeugen und Waffen verwendet, heute wird er als Mahlkörper in Kugelmühlen benutzt.

Feuerwaffen, Schußwaffen, in denen zur Beschleunigung des Geschosses (Patrone oder Granate) die Energie von Pulvergasen ausgenutzt wird. F. sind → Geschütz, Maschinenkanone, Maschinengewehr und Maschinenpistole (→ automatische Waffen), Panzerbüchse (→ Panzerabwehrwaffen), → Gewehr, → Pistole und Revolver. **Handfeuerwaffen** werden zum Schießen in der Hand gehalten, und zwar entweder in einer Hand (Pistole und Revolver) oder in beiden Händen (Gewehr und Maschinenpistole).

Feuerwehrfunk, → beweglicher Landfunk.

Feuerwehrgeräte werden nach ihrem Verwendungszweck unterteilt in Angriffs-, Rettungs-, Hilfs- und Zusatzgeräte. Feuerwehrschläuche, Armaturen, Kleinlöschgeräte, Gasschutz- und Wiederbelebungsgeräte, tragbare Leitern, Wasserrettungs- und Sanitätsgeräte, Beleuchtungsgeräte, Hebezeuge und Winden sowie Werkzeuge einschließlich der Löschgruppe (1 Gruppenführer, 8 Feuerwehrmänner) werden auf den **Löschfahrzeugen** untergebracht. Der Antriebsmotor des Löschfahrzeuges treibt eine eingebaute Kreiselpumpe an (Leistung 800 bis 1600 l/min), die das Wasser auf den notwendigen Druck (bis 120 mWS) verstärkt. Zur Übermittlung von Meldungen zwischen Löschfahrzeug und Feuerwache bzw. Leitstelle wird in zunehmendem Maße der UKW-Funk eingesetzt.

Die mechanische **Leiter** als Sonderfahrzeug dient unter anderem zur Brandbekämpfung oder Hilfeleistung. Der Leiteraufbau ist auf einem Fahrgestell von entsprechender Tragfähigkeit montiert. Mit Seilzügen oder durch Hydraulikelemente wird der Leiterpark über ein Nebengetriebe vom Löschfahrzeugmotor aufgerichtet und auf die erforderliche Länge (Steighöhe 12 bis 52 m) ausgezogen.

Bei den **Feuerwehrschläuchen** unterscheidet man Saug- und Druckschläuche. Saugschläuche dienen zur Wasserentnahme aus offenen Gewässern (Teiche, Flußläufe). Sie sind die Verbindung zwischen Wasserentnahmestelle und Kreiselpumpe und bestehen aus mehreren Gummi- und Leinwandschichten sowie einer Drahtspirale. Diese verhindert ein Zusammenklappen des Schlauches während des Saugvorgangs. In den Druckschläuchen wird das Wasser von der Kreiselpumpe oder dem Hydranten zur Brandstelle gefördert. Der Durchmesser der Druckschläuche ist standardisiert und beträgt 25, 48 und 75 mm. Zur Herstellung werden Garne aus Naturfasern (Flachs, Hanf, Ramie) und in zunehmendem Maße Chemiefasern verwendet. Die Verbindung der Schläuche untereinander und mit den entsprechenden wasserführenden Armaturen erfolgt durch standardisierte Kupplungen.

Über **Löschgeräte** → Handfeuerlöscher.

Lit. Gruhl: Die Geräte der Feuerwehr (3. Aufl. Berlin 1966).

Feuerwerkerei, svw. → Pyrotechnik.

Feuerwiderstandsfähigkeit, das Verhalten von Baustoffen und Bauteilen bei Brandversuchen nach TGL 10685. Man unterscheidet dabei nichtbrennbare, schwerbrennbare und brennbare Baustoffe, es gibt jedoch keine Kennwerte mehr für die früher als feuerhemmend und feuerfest bezeichneten Baustoffgruppen. Für die Bewertung von Bauteilen ist die Feuerwiderstandsgrenze entscheidend, d. i. die Zeitdauer, während der die Bauteile unter der rechnerisch zulässigen Last ihre Standfestigkeit nicht verlieren dürfen und raumabschließende Bauteile den Durchgang des Feuers verhindern müssen.

FFAG-Prinzip, → Protonensynchrotron.

Fiberoptik, Faseroptik, eine Vorrichtung aus einzelnen oder aus mehreren zusammengefaßten flexiblen optischen Leitern, deren Funktion (Transport von Lichtenergie und Bildinformationen) auf dem Prinzip der Totalreflexion beruht. Geeignet sind Materialien hoher Durchlässigkeit mit Querschnittsabmessungen, die einerseits durch den Geltungsbereich der geometrisch-optischen Gesetzmäßigkeiten und andererseits durch die Flexibilität des verwendeten Materials bestimmt werden. Neben Plaststoffen hoher Transmission werden Quarzglas und vor allem optische Gläser verwendet. Die Totalreflexion erfordert eine Grenzfläche zwischen zwei Medien von verschiedenem Brechungsindex in dem Sinne, daß ein zylinderförmiger Leiter mit hohem Brechungsindex sich in einem Medium mit niedrigerem Brechungsindex befindet.

Die Fasern werden heute aus der Kombination zweier optischer Gläser in einem gemeinsamen Ziehprozeß hergestellt, wobei der Kern aus Glas mit hohem Brechungsindex (Durchmesser zwischen etwa 10 und 100 μm) von einem sehr dünnen Mantelglas mit niedrigerem Brechungsindex und Schichtdicken zwischen 1 und 2 μm umgeben ist. Neuerdings sind auch Herstellungsverfahren bekannt geworden, bei denen mehrere Kerne in einem gemeinsamen Mantelglas zu multiplen Fasern mit etwa 50 μm Durchmesser zusammen verschmolzen und gezogen werden. Die Herstellung von Bündeln geschieht durch Aufspulen der unendlich langen Einzelfasern in der Nut eines Wickelzylinders, anschließendes Durchtrennen des gewickelten Vorrates an einer oder mehreren Schnittstellen und Fixieren der erhaltenen Enden mit geeigneten Klebemitteln in Halterungen.

Bündel aus willkürlich zusammengefaßten Fasern sind nur zum Transport von Lichtenergie geeignet. Man bezeichnet solche Optiken als ungeordnete oder inkohärente F.en. Soll eine Bildinformation durch ein Bündel geleitet werden, dann ist dies nur möglich, wenn die das Bündel bildenden Einzelfasern einen hohen Ordnungsgrad aufweisen. Es müssen möglichst alle Einzelfasern am Ein- und Austrittsende die gleichen Nachbarn haben. Die Herstellung einer solchen geordneten oder kohärenten Faseroptik ist technologisch erheblich schwieriger. Eine Zwischenstellung nehmen inkohärente F.en ein, deren Ein- bzw. Austrittsende bestimmte Formen erhalten, die auch untereinander unterschiedlich sein können, z. B. kreisförmig und rechteckig. Licht- und Bildleiter sind in abgestuften Längen bis 2 m und mit Durchmessern bis etwa 10 mm, bestehend aus bis zu 100 000 Einzelfasern, erhältlich. Für die Länge ist dabei insofern eine Grenze gesetzt, als die Verluste beim Lichttransport längenabhängig sind. Gute F.en strahlen je nach Länge zwischen 50 und 25 % der zugeführten Energie aus. Die spektrale Durchlässigkeit solcher Bündel entspricht der des gewählten Kernglases in großen Schichtdicken. Durch Wahl von UV-durchlässigem Kernmaterial (z. B. Quarzglas) wird die Verwendung in den kurzwelligen Spektralbereich hinein möglich. Es gibt auch Bestrebungen, mit gut durchlässigen Materialien, z. B. Arsenschwefelglas, in den Infrarotbereich bis 12 μm vorzudringen.

Für die F. zeichnen sich verschiedene Anwendungsgebiete ab. So ersetzen z. B. inkohärente Bündel in zunehmendem Maße Lichtleitvorrichtungen in Geräten und Anlagen, die bisher nur durch Kombination von Linsen, Spiegeln und Prismen mit hohem Justieraufwand realisierbar waren. Auch den Tendenzen der Miniaturisierung in der Technik kommen F.en vielfach entgegen. Kohärente F.en werden z. B. zur visuellen Inspizierung von schwer zugänglichen Stellen in

Technik und Medizin (hier speziell in Form von Endoskopen) verwendet, ferner dienen sie in Form von Faserböden als leistungsfähige Abschlußflächen von Katodenstrahloszillographenröhren. Eine solche vakuumdichte Platte liefert auf Grund der günstigeren Abstrahlungseigenschaften die 20- bis 40fache Leistung einer normalen Oszillographenröhrenplatte und ergibt darüber hinaus verzerrungsfreie Oszillogramme.

fibrillär, fadenförmig; f. sind z. B. manche → dispersen Systeme.

Fibrin, ein Eiweißkörper, der als unlöslicher Blutfaserstoff bei der Blutgerinnung aus dem löslichen **Fibrinogen,** einem Eiweißstoff des Blutplasmas der Wirbeltiere, entsteht.

Fibroin, → Proteine.

Film, 1) allgemein: dünne Haut oder dünner Überzug auf einem anderen Stoff (z. B. Ölfilm auf gleitenden oder vor Korrosion zu schützenden Teilen). Filmbildende Substanzen sind Zellulose, Eiweiß, Leinöl, Polyvinylchlorid, Polyamid u. a. Feste hochmolekulare Stoffe werden meist aus ihren Lösungen oder durch Wärme in einen F. übergeführt. Monomolekulare F.e entstehen z. B. durch → Spreitung.

2) Photographie und Filmtechnik: elastisches, durchsichtiges photographisches Material. Ein F. besteht aus Lichthofschutzschicht, Schichtträger, Haftschicht, lichtempfindlichen Schichten und Schutzschicht gegen Reibung, Verkratzung und elektrostatische Aufladung. Der *Schichtträger* besteht aus schwer entflammbarem Zellulosetriazetat **(Sicherheitsfilm),** bei alten F.en aus leicht entflammbarem Zellulosenitrat (Explosionsgefahr). Die Herstellung von F.en mit Zellulosenitrat-Schichtträger ist heute in fast allen Ländern durch Gesetz untersagt.

Der **Kinefilm** wird in Längen von 7,5 bis 300 m hergestellt. Er ist perforiert; die Perforationslöcher dienen zum Transport in Kameras, Projektoren und Bearbeitungsgeräten. Man unterscheidet Breit-, Normal- und Schmalfilm. Der **Breitfilm** hat eine Breite von 70 oder 65 oder 55 mm mit Normal- oder Kleinlochperforation. Der **Normalfilm** ist 35 mm breit mit Normal- oder Kleinlochperforation. Der **Schmalfilm** hat eine Breite von 32 mm (2 · 16 mm) mit je ein- oder doppelseitiger Perforation (nur für Kopierverfahren), von 16 mm mit ein- oder doppelseitiger Perforation, von 9,5 mm mit Mittelperforation, von 8 mm und von 2 · 8 mm (Doppel-8-mm) mit einseitiger Perforation oder von 8 mm (Super-8-mm) mit einseitiger Perforation, verringerter Perforationslochgröße und vergrößertem Bildfeld. Über den **Amateurfilm** → Photographie. **Rohfilm** ist unbelichteter Kinefilm, **Kine-Negativfilm** ist Rohfilm für vorzugsweise Negativ-Bildaufzeichnung, **Kine-Positivfilm** Rohfilm für vorzugsweise Positiv-Bildaufzeichnung. **Kine-Umkehrfilm** ist Rohfilm, der nach Belichtung und photochemischer Umkehrung ein Bild-Positiv ergibt.

Über den Farbfilm → Farbenphotographie, über den Mikrofilm → Mikrokopie.

3) eine Kunstform, → Filmtechnik.

Filmkamera, → Bildkamera.

Filmprojektor, → Bildwerfer.

Filmtechnik (Tafel 55), früher als **Kinotechnik** bezeichnet, die Anwendung kinetechnischer und tontechnischer Mittel und Verfahren bei der Filmproduktion, d. h. die Technik der Aufnahme, Aufzeichnung, Bearbeitung, Wiedergabe und/oder Auswertung von kinematographischen Bildfolgen (Phasenbildfolgen), im allgemeinen von Tonfilmen (kombinierten Lichtton- und Magnettonfilmen), ferner von Stummfilmen für wissenschaftliche und Unterrichtszwecke.

Durch Aufnahme und Wiedergabe rasch aufeinanderfolgender Phasenbilder werden dem Zuschauer Bewegungsvorgänge sichtbar gemacht, die sich infolge der Trägheit des menschlichen Auges zu einem kontinuierlichen Vorgang ergänzen (→ Stroboskop), wenn die Bildfrequenz mindestens 16 Bilder/s beträgt und die Bildwiedergabe während des ruckartigen Filmtransports im Filmprojektor (→ Bildwerfer) unterbrochen wird. Zur Vermeidung von Flimmererscheinungen muß die Bildwechselfrequenz bei hoher Bildwandleuchtdichte auf mindestens 48 Bilder/s erhöht werden.

1) **Filmaufnahme** und **-bearbeitung.** Die Technik der Filmaufnahme richtet sich nach dem Charakter der Filme. Man unterscheidet Spiel- und Fernsehfilme, Wochenschau-, Agitations-, Dokumentar- und Kulturfilme, Reklamefilme, Puppentrick-, Zeichentrick- und Kinderfilme, Medizinfilme, technische und wissenschaftliche Filme. Ein Spielfilm besteht aus mehreren hundert Szenen, von denen einzelne aus technischen oder künstlerischen Erwägungen mehrfach gedreht werden. Bei der Spielfilmherstellung strebt man an, bei jeder Szene Bild und Sprache oder Gesang möglichst gleichzeitig aufzunehmen (bildsynchrone Tonaufzeichnung). Musik und Geräusche werden meist später aufgenommen. Treten bei Atelier- oder Außenaufnahmen störende Nebengeräusche auf oder werden die Darsteller bei schnellen Bewegungen am einwandfreien Sprechen oder Singen gehindert, so wird für die Bildaufnahme das → Playback-Verfahren angewendet.

a) **Bildaufnahme** und **Bildschnitt.** Die Bildaufnahme erfolgt mit einer Laufbildkamera (→ Bildkamera) auf → Film von 8 bis 70 mm Breite (Schmal-, Normal- oder Breitfilm). Die Atelierkamera ist auf einem Stativ, Kamerakran oder Kamerawagen montiert. Die Aufnahmegeschwindigkeit beträgt bei Normalfilm 24, bei Breitwandverfahren 24 bis 30, bei 35-mm-Stummfilm 16 oder 24, bei Schmalfilm 18 bis 24 Bilder/s. Die Hochfrequenzkinematographie und Zeitlupenaufnahmen erfordern wesentlich höhere, Zeitrafferaufnahmen wesentlich niedrigere Bildwechselfrequenzen. Für Stereoaufnahmen (→ Raumfilmverfahren) werden Laufbildkameras mit Doppelobjektiven (65 mm Abstand) oder zwei synchron laufende Kameras eingesetzt.

Die Szenenausleuchtung erfolgt durch Bogenlampenscheinwerfer, Projektionsglühlampen, Kaltlicht- oder Xenonleuchten. Die Beleuchtung muß auf die Empfindlichkeit des Films und die Szenendekoration abgestimmt werden. Zusätzlich werden Aufheller eingesetzt (flache Parabolspiegel mit verschiebbarer Lichtwurflampe). Bei Farbfilmen ist eine besondere Farbabstimmung der Lichtquellen sowie der Dekorations-, Kostüm- und Schminktechnik erforderlich.

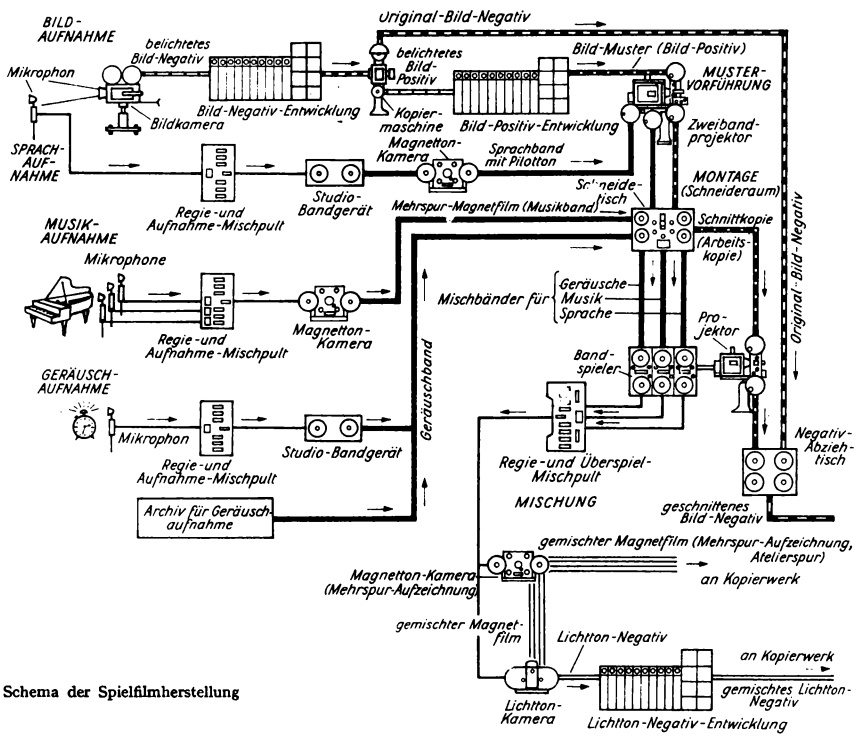
Der belichtete Bild-Negativfilm (Original-Bild-Negativ) wird im Musterkopierwerk entwickelt (→ Entwicklungsmaschine) und kopiert (→ Kopiermaschine). Die kopierten Bild-Positive (Bildmuster) der einzelnen Original-Bild-Negative werden nach der Entwicklung mit den entsprechenden Sprachaufnahmen (s. u.) nach lippensynchroner Vorführung in der Mustervorführung ausgemustert, d. h., es wird jeweils die beste Aufnahme ausgewählt. Die Mustervorführung erfolgt mit einem Zweibandprojektor, mit dem die Bildmuster und die auf Magnetfilm synchron zur Bildaufnahme überspielten Sprachmuster gleichzeitig wiedergegeben werden. Die ausgewählten Aufnahmen werden bei der Montage (Rohschnitt), der Regieanweisung des Schnittmeisters (Cutter) und dem Drehbuch entsprechend, am Schneidetisch zum vorgesehenen Spielfilm zusammengesetzt, geschnitten und geklebt (Schnittkopie, → Schneiden).

b) **Tonaufnahme** und **Mischung.** Bei der bildsynchronen Tonaufnahme werden Sprache und Gesang der Darsteller von einem oder mehreren Mikrophonen aufgenommen. Die im Mikrophon

in elektrische Stromschwankungen umgewandelten akustischen Signale werden vom Tonmeister am Regie- und Aufnahmemischpult gesteuert, verstärkt und bei dem heute fast ausschließlich angewendeten → Magnettonverfahren dem Aufzeichnungskopf eines Magnetbandgerätes (Studiobandgerät) zugeleitet und auf Magnetband aufgezeichnet (Tonmuster). Bei Aufnahmen kurzer Szeneneinstellungen ist die synchrone Wiedergabe von Bildfilm und Magnetband hinreichend gewährleistet, bei längeren Szenen ermöglicht das → Pilottonverfahren die Zwangssynchronisierung beider Aufzeichnungseinrichtungen. Musik wird in jedem Fall in einer Magnettonkamera auf Magnetfilm mit mehreren Spuren aufgenommen, und zwar meist nach dem Feinschnitt (endgültige Fassung) der Schnittkopie. Geräuschaufnahmen erfolgen in manchen Fällen zunächst auf Magnetband, das für Schnittzwecke später auf Magnetfilm überspielt wird, meist greift man aber auf Archivaufnahmen zurück. Sprache oder Gesang werden vor dem Schnitt vom Magnetband auf Magnetfilm überspielt. Die auf Magnetfilm aufgenommenen Musikfolgen und Geräuscheffekte werden auf dem Schneidetisch zu Musik- und Geräuschbändern zusammengestellt und nach dem bereits vorliegenden Sprachband und der Schnittkopie synchron geschnitten. Bei der nachfolgenden Mischung laufen die Sprach-, Musik- und Geräuschbänder über Magnetbandspieler, in denen die Schallaufzeichnungen von Aufzeichnungsköpfen abgetastet und die entsprechenden tonfrequenten Ströme einem Regie- und Überspielmischpult zugeleitet werden. Dort werden vom Mischtonmeister bei gleichzeitiger Vorführung der Schnittkopie Sprache, Musik und Geräusche nach künstlerischen Gesichtspunkten in Lautstärke und Klangcharakter verändert, vereinigt und bei Breitwandverfahren (Mehrkanal-Magnettonwiedergabe) außerdem auf mehrere Aufzeichnungskanäle verteilt. Halleffekte können zusätzlich eingefügt werden. Die fertige Mischung wird in einer Magnettonkamera auf Magnetfilm mit mehreren Spuren aufgezeichnet (gemischter Magnetfilm). Für die Lichtton-Negative, die zur Herstellung der kombinierten Kopien benötigt werden, wird der gemischte Magnetfilm auf Ton-Negativfilm umgespielt, in einigen Fällen wird die Mischung direkt mit der Lichttonkamera aufgenommen.

c) **Negativschnitt** und **Kopienfertigung.** An Hand der Schnittkopie werden am Negativ-Abziehtisch die den Bildmustern entsprechenden Original-Bild-Negative zusammengestellt, auf die richtige Länge geschnitten und geklebt. Das geschnittene Bild-Negativ (Schnitt-Negativ) wird in Rollen bis zu 300 m Länge aufgeteilt, wobei Anfang und Ende jeder Rolle mit Start- und Endband versehen werden. Das Schnitt-Negativ geht dann mit dem entsprechenden umgespielten Lichtton-Negativ bzw. mit dem überspielten gemischten Magnetfilm in das Massenkopierwerk. Dieses fertigt von den Vorlagen zunächst eine kombinierte Sicherheitskopie, mehrere Dup-Positive und dann die kombinierten Lichtton- bzw. Magnettonkopien (Verleihkopien) für den Film-Vertrieb. Aus Sicherheitsgründen und zur Schonung des wertvollen Original-Negativs werden für die Herstellung der Verleihkopien bei Schwarzweiß-Filmen meist Dup-Bild-Negative (Duplikate der Schnitt-Negative) eingesetzt, während das Original der Herstellung von Premieren- und Auslandskopien vorbehalten bleibt. Bei Farbfilmen verwendet man als Duplikat Farb-Umkehr-Dup-Bild-Negative.

d) **Synchronisation.** Für die Synchronisation eines fremdsprachigen Spielfilms werden außer einer kombinierten Kopie (fremdsprachige Verleihkopie), dem Drehbuch und den internationalen Tonbändern (Musik- und Geräuschbänder)



Schema der Spielfilmherstellung

bei Schwarzweiß-Filmen Dup-Positive, bei Farbfilmen Farb-Umkehr-Dup-Bild-Negative angeliefert. Zwei von den Vorlagen gezogene fremdsprachige kombinierte Arbeitskopien gehen mit dem Drehbuch und den internationalen Tonbändern an das Synchronstudio. Dort wird der Dialogtext in die Landessprache übersetzt, wobei darauf zu achten ist, daß der Text nicht nur sinngemäß, sondern auch lippensynchron mit der Original-Bildaufnahme übereinstimmt. Eine Arbeitskopie wird in einzelne Szenen oder Teilszenen (Takes) zerschnitten. Diese werden jeweils zu einer Filmschleife geklebt. Dadurch wird eine kontinuierliche Wiederholung der Bild- und Tonwiedergabe ermöglicht und der Sprecher in die Lage versetzt, den neuen Text in der Landessprache so oft zu sprechen, bis er lippensynchron zur vorgeführten Bildfolge auf Magnetband aufgenommen werden kann. Nach der Zusammenstellung und nach dem Schnitt der Sprachbandtakes werden Sprache, Musik und Geräusche gemischt, der gemischte Magnetfilm wird auf Ton-Negativfilm umgespielt. Das gemischte Lichtton-Negativ bzw. der gemischte Magnetfilm dienen zusammen mit den vom Schwarzweiß-Dup-Positiv gefertigten Schwarzweiß-Dup-Bild-Negativen oder mit dem angelieferten Farb-Umkehr-Dup-Bild-Negativ zur Herstellung der kombinierten Verleihkopien.

e) **Besondere Filmkunstmittel.** Durch die Wahl der Aufnahmeart (Einstellung, z. B. Groß-, Nah-, Totalaufnahmen, High-Key, Low-Key, Visionen) und die Anwendung von → Zeitdehneraufnahme und → Zeitrafferaufnahme sowie weiteren Verfahren lassen sich besondere Wirkungen erzielen. Beim *Panoramieren* der Kamera, die zu diesem Zweck auf einem Wagen auf dreh- oder schwenkbarem Stativ angebracht ist, kann eine Einstellung fortlaufend in die andere übergehen. Auch durch die Art der Montage lassen sich eigenartige Wirkungen erzielen, so z. B. durch das Ineinanderfügen der Szenen nach bestimmten künstlerischen Gesichtspunkten, durch Kurzschnitt (Wirbelmontage) sowie z. B. durch Überblendung, wobei man erreicht, daß die Bilder einer Szene verschwinden und gleichzeitig Bilder der nächsten Szene entstehen. Durch andere Filmkunstmittel, wie Auf- und Abblendungen, wird ein Herausheben der einzelnen Bilder einer Szene aus dem Dunkel erzielt. Weiterhin werden → *Trickverfahren* angewendet; zu diesen gehören auch das → Aufprojektionsverfahren und das → Rückprojektionsverfahren. Beim *Zeichentrickfilm* werden die einzelnen Bilder gezeichnet. Die Stellung der Figuren und der Gliedmaßen wird dabei jeweils von Bild zu Bild um ein bestimmtes verändert entsprechend dem Bewegungsfortschritt. Die Bilder werden auf einem waagerechten Tisch von oben aufgenommen. Da das Zeichnen mühsam ist, werden in manchen Fällen die Figuren und Gliedmaßen als Schablonen ausgeschnitten und auf dem Aufnahmetisch mit passendem Bildhintergrund jeweils entsprechend zusammengesetzt.

2) **Filmwiedergabe.** Die Wiedergabe von Normal- und Breitwandfilmen im Filmtheater erfolgt durch Filmprojektoren (→ Bildwerfer), die in einem vom Zuschauerraum abgesonderten Bildwerferraum stationiert sind. Zur pausenlosen Vorführung eines Spielfilms mit 600-Meter-Rollen — 2 Koppelrollen werden dabei zu einer Vorführrolle (Akt) gekoppelt — sind jeweils zwei Bildwerfer im Bildwerferraum aufgestellt, die abwechselnd zur Wiedergabe eingesetzt werden; durch Überblendungsvorrichtungen erfolgt dabei der Übergang von Akt zu Akt für Bild und Ton lückenlos. Die Konstanthaltung des Lichtbogens, Überblendungen, Bildfenster- und Schärfeeinstellung, Bildfenster- und Objektivwechsel, Vorhangzug und Diaprojektion erfolgen bei modernen Maschinen vollautomatisch oder ferngesteuert. Neuerdings gibt es Einzelmaschinen, die das gesamte Filmprogramm für eine Vorstellung (bis zu 6000 m auf einer Spule) ohne Umschaltung vorführen können. Bei Panorama-Verfahren (→ Breitwandverfahren) werden mindestens drei durch Rotosynanlage oder Interlocksystem synchronisierte Filmprojektoren eingesetzt. Stereoskopische Filme werden mit einem oder zwei synchron laufenden Filmprojektoren wiedergegeben.

3) **Neue Wege in der Filmkunst.** Heute wendet man in der Filmkunst auch Kombinationen verschiedener Techniken und Kunstformen an, z. B. *Laterna magica* (ČSSR), eine Vereinigung von Sprech-, Musik- und Filmtheater; *Polyecran* (ČSSR), eine simultane Film- und Diaprojektion; Rundkino mit drehbarem Zuschauerraum, wobei dem Betrachter nacheinander Dia-, Normalfilm- und Breitwand-Vorführungen dargeboten werden (*Rotorama*, Schweiz); *Globovision* und *Polyvision*, d. i. Diaprojektion mit besonderen Effekten in Zuschauerräumen mit halbkugelförmiger Bildwand; Vorführung von Filmen mit mehrsprachigen bildsynchronen Magnettonaufzeichnungen, die über Kopfhörer getrennt und gleichzeitig, über Lautsprecher zeitlich nacheinander abgestrahlt werden können.

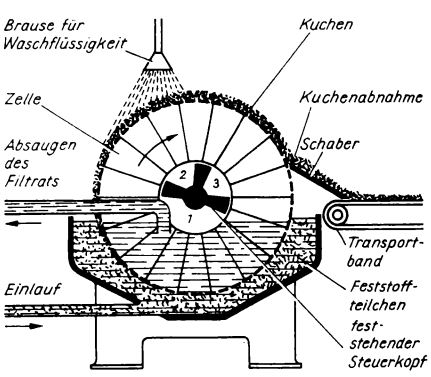
Lit. Brauer: Foto — Kino — Optik (Berlin 1957); Groschopp: ABC des Schmalfilmens (Halle 1957); Hotschewar u. Groschopp: Das Schmalfilm-Lehrbuch (6. Aufl. Halle 1958); Lichte u. Narath: Physik und Technik des Tonfilms (3. Aufl. Leipzig 1945); Pierschel: Vorführgerätetechnik II (Halle 1959); Schering: Bildtechnik (Halle 1959), Lichttechnik (Halle 1959); A. R. Schulze: Lexikon der Kinotechnik (Halle 1957), Vorführgerätetechnik I (Halle 1959); Trommer: Tontechnik (Halle 1959); Weise: Kinogerätetechnik (Tl 1 Leipzig 1950). Technik der Kinoprojektion (Leipzig 1958); Die F. (dtsch Berlin 1958); Fotokino-Lexikon (Leipzig 1964); Ztschr.: Bild und Ton (Berlin); Film für Alle (Leipzig), Fotokino-Magazin (Leipzig).

Filter *m* oder *n* (technisch meist *n*), 1) Verfahrenstechnik: 1) poröse Schichten, mit denen feste Stoffe aus Flüssigkeiten oder Gasen durch Filtration abgetrennt werden. Als F. werden hierzu verwendet a) lose Schüttungen aus Sand oder Kies z. B. für Wasser, Koks oder Anthrazit für heiße Kalilauge, gebrannter Gips mit Zement und Talkum für Naturlatex, ölbenetzte Raschigringe für Luft; b) Textilgewebe aus Baumwolle, Hanf, Leinen, Schafwolle, Zellwolle, Glasfasern, Asbest, Polyvinyl-, Polyamid-, Polyester- und anderen Faserstoffen für mannigfaltige Zwecke; c) feste poröse Materialien, z. B. Sinterfilter aus Glas, Keramik, Metall und Plastwerkstoffen besonders dann, wenn aggressive Medien unter ungünstigen Druckverhältnissen verarbeitet werden müssen; d) verfilzte Schichten aus Papier, Filz u. a., von denen die Papierfilter vor allem für die Laborfiltration eine große Bedeutung erlangt haben; e) Membranen oder Häute (als Ultrafilter) und f) Metallsiebe. Die Anwendungsbereiche der einzelnen Filtermedien sind abhängig von den Eigenschaften der zu trennenden Komponenten, wobei neben den strömungstechnischen Belangen das Korrosionsverhalten wesentlich ist.

2) Apparaturen, in denen der Abtrennvorgang erfolgt. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man: *Periodisch arbeitende F.*: **Sand-** und **Kiesfilter** in offener Bauweise, die vor allem zur Reinigung von Wasser benutzt werden. Sie bestehen aus großen Behältern mit einem Rost als Boden, auf dem eine bis zu 2 m hohe Sand- oder Kiesschicht aufgeschüttet ist. Die Filterwirkung beruht darauf, daß sich die in der Flüssigkeit in geringer Konzentration enthaltenen Schwebstoffe (z. B. Schmutz, Beimengungen) an den Körnern ablagern. Von Zeit zu Zeit muß daher die Sand- oder Kiesfüllung erneuert werden. Durch Verwendung von geschlossenen Gefäßen kann hier

beim Arbeiten unter Druck die Filtrationsgeschwindigkeit erhöht werden. **Durchfluß-** oder **Schichtenfilter** werden zur Reinigung von Luft, z. B. in Klimaanlagen, verwendet. Ihre Filterwirkung ist nach Aufnahme einer bestimmten Staubmenge erschöpft. Die einzelnen Pakete müssen dann ausgebaut und in Waschöl ausgewaschen werden. Bei den **Filterpressen** wird das zu filternde Gut durch Kammern gepreßt, die von Filtertüchern gebildet werden. Auf den Tüchern sammelt sich der Rückstand an, der in Tafelform gewonnen wird. **Blatt-** oder **Scheibenfilter** bestehen aus einem geschlossenen Druckgefäß, in das filterplattenähnliche, mit Tüchern überzogene Scheiben eingehängt werden, die eine gemeinsame Filtratabführleitung haben. Eine weitverbreitete Bauart dieses Typs ist das **Kelly-Filter. Filternutschen** sind Apparaturen mit einer oder mehreren horizontalen Filterschichten aus porösen Filterplatten oder Filtertüchern, die offen unter hydrostatischem Druck oder Vakuum bzw. geschlossen als Drucknutschen arbeiten. **Siebfilter** verwendet man speziell zur Feinreinigung von Lösungs- und Schmiermitteln sowie Kraftstoffen. Sie bestehen aus doppelkegelförmigen feinmaschigen Metallsieben, die von grobporigen Stützsieben getragen werden, und sind direkt in Öl- oder Kraftstoffleitungen von Verbrennungsmotoren eingeschaltet. **Permanent-magnetische Feinfiltersysteme** führen bei Kraft- und Schmierstoffen, Kühlmitteln u. dgl. zu besonderer Güte. Weitere periodisch arbeitende F. sind **Beutel-, Seih-, Schlauch-** und **Kerzenfilter,** die zur Reinigung sowohl von Luft als auch von Flüssigkeiten dienen.

Stetig arbeitende F.: **Umlauf-** oder **Bandfilter** verwendet man z. B. zur Reinigung von Luft. Sie bestehen hier aus einem endlosen umlaufenden Filtertuch, durch das die Luft gedrückt wird. Bei den **Bandzellenfiltern** sind zahlreiche nutschenähnliche Filterzellen zu einem endlosen umlaufenden Band zusammengefügt. **Drehfilter** können als Trommel- oder Scheibenfilter ausgebildet sein. **Trommelfilter** haben als Hauptteil eine rotierende Siebtrommel mit aufgespanntem Filtertuch, die in das zu filternde Gut eintaucht und bei ihrer Drehung daraus die festen Bestandteile aufnimmt. Die meisten Trommelfilter sind **Zellenfilter,** d. h., der Innenraum der Trommel ist in mehrere schmale Zellen unterteilt, die z. T. mit einer Vakuumleitung verbunden sind, so daß das Filtertuch und die Feststoffe angesaugt werden. Der Filterkuchen wird durch Walzen, Schaber oder auch durch Schnüre abgenommen. Durch gasdichte Kapselung kann das Trommelfilter auch als Drucktrommelfilter gebaut werden. **Scheibenfilter** weisen an Stelle einer Trommel mehrere Siebscheiben auf, die meist ebenfalls an eine Vakuumanlage angeschlossen sind. Drehfilter werden z. B. zur Herstellung hochprozentiger Kalisalze aus Lauge sowie zur Gewinnung der im Kohleschlamm enthaltenen Kohle, bei der Herstellung von Soda und Aluminium, zur Filtration von Zellulose, Zementrohschlamm, Kaolin, Kreide, Erdöl, Farben, Kartoffelpulpe u. a. verwendet.

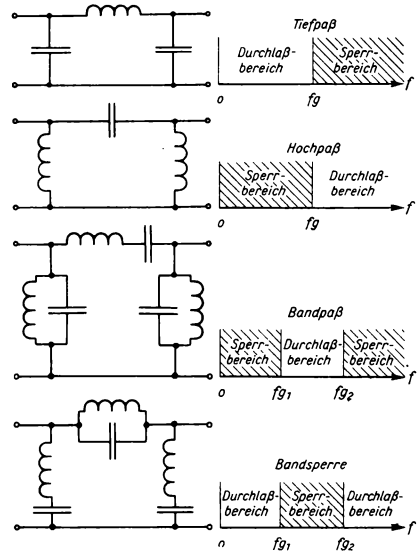


Schema eines Zellenfilters (Drehfilter). Sektor 1: Ansaugen der Feststoffteilchen mittels Vakuum, Sektor 2: Waschen des Filtergutes bei Normaldruck, Sektor 3: Lockern des Filterkuchens durch Druckluft

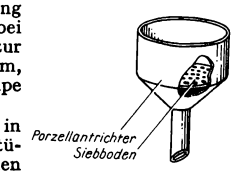
Gase reinigt man oft mit **Schlauchfiltern,** in deren schlauchförmig angeordneten Filtertüchern sich die im Gas enthaltenen Schwebteilchen ablagern.

Durch Temperaturerhöhung oder Zugabe von wasseranziehenden Kolloiden und Elektrolyten läßt sich die Filterleistung z. T. um 200 % steigern.

Lit. → Filtration.



elektrische Filter



Filternutsche

2) Elektrotechnik: meistens eine Kombination von Spulen und Kondensatoren, manchmal auch in Verbindung mit Quarzkristallen. In neuerer Zeit werden als F. auch mechanische oder keramische Resonatoren eingesetzt. Ein F. überträgt eine bestimmte Frequenz oder einen Frequenzbereich gut, während es einen anderen dämpft. F. werden daher benutzt, wenn man Gleichstrom, Wechselstrom oder bestimmte Frequenzbereiche eines Wechselstromes aussieben will. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man verschiedene Arten von F.n. Ein **Tiefpaß** (z. B. → Drosselkette) läßt nur Frequenzen unterhalb, ein **Hochpaß** nur solche oberhalb einer Grenzfrequenz f_g (Wirkungsgrenze des F.s) hindurch. Ein **Bandpaß** läßt nur einen bestimmten Frequenzbereich zwischen f_{g_1} und f_{g_2} durch, eine **Bandsperre (Frequenzsperre,** → Sperrkreis) sperrt einen Frequenzbereich zwischen zwei Grenzfrequenzen f_{g_1} und f_{g_2}. Den Frequenzbereich ohne Dämpfung bezeichnet man als → *Durchlaßbereich.* In vielen Fällen, besonders in der Nachrichtentechnik, schaltet man mehrere F. zu einer → Siebkette zusammen. In der Funktechnik benutzt man mehrere miteinander gekoppelte Schwingkreise als → Bandfilter.

3) Medizintechnik: → Atemschutzfilter.

4) Optik: → optische Filter.

5) Photographie: → Farbfilter.

Filterverfahren, → Photometrie.

Filtration, 1) die Abtrennung fester Stoffe aus Flüssigkeiten mit Hilfe von → Filtern. Durch F. will man a) die reine Flüssigkeit, das *Filtrat*, als Wertprodukt gewinnen **(Klärfiltration)** oder b) den Feststoff, den *Filterkuchen* **(Trennfiltration)**, oder aber c) beide Komponenten. Durch Anwenden eines zusätzlichen Druckes auf der Filterkuchenseite oder durch Anlegen eines Vakuums an der Filtratseite **(Vakuumfiltration)** kann die F. beschleunigt werden.

2) Über die F. von Gasen → Entstaubung.

Lit. Kufferath: F. und Filter (2. Aufl. Berlin 1952); Robel u. Güntzschel: Lehrbriefe „Mechanische Verfahrenstechnik" der TH „Otto von Guericke" (Magdeburg 1962); → Verfahrenstechnik.

Filz, ein dichtes textiles Erzeugnis aus wirren und unregelmäßig verschlungenen Wollfasern **(Wollfilz)** und/oder tierischen Haaren **(Haarfilz)**. Tierische Haare werden durch Quecksilberbeize verfilzbar gemacht. Aus den Fasern werden auf der Krempel Flore gebildet, die übereinandergelegt, auf der Filzmaschine beim Durchgang zwischen belasteten Walzen verdichtet und durch → Walken verfilzt werden **(Walkfilz, Preßfilz)**. Zur **Filzfrei-Ausrüstung** wird die Schuppenschicht chemisch oder mechanisch abgebaut oder in anderer Weise funktionsuntüchtig gemacht.

Filzen, → Polieren.

Findlinge, → Geschiebe.

Firmament, svw. → Himmel.

Firn, der „ewige" Schnee des Hochgebirges, der aus dem frisch gefallenen Schnee durch teilweises Schmelzen infolge Sonnenbestrahlung, Regen usw. und durch Wiedergefrieren als noch lockeres, aber schon zusammengesintertes Aggregat entsteht. Die nächste Stufe, das **Firneis**, setzt sich aus durch Eiszement verkitteten Eiskörnern zusammen, deren jedes ein unvollkommener Eiskristall ist. Der jährliche Zuwachs an Firneis wird in den Alpen in 3000 m Höhe auf etwa $2^1/_2$ bis 3 m von der Dichte 0,6 geschätzt. Infolge von Druck und Einsickern von Wasser, das stets aufs neue gefriert, geht das Firneis in das kompakte Gletschereis über.

Firnis, Sammelname für nichtpigmentierte Anstrichmittel, die trocknende Öle oder Harzlösungen enthalten. Man unterscheidet 1) **Ölfirnisse**, d. s. F.se im engeren Sinne, die Lösungen von Sikkativen (Trockenstoffe) in Lein-, gelegentlich auch in Holz-, Mohn-, Nuß- oder Hanföl darstellen. Sie werden in der Kälte oder Wärme (Firniskochen) hergestellt und trocknen, auf einer undurchlässigen Fläche in dünner Schicht aufgetragen, infolge beschleunigter Sauerstoffaufnahme und damit verbundener Polymerisation der Öle in kurzer Zeit zu einem festen und elastischen Film. Die Trocknungszeit von Leinölfirnis soll bei Normaltemperatur 24 Stunden nicht übersteigen. Ölfirnisse werden als Grundier- oder Bindemittel für Anstrichfarben verwendet. Lackfirnisse enthalten außer dem Öl noch natürliche oder synthetische Harze, während Faktisfirnisse aus geschwefelten Ölen bestehen.

2) **ölfreie F.se**, z. B. Gemäldefirnis, bestehen aus Lösungen von Naturharzen. Sie werden zur Herstellung von Druck- und Lackfarben verwendet.

Lit. Kisselew u. Abaschkina: Herstellung von Lacken, Ölfirnissen und Farben (2. Aufl. Leipzig 1953).

First, 1) *m* Hochbau: der höchste, meist waagerecht verlaufende Teil eines Daches, die Schnittlinie zweier zueinander geneigter Dachflächen.

2) *f* Bergbau: **Firste**, die Decke, d. h. obere Begrenzungsfläche jedes Grubenbaus; außerdem Kurzbezeichnung für **Steilfirst**, eine schmale, steile Abbaukammer, wie sie z. T. im Salzbergbau angelegt wird.

Fischerei, → Seefischerei, → Walfang.

Fischereifahrzeuge (Tafel 12), speziell zum Fang und Transport, teilweise auch zur Verarbeitung von Fischen eingerichtete, seetüchtige Schiffe mit Antriebsmaschine und entsprechender Ausrüstung für → Fischortung und Fischfang (→ Fischfanggeräte).

Von den volkseigenen Fischkombinaten Rostock und Saßnitz, den Fischereifahrzeug- und -gerätestationen (FGS) und den Fischereiproduktionsgenossenschaften (FPG) werden die im folgenden aufgeführten Typen eingesetzt. 1) **Küstenfischereifahrzeuge** sind halbgedeckte Motorboote und gedeckte Kutter für die Stell- und Zugnetz- sowie die Angelfischerei an der Küste und die Schleppnetzfischerei in der Ostsee. Der **Kutter** ist ein Holz- oder Stahlschiff von 17 bis 26,5 m Länge mit Antrieb durch einen Dieselmotor (100 bis 250 PS) und mit 9 kn Geschwindigkeit. Die Ladefähigkeit liegt zwischen 20 und 45 t Fisch, der auf Wassereis oder in Kühlräumen transportiert oder gesalzen wird. Der Einsatz geschieht einzeln oder im Gespann (als *Tucken* bezeichnet) in der Schleppnetzfischerei, auch Ringwaden, Snurrewaden und Angeln kommen zum Einsatz. 2) **Hochseefischereifahrzeuge** sind im Bereich der Kleinen und Großen Hochseefischerei eingesetzte Motorschiffe. Der **Logger** ist an sich ein für den Fang mit dem Treibnetz konstruiertes Schiff von etwa 39 m Länge mit Antrieb durch einen Dieselmotor (300 PS) und mit 9 kn Geschwindigkeit (Ladefähigkeit 70 t); er fängt aber außerhalb der Saison (in der DDR ständig) mit dem Schleppnetz und wird infolge der rückläufigen Tendenz der Treibnetzfischerei kaum noch gebaut. Der **Trawler** ist ein Stahlfahrzeug von 58,6 bis 65,6 m Länge mit Dieselmotorantrieb (920 bis 1420 PS, neuerdings auch Dieselelektroantrieb) und 11 bis 14 kn Geschwindigkeit. Die Ladefähigkeit beträgt 200 bis 320 t gesalzener oder vereister Fische, die Einsatzdauer bis zu 40 Tagen, der Aktionsradius bis 7500 sm. Trawler arbeiten mit pelagischem oder Grundschleppnetz (im Englischen: trawl), das über Steuerbordseite **(Seitentrawler)** aufgeholt wird. Der in der Flottillenfischerei (→ Seefischerei) eingesetzte **Zubringertrawler** ist ein **Hecktrawler** (Heckfänger), d. h., Aussetzen und Einholen des Schleppnetzes geschehen über eine Heckaufschleppe. Der Fang wird mittels eines Übergabesteerts (Netzbeutel) an ein **Fabrikmutterschiff (Transport- und Verarbeitungsschiff)** zur Verarbeitung und zum Heimtransport übergeben. Fabrikmutterschiffe sind 120 bis 160 m lang und haben 140 bis 160 Mann Besatzung; sie stellen zugleich ein Versorgungs-, Kulturzentrum usw. für die Schiffe der zugehörigen Flottille dar. Der **Frosttrawler** und das **Fang- und Gefrierschiff** (z. B. die in der DDR gebauten, nach dem hauptsächlichen Einsatzgebiet genannten Typen „Tropik", „Atlantik" und „Kaspi") sind ebenfalls Hecktrawler, die mit Anlagen zum Frosten des mit dem Schleppnetz oder mit Ringwaden, Treibnetzen und Angeln gefangenen, unverarbeiteten Fisches ausgerüstet sind und ihn so konserviert an ein **Kühl- und Transportschiff** zum Heimtransport übergeben. Dagegen hat das **Fang- und Verarbeitungsschiff** Maschinen zum Köpfen, Waschen, Enthäuten, Entgräten, Filetieren und vor allem Tieffrieren (bis −30 °C), weshalb man diesen Heckfänger auch als **Fabriktrawler** bezeichnet. Es verarbeitet zur Auslastung der Maschinen mitunter beim Einsatz in der Flottillenfischerei zusätzlich den Fang von Trawlern. Fang- und Verarbeitungsschiffe sind 86 bis 100 m lang, die Antriebsleistung beträgt 1800 bis 3050 PS, die Geschwindigkeit etwa 13 kn,

die Ladefähigkeit 730 t, die Einsatzdauer 60 bis 80 Tage, die Besatzung 70 bis 100 Mann.

Außerhalb der DDR gibt es noch **Fischdampfer**, d. s. Schleppnetzfänger mit Dampfmaschinenantrieb, **Seiner**, d. s. Motorschiffe für den Fang mit der Ringwade, **Klipper**, die besonders für den Fang von Thunfischen mit Handangeln bestimmt sind, und zahlreiche andere F.

Außer Fangfahrzeugen gehören im weiteren Sinne zu den F.n verschiedene **Fischereihilfsschiffe** zur technischen, medizinischen und kulturellen Betreuung der Fangflotten, **Fischereiforschungsschiffe** zur Erforschung neuer Fanggründe, des Verhaltens und der Lebensbedingungen der Fische, zur Erprobung neuer Fangmethoden und -geräte u. a., ferner **Suchschiffe** mit besonders umfangreichen Einrichtungen zur Fischortung sowie **Fischereischutzschiffe** (der jeweiligen Kriegsmarine angehörend) zur Wahrung der fischereirechtlichen Bestimmungen.

Lit. Schelzel: Guter Fang mit neuen Schiffen (Berlin 1960); Wendel: Handb. d. Werften (Hamburg 1956); Bobzin: Fischfangtechnik — Fangtechnologie (Berlin 1967); Ztschr.: Fischereiforschung (Rostock), Seeverkehr (Berlin), Schiffbautechnik (Berlin).

Fischer-Tropsch-Synthese, FTS, **Kogasinverfahren,** Verfahren zur katalytischen Hydrierung von Kohlenmonoxid, bei dem fast ausschließlich Gemische von Alkanen und Alkenen mit geringen Mengen sauerstoffhaltiger Verbindungen (z. B. Alkohole, Aldehyde, Fettsäuren) entstehen. Aus dem ursprünglichen Normaldruckverfahren wurden mehrere Abwandlungen entwickelt, z. B. die Mitteldruck- und die Fluidsynthese.

Ausgangsprodukt für die F.-T.-S. ist *Synthesegas*, das nach verschiedenen Verfahren aus Steinkohle, Braunkohle, Braunkohlenbriketts, Koks, Kokereigas oder Erdgas hergestellt wird. Je nach den Verfahren enthält es Kohlenmonoxid und Wasserstoff im Verhältnis $CO:H_2$ wie 1:2 bis 1:1. Das Rohgas muß sehr gut gereinigt werden und darf nur geringe Mengen an Schwefel enthalten.

Die klassische **Normaldrucksynthese** (ND) verläuft nach der Reaktionsgleichung $n\,CO + 2n\,H_2 \rightarrow (CH_2)_n + n\,H_2O$ und liefert Alkane bis zur Kettenlänge C_{70}. Der Katalysator besteht aus Kobalt bzw. Kobaltoxid, Thorium- und Magnesiumoxiden sowie Kieselgur. Als Reaktoren dienen rechteckige Kästen, die von Rohren durchzogen und auf die zur besseren Wärmeableitung Eisenplatten (Lamellen) aufgezogen sind. Der Katalysator liegt fest angeordnet zwischen Rohren und Lamellen (*Festbettsynthese*). Die Reaktionstemperatur des Reaktors steigt während einer Betriebszeit von 2600 bis 2800 Stunden von etwa 160 bis auf etwa 205 °C an. Die gebildeten Primärprodukte sind Rohparaffin (Kettenlänge über C_{30}), Kondensatöl (C_7 bis C_{30}), Rohbenzin (C_4 bis C_9) und Rohgasöl (C_3 bis C_3). Alle Primärprodukte werden durch Destillation zu Hauptverkaufsprodukten aufgearbeitet, einige Fraktionen nach speziellen Verfahren weiter veredelt.

Die **Mitteldrucksynthese** wird heute ausschließlich mit dem wesentlich billigeren Eisenkatalysator betrieben und verläuft nach der Bruttogleichung $2n\,CO + n\,H_2 \rightarrow (CH_2)_n + n\,CO_2$. Die Eisenkatalysatoren enthalten noch Zusätze von Kupfer, Kieselgur, Kieselsäure und Alkalien.

Es gibt verschiedene Verfahren: 1) Das *Lurgi-Ruhrchemie-Verfahren* arbeitet mit festangeordneten Katalysatoren in einem Röhrenofen bei 220 bis 250 °C und etwa 25 at. Die Hauptprodukte sind Benzin, Dieselöl und Paraffin. 2) Die *Kellog-Synthese* ist ein Wirbelschichtverfahren (Fluidsynthese). Es arbeitet mit pulverisiertem Katalysator bei 300 bis 340 °C und 30 bis 45 at. Als Hauptprodukte fallen Benzin und Dieselöl an. 3) Das *Kölbel-Rheinpreußen-Verfahren* arbeitet mit pulverförmigem Katalysator, der in Öl suspendiert ist, durch das Synthesegas fein verteilt perlt. Die Belastbarkeit der Öfen mit Synthesegas soll je m^3 Reaktionsraum 6- bis 8mal größer sein als bei der Normaldrucksynthese. Großtechnisch wird dieses Verfahren jedoch nicht angewandt.

Zusammensetzung der Fischer-Tropsch-Reaktionsprodukte in %:

Fraktion:		Normaldruck Co-Katalysator	Mitteldruck Fe-Katalysator
$C_3 + C_4$	Flüssiggase	11···15	62···12
$C_5 \cdots C_{10}$	Benzine	49···51	35···19
$C_{10} \cdots C_{14}$	Kogasin I	13···15	16···18
$C_{14} \cdots C_{18}$	Kogasin II	12···14	
$C_{18} \cdots C_{28}$	Paraffingatsch	8··· 8,5	
über C_{28}	Mittel- und Makroparaffin	3··· 3,5	16···46
Nebenprodukte (Alkohole)			7

Die F.-T.-S. wurde 1923 bis 1925 von F. Fischer und H. Tropsch entwickelt und ab 1936 großtechnisch eingeführt. Die einzige Anlage in der DDR befindet sich im VEB Synthesewerk Schwarzheide. Sie arbeitet unter Normaldruck mit Kobaltkatalysatoren, wird jedoch nach dem Ausbau entsprechender Verfahren auf Erdölbasis ab etwa 1970 aus Rentabilitätsgründen eingestellt werden.

Fischfanggeräte, Geräte und Anlagen zum Fang von Fischen.

1) In der → Seefischerei spielen im nordwesteuropäischen Fischereiraum folgende Grundtypen eine Hauptrolle:

a) Die **Harpune** ist ein meist gasdruckgetriebenes, mit Widerhaken versehenes lanzenartiges Geschoß mit oder ohne Explosivkopf und wird über Vorläufer an einer Harpunenleine befestigt. Die Harpune wird insbesondere beim → Walfang verwendet. Darüber hinaus hat sie nur geringe Bedeutung und dient vor allem sportlichen Zielen bei der Erbeutung einzelner Großfische (Thune, Haie u. a.). Handharpunen spielen keine wirtschaftliche Rolle mehr.

b) Die **Handangel** ist eine Einzelleine mit 1 bis 3 Haken. Handangeln dienen meist unter Verwendung natürlicher Köder zum Fang von Großfischen; aber auch Kabeljau, Plattfische u. a. werden mit ihnen in größeren Mengen gefangen. Trotz der primitiven Methode finden Handangeln auch produktionsmäßige Anwendung, z. B. beim Tropik und bei Thunklippern. Die ökonomische Bedeutung ist nicht unerheblich.

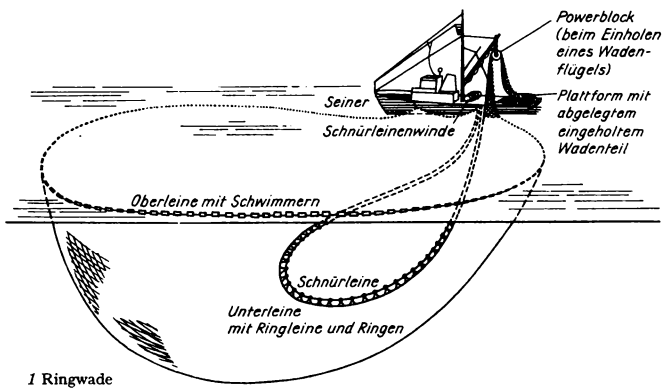
c) Die **Langleine** besteht aus einer starken Hauptleine (Länge 4 bis 120 km), an der in Abständen von 5 bis 150 m Mundschnüre mit je einem Haken an einem Vorfach mit Wirbel befestigt sind. Es kommen nur natürliche, oft lebende Köder in Frage. Langleinen dienen zum Fang von Grund-, pelagischen und Großfischen und werden von Kuttern, aber auch von Großschiffen (Tropik) mit speziellen, teilmechanisierten Technologien eingesetzt.

d) Die **Reuse** ist eine Fischfalle, in die der Fisch einschwimmt oder hineingeleitet wird und deren Ausgang er infolge seiner Verhaltensweise nicht findet. Die Reusen sind eine sehr formenreiche Fanggerätegruppe und bestehen jeweils aus einem Leitsystem (Netzwand) und 1 bis 4 Fangkammern, die einfachsten Reusen nur aus der Fangkammer mit 1 bis 2 ventilartigen Eingängen. Aufbau und Entleerung von Großreusen erfordern eine umfangreiche, eingearbeitete Mannschaft. Reusen haben große wirtschaftliche Bedeutung in der Küstenfischerei und dienen zum Fang fast aller Fischarten.

e) Das **Stellnetz** ist eine einwandige Netzwand. Es trägt an der Oberkante (Obersimm) Auftriebskörper, am Untersimm Beschwerungen und wird entweder an der Oberfläche treibend oder am Grunde stehend eingesetzt. Das Fangprinzip beruht darauf, daß der Fisch beim Versuch, das Netz zu durchschwimmen, in einer Masche eingeschnürt wird. Sekundär folgt häufig Verwickeln im Netz. Stellnetze (und auch Treibnetze) dienen zum Fang von Platt-, Grund- und Massenfischen und haben in der Küstenfischerei mäßige Bedeutung. Sie werden von Küstenfischereifahrzeugen eingesetzt.

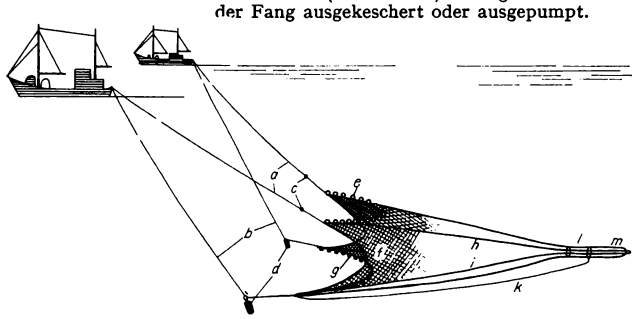
f) Das **Treibnetz** gleicht im Fangprinzip dem Stellnetz, man faßt jedoch 100 bis 180 Netze zu einer *Fleet* zusammen. Diese wird während der Nacht meist in Oberflächennähe am Logger befestigt und driftet mit diesem zusammen. Treibnetze werden in der Hochseefischerei zum Fang von Heringsartigen und Makrelen eingesetzt. Die ehemals sehr große Bedeutung dieser F. geht jedoch jetzt zurück.

g) Die **Snurrewade** ist ein schleppnetzähnliches Hochseefanggerät mit langen Flügeln und langen Leinen. Es wird kreisförmig ausgefahren und mit einer Spezialwinde an das verankerte Fahrzeug (Kutter) herangezogen. Snurrewaden dienen zum Fang von Bodenfischen, vor allem Plattfischen.



1 Ringwade

h) Die **Ringwade** (Abb. 1) besteht aus einer langen, hohen Netzwand (Länge 250 bis 800 m, Höhe 80 bis 160 m), mit der der Seiner einen genau georteten Fischschwarm einkreist. Durch Einholen der Schnürleine oder Wadenleine wird dann die Ringwade schüsselförmig geschlossen und durch Einholen mittels Netzwinde oder angetriebener Rolle (Powerblock) verengt. Danach wird der Fang ausgekeschert oder ausgepumpt.



2 Pelagisches Gespannschleppnetz: *a* obere Kurrleinen, *b* untere Kurrleinen, *c* Schnellverbindung zwischen oberen Kurrleinen und oberen Standern, *d* Schleppgewichte und Schnellverbindung zwischen unteren Kurrleinen und unteren Standern, *e* Kopftau mit Auftriebskörpern, *f* seitliche Maulleinen, *g* Grundtau mit Beschwerungen, *h* obere Lasche linksseitig, *i* untere Lasche linksseitig, *k* Beiholer zum Vorhieven des Steerts, *l* Tunnel, *m* Steert mit Steertverschluß

Die Ringwade, ein wichtiges Seefischereigerät steigender Bedeutung, gestattet Massenfänge pelagischer Schwarmfische (über 200 t/Hol).

i) Das **Grundschleppnetz** ist ein sackartig mit kurzen Flügeln geformtes Netz, das an langen (bis 1800 m) Kurrleinen von Kuttern, Trawlern und Fabrikschiffen mit einer Geschwindigkeit von 3,5 bis 5 kn (Knoten) über den Grund geschleppt wird und die Bodenfische und bodennahen Fische aufnimmt (maximal 20 t/Hol). Die befischte Bodenfläche beträgt je nach Größe 10 bis 20 ha/h. Bei den Grundschleppnetzen, die wichtige Seefischereigeräte darstellen, unterscheidet man Netze für den Herings- und den Rundfischfang, die jeweils wieder als Scherbrett- oder als Gespannschleppnetz (für Kutter) gebaut sein können. Die horizontale Spreizung des Netzes wird bei Scherbrettschleppnetzen durch Scherbretter (mit einem Ausstellwinkel in Schepprichtung laufende Platten), bei Gespannschleppnetzen durch den Abstand zweier gemeinsam schleppender Fahrzeuge erreicht.

k) Das **pelagische Schleppnetz** (Abb. 2) ist eine spezielle Schleppnetzform zum Fang von Massenfischen im Freiwasser (Pelagial). Die Tiefensteuerung erfolgt durch Änderung der Kurrleinenlänge und in bestimmten Grenzen durch Fahrtregulierung. Die pelagischen Schleppnetze sind ebenfalls als Scherbrett- oder als Gespannschleppnetze gebaut. Die „gezielte Fischerei" verlangt eine genaue Schwarmortung (→ Fischortung), eine genaue Tiefensteuerung des Netzes und eine Beobachtung des Fangvorganges mittels Netzsonde (→ Ultraschallortung). Pelagische Schleppnetze werden von Kuttern und Trawlern aller Größen eingesetzt.

2) Binnenfischerei: In der Seenfischerei werden Angeln, Langleinen (speziell für den Aalfang), Reusen, Stellnetze und Zugnetze, in der Flußfischerei Angeln, Reusen, Stellnetze und Hamen eingesetzt. In der Teichwirtschaft sind auf Grund der besonderen Bedingungen (ablaßbare Teiche) nur kleine Zugnetze gelegentlich von Bedeutung.

Auf der Grundlage der verschiedenen Ausführungen von F.n wurden sehr unterschiedliche, passive oder aktive → Fischfangmethoden entwickelt, die neuerdings vielfach mit taktischen Fischfangmethoden kombiniert werden.

Fischfangmethoden, in der Binnenfischerei und Seefischerei unter Berücksichtigung der Lebensweise und Lebensräume, des Verhaltens und der physischen Fähigkeiten der Fische entwickelte, differenzierte Fangverfahren mit dem Ziel maximaler Fänge bei minimalem Aufwand. Man unterscheidet passive, aktive und taktische F.

1) **Passive F.** beruhen auf der Verwendung bewegungsloser → Fischfanggeräte, die vom Fisch aufgesucht werden müssen. Hierzu gehören der Fang mit Angeln, der durch natürliche und künstliche Köder die Nahrungsaufnahme des Fisches ausnutzt, sowie der Fang mit Fallen (Reusen) und maschenden Geräten (Stell- und Treibnetze), die aktive Ortsveränderungen des Fisches (Wanderungen) sowie passive Ortsveränderungen (durch Gezeiten und Strömung) für den Fang nutzen.

2) **Aktive F.** beruhen auf der Verwendung bewegter Fanggeräte, die zum Fang georteter (→ Fischortung), zumindest aber vermuteter Fischvorkommen und Einzelfische unabhängig von deren Verhalten eingesetzt werden. Hierzu zählen der weit zurückreichende Fang mit verwundenden Geräten (Pfeile, Speere, Harpunen), der Fang mit Umschließungsnetzen (Sperrnetze, Zugnetze, Ringwaden) und der Fang mit sammelnden Geräten (Snurrewade, Schleppnetz).

3) **Taktische F.** beruhen auf der Ausnutzung von Zwangsreaktionen der Fische auf äußere Reize oder Taxien (z. B. Phototaxis-Reaktion

auf Licht, Galvanotaxis-Reaktion auf Stromdurchgang durch den Körper im elektrischen Feld) zur Scheuchung, Anlockung oder Konzentration und damit zur Schaffung fanggünstiger Situationen. Neben der Ausnutzung des Schalls (unter anderem bei der schon seit langem bekannten **Klapperfischerei**, die auf der anlockenden Wirkung der Resonanzschwingungen beklopfter Hartholzbretter auf Barschartige beruht) haben z. Z. vor allem Licht- und Elektrofischerei eine Perspektive. Bei der **Lichtfischerei** wird in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeit, Fangplatz, Alter und Entwicklungsstadium der Fische Licht (z. B. durch elektrische Über- oder Unterwasserlampen) verwendet, das je nach Wellenlänge und Intensität anlockend (konzentrierend) oder scheuchend (zerstreuend) wirkt. Der Effekt findet Verwendung zum Fang mit Umschließungsnetzen, zum Leiten (intermittierende Leuchtenketten) und zum Absperren von Wanderwegen. Die **Elektrofischerei** macht sich die Erscheinung zunutze, daß Fische im elektrischen Feld in Abhängigkeit von Feldstärke und Spannungsabfall spezifische Reaktionen zeigen. Besonders gut verwertbar sind Reaktionen in Gleich- und Impulsgleichstromfeldern. Dabei sind drei Reaktionsstufen zu erkennen: 1) die Fische stellen sich in Feldlinienrichtung, 2) die Fische schnellen zur Anode, 3) bei bestimmter Feldliniendichte tritt Narkose ein. Der Strom wird über Elektroden mit zweckgebundener Größe (Oberfläche) und Form unmittelbar ins Wasser geleitet. Dieser Effekt wird in der Binnenfischerei direkt zum Fang verwendet, wobei die betäubten Fische mittels Kescher entnommen werden; nicht fangwürdige erholen sich nach einer bestimmten Zeit. In der Seefischerei, bei der auf Grund der größeren Wassertiefe dieses Verfahren nicht möglich ist, ergeben sich folgende Anwendungsformen: 1) Kombination herkömmlicher Fanggeräte mit Elektrofangmethoden (z. B. Elektroschleppnetz), wobei man erhöhte Fangergebnisse erzielt, weil die Fische vor dem Netz konzentriert und Fluchtreaktionen verhindert werden; 2) Kombination mehrerer taktischer F. mit Fischpumpen (Wasserstrahl- oder Kreiselpumpen mit langem Ansaugrohr zur Förderung von Fisch-Wasser-Gemischen), z. B. phototaktische Vorkonzentration, galvanotaktische Endkonzentration und Absaugen der betäubten Fische (Abb.) Die überragende Bedeutung derartiger Verfahren beruht auf ihrer weitgehenden Automatisierbarkeit und der geringen Abhängigkeit vom Fangplatz.

Lit. Skoszkiewicz: Die neuesten F. in der UdSSR (Leipzig 1954); Ztschr.: Fischereiforschung (Rostock), Deutsche Fischerei-Zeitung (Radebeul).

Fischlupe, → Ultraschallortung.

Fischortung, die Suche und Lokalisierung von Fischvorkommen. Für bestimmte Fischfanggeräte und Fischfangmethoden ist eine genaue F. die Voraussetzung der Wirtschaftlichkeit. Die visuelle Ortung ist an sichtiges Wasser und ruhige Oberflächen gebunden; sie erfolgt auf Grund der Verminderung von Reflexionsverlusten mit zunehmendem Beobachtungswinkel vom Mastkorb oder von Flugzeugen aus und spielt beim Thun- und Walfang eine Rolle. Versuche zur akustischen Ortung (Abhören der Bewegungsgeräusche der Fische mittels Hydrophon) waren bisher erfolglos. Am verbreitetsten ist die F. an Hand von Laufzeitmessungen gerichteter und vom Objekt reflektierter Ultraschallimpulse, → Ultraschallortung. Früher wurde vielfach von dem Auftreten von Sekundärtieren (von Fischen lebende Tiere, z. B. Wale, Haie, Möwen) auf das Vorhandensein von Fischen geschlossen; dieses Verfahren ist unzuverlässig.

Fischpumpe, → Fischfangmethoden.

Fitting, Rohrverschraubung, ein Verbindungsstück für Rohrleitungen aus Metall, Plast, Glas oder Porzellan. F.s werden für Gewinderohre kleinerer Nennweiten bei Gas-, Wasser- oder Heizungsrohren verwendet. TGL 0-2980 bis 0-2983.

Fixieren, 1) Photographie: ein Prozeß, durch den das Bild lichtbeständig gemacht wird. Dabei werden die nicht vom Licht getroffenen Teile des Silberhalogenids, also die nicht geschwärzten Teile der lichtempfindlichen Schicht, durch Natriumthiosulfat $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ (Fixiersalz) in wasserlösliche Silbernatriumthiosulfat-Komplexe umgewandelt.

2) Textilindustrie: verschiedene Ausrüstungsverfahren zum Stabilisieren von Verformungen und zum Verhindern des Schrumpfens und der Faltenbildung. Bei *Wolle* umfaßt das F. das Brennen, Dekatieren und Bügeln, bei *Synthesefaserstoffen* versteht man unter F. das Stabilisieren des Spannungszustandes, der durch Verstrecken bei der Herstellung erzeugt wurde, mittels feuchter oder trockener Hitze (Thermofixieren).

Fixpunkt, Festpunkt, 1) Mathematik: ein Punkt, der bei einer Abbildung fest bleibt.

2) Geodäsie: → Festpunkt.

Fixstern, → Stern.

Fla, → Luftabwehrwaffen.

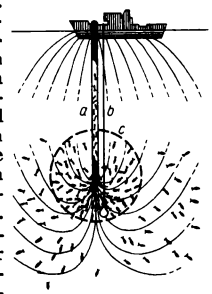
Flachbagger, Fahrbagger, eine Maschine zum Lösen und Schieben von Erdreich und Haufwerk. F. gewinnen das Baggergut bei der Fahrbewegung der gesamten Maschine, sie sind keine Bagger im eigentlichen Sinn. F. werden meist durch Verbrennungsmotoren angetrieben und besitzen Gleisketten oder sind luftbereift. Sie werden eingeteilt in → Planiermaschinen, → Straßenhobel und → Schürfkübelwagen. F. sind wirtschaftlich bei Transportentfernungen von 50 bis 800 m, sie planieren den Boden wieder ein. F. werden beim Bau von Straßen und Flugplätzen, auf Großbaustellen, in Braunkohlentagebauen u. a. eingesetzt.

Flachbandkabel, symmetrische Paralleldrahtleitung, bei der der Abstand der beiden Leiter (Litzen) mit Hilfe eines hochwertigen Isolierstoffes fixiert wird. Das F. dient als Zuführungskabel zwischen Antenne und UKW- oder Fernsehempfänger. Vorteilhaft sind der niedrige Herstellungspreis auf Grund des einfachen Aufbaus und die geringe Dämpfung. F. werden mit einem genormten Wellenwiderstand von 240 Ω (Ohm) hergestellt. Nachteilig ist, daß sich die Verluste sehr stark erhöhen durch Niederschlagseinflüsse (Rauhreif, Schnee, Feuchtigkeit, Eis).

Flachdruck, ein → Druckverfahren.

Flache, → Strecke.

Fläche, Zeichen A, S, F. In der Elementarmathematik definiert man eine F. als geometrischen Ort einer Gesamtheit von Punkten, die eine gewisse Bedingung erfüllen (z. B. die Kugeloberfläche als den geometrischen Ort aller Punkte, die von einem festen Punkt, dem Mittelpunkt der Kugel, den gleichen Abstand haben), als Begrenzung eines Körpers und in ähnlicher Weise. In den einzelnen Teilgebieten der Geometrie wird der Begriff der F. präzisiert und verallgemeinert. In den meisten Fällen definiert man eine F. als die Gesamtheit aller Punkte des Raumes, deren Koordinaten x, y, z einer Gleichung der Form $z = f(x, y)$ oder $F(x, y, z) = 0$ genügen. So wird z. B. die Kugeloberfläche vom Radius r in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem mit dem Mittelpunkt der Kugel als Nullpunkt durch die Gleichung $F(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 - r^2 = 0$ gegeben. F.n, die durch algebraische Gleichungen definiert werden, nennt man **algebraische F.n.** Die einfachsten F.n sind die Ebenen. Sie werden durch algebraische Gleichungen 1. Grades gegeben (F.n 1. Ordnung). F.n 2. Ordnung sind F.n, die in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem durch eine algebraische Gleichung



Elektrofischerei: Absaugen der betäubten Fische mittels Fischpumpe nach phototaktischer Vorkonzentration und galvanotaktischer Endkonzentration. *a* Ansaugrohr der Fischpumpe(eingeschaltet), Ansaugstutzen als Anode geschaltet; *b* elektrische Lichtquelle (ausgeschaltet); *c* Wirkbereich der galvanotaktischen Reaktion

2. Grades definiert werden, z. B. Kugeln, Kegel, Zylinder, Ellipsoide, Hyperboloide, Paraboloide.

Für viele Betrachtungen erweist sich die Parameterdarstellung einer F. als zweckmäßig, bei der die Koordinaten x, y, z der Flächenpunkte als Funktionen zweier Parameter u und v gegeben sind: $x = \varphi(u, v)$, $y = \psi(u, v)$, $z = \varkappa(u, v)$. Für die Kugel vom Radius r ist z. B. $x = r \cdot \cos u \cdot \sin v$, $y = r \cdot \sin u \cdot \sin v$, $z = r \cdot \cos v$ $(0 \leqq u < 2\pi,\ 0 \leqq v \leqq \pi)$ eine Parameterdarstellung. u gibt dabei die geographische Länge φ und v die Poldistanz ϑ eines Punktes auf der Kugel an.

In der **Flächentheorie**, einem Teilgebiet der Differentialgeometrie, werden die Eigenschaften der F.n, insbesondere die Tangentialebene und die Krümmung der F. in einem Flächenpunkt, sowie gewisse Kurven auf der F. (z. B. die geodätischen Linien) untersucht.

Aufgabe der **Flächenberechnung** ist die Bestimmung des Flächeninhalts von (durch Kurven begrenzten) ebenen oder gekrümmten Flächenstücken bzw. räumlich geschlossenen F.n, d. h. die Bestimmung der Anzahl der in ihnen enthaltenen Flächeneinheiten. Im allgemeinen werden F.n mit Hilfe der Integralrechnung bestimmt. Einfache F.n, z. B. ebene, geradlinig begrenzte F.n, lassen sich nach Formeln der Elementargeometrie berechnen, evtl. durch Zerlegung in Rechtecke und Dreiecke. Nur in wenigen Fällen läßt sich der Flächeninhalt als geschlossener Ausdruck angeben. Zur maschinellen Bestimmung des Flächeninhalts dient das Planimeter.

Flächenlampe, svw. → Leuchtkondensator.

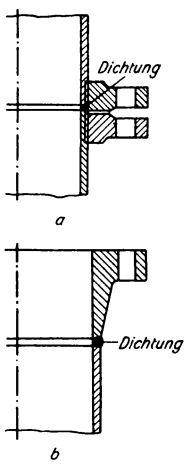
Flächenmaße, die bei der Bestimmung von Flächeninhalten verwendeten → Einheiten.

Flächenmoment, → Trägheitsmoment.

Flächensatz, 1) Mechanik: Der Satz von der Erhaltung des Drehimpulses für einen Körper, der unter dem Einfluß einer Zentralkraft steht.

2) Astronomie: das 2. → Keplersche Gesetz.

Flachkegelbrecher, Symonsbrecher, eine nach ihren Erfindern, den Gebrüdern Symons, benannte Zerkleinerungsmaschine für mittelharte bis harte Stoffe mit hohem Materialdurchsatz. Der F. ist ähnlich dem Kegelbrecher aufgebaut, unterscheidet sich aber in der Arbeitsweise. Seine Brechkegel sind viel flacher als beim Kegelbrecher, und die Zerkleinerung erfolgt vorwiegend durch Schlagwirkung; dadurch erhält man scharfkantiges Brechgut, wie es z. B. für Baustoffe (Schotter, Splitt) erwünscht ist. F. gewinnen immer mehr an Bedeutung.



a Aufschraubflansch, *b* Vorschweißflansch

Flachland, → Ebene 3).

Flachsee, → Meer.

Flachspulinstrument, → Dreheiseninstrument.

Flak, → Luftabwehrwaffen.

Flammenschutzmittel, Feuerschutzmittel, Substanzen, die die Entzündlichkeit brennbarer Stoffe herabsetzen, ihre Verbrennung weitgehend verzögern und insbesondere die Flammenbildung verhindern. 1) Für Holz verwendet man Lösungen von F.n, die mittels bestimmter Verfahren (→ Holzschutz) zur Anwendung gelangen. Grundsubstanzen der F. sind vor allem Ammoniumsalze, z. B. Diammoniumphosphat $(NH_4)_2HPO_4$, Karbonate, z. B. Kaliumkarbonat K_2CO_3, und Silikate, z. B. Kaliwasserglas K_2SiO_3 und Natronwasserglas Na_2SiO_3. Einen sehr wirksamen Schutz bieten auch schaumschichtbildende Mittel, z. B. Harnstoffharze, insbesondere Polykondensate von Harnstoff NH_2CONH_2 und Formaldehyd CH_2O. 2) Für Textilien ist eine Tränkung mit Ammoniumsalzlösungen, besonders mit Ammoniumbromid NH_4Br, sehr wirksam. Auch Dinatriumphosphat Na_2HPO_4 hat sich bewährt. Um ein mechanisches Festhalten des F.s zu erreichen, werden klebkräftige Substanzen mitverwendet, z. B. Leim und Stärke. 3) Für Papier und Pappe sind Besprühungen mit Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$, Borax $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, Alkaliphosphaten und Ammoniumchlorid NH_4Cl unter Mitverwendung von Klebstoffen gut wirksam. Diese F. sind bes. wichtig für Theaterausstattungen und Saaldekorationen.

Lit. Beythien: Die Löschmittel und ihre Anwendung (3. Aufl. Berlin 1962); Leitfaden für die Arbeit im vorbeugenden Brandschutz, Tl I (4. Aufl. Berlin 1960); → Holzschutz.

Flammgrundieren, ein Verfahren zur Reinigung und zum zeitweiligen Korrosionsschutz von Stahloberflächen sowie zur Verbesserung der Haftfestigkeit nachfolgender Anstriche. Beim F. wird nach dem Flammstrahlen eine chemische Oberflächenbehandlung (meist mit phosphorsauren Mitteln) angeschlossen und die dabei entstehende Schicht durch eine abschließende Erhitzung mit einem Flammstrahler eingebrannt.

Flammofen, ein Herdschmelzofen, bei dem das zu schmelzende Metall nur mit den Flammen der Verbrennungsgase in Berührung kommt. Die Brennstoffe (Öl, Gas) werden in einem Brenner oder auf einem vor dem Herd befindlichen Rost verbrannt. Flammöfen werden wegen des sehr hohen Wärmeverbrauches kaum noch verwendet.

Flammpunkt, → Entzündung.

Flammspritzen, ein Verfahren zum Auftragen von geschmolzenen Metallen (→ Metallspritzen) oder Plasten (→ Plastspritzen) mittels Spritzpistole und Brenngassauerstoff-Flamme, insbesondere zum Korrosionsschutz.

Flammstrahlen, ein Oberflächenbehandlungsverfahren zur Reinigung metallischer Oberflächen von Rost, Zunder, Anstrichresten usw. durch kurzzeitiges Erhitzen mittels verschiedenartiger Brenner.

Flansch, 1) Rohrleitungsbau: ein fester oder loser scheibenförmiger Bund am Rohrende zum Zusammenschrauben von Rohren. F.e stellen die älteste Rohrverbindungsart dar. Normale Flanschverbindungen (nach TGL 0-2500) sind zur Verbindung von Grauguß- und Flußstahlrohren geeignet. Nach der Verbindungsart des F.es mit dem Rohr unterscheidet man angegossene F.e, Aufschraub-, Vorschweiß-, Aufschweiß-, Aufwalz-, Nietflansche, Los- und Hinterlegflansche und Sonderflanschverbindungen. Zwischen die F.e bzw. Rohrenden muß stets eine Dichtung aus Gummi, Asbest oder Leder gelegt werden. (Abb.)

2) Stahlbau: an Profilstählen und Stahlträgern der quer zum Steg befindliche Teil.

Flasche, Hakenflasche, die zu einer Konstruktion zusammengefaßten losen Rollen eines → Flaschenzuges und das → Lastaufnahmemittel (Lasthaken). Die Rollen können getrennt vom Lasthaken auf einer Achse oder zusammen mit dem Lasthaken auf den Achsbolzen der Traverse, in der der Lasthaken gelagert ist, angeordnet sein.

Flaschengas, ein Brenngas, das in → Stahlflaschen unter Druck gespeichert, transportiert und am Verbrauchsort unter Entspannung entnommen wird. Bei normaler Temperatur nicht verflüssigbare Gase, z. B. Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Stadtgas, werden unter Druck (bis 200 at) verdichtet oder wie Äthin unter einem wesentlich geringeren Druck (bis 15 at) in einem Lösungsmittel gespeichert. Bei normaler Temperatur verflüssigbare Gase (→ Flüssiggase) werden mit einem Druck gespeichert, der nur wenig über dem zur Verflüssigung notwendigen Druck liegt.

Flaschenzug, ein Fördermittel zum senkrechten Heben oder Senken von Lasten mit geringem Kraftaufwand. Der F. besteht im einfachsten Fall aus einer oberen festen und einer unteren losen Rolle, an der die Last Q hängt (Abb. *a*). Diese verteilt sich gleichmäßig auf die beiden

Seilstränge, an denen die lose Rolle hängt. Eine Kraft vom Betrag $F = \frac{Q}{2}$ muß das über die feste Rolle gelegte Seil nach unten ziehen, um die Last, zu der die Masse der Rolle zu zählen ist, im Gleichgewicht zu halten. Wird die Last Q um die Höhe h gehoben, so verkürzt sich jeder der beiden Seilstränge, an denen sie hängt, um die Strecke h; die Kraft F hat also den doppelten Weg $2h$ zurückzulegen. Das Produkt aus Kraft und Weg (Arbeit) ist auf Last- und Kraftseite gleich ($Q \cdot h = \frac{Q}{2} \cdot 2h$). Verwendet man statt je einer Rolle feste Verbindungen (Flaschen) von je 2, 3, 4 Rollen, so verteilt sich die Last auf 4, 6, 8 Seilabschnitte, und als Kraft ist nur $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_8$ der Last notwendig. Bei n Rollen ist $F = \frac{Q}{n}$ (**Faktorenflaschenzug**). Schaltet man mehrere Flaschenzüge hintereinander, erhält man den Potenzflaschenzug (Abb. *b*): $F = \frac{Q}{2^{n-1}}$.

Der **Differentialflaschenzug** oder die **Patenttalje** (Abb. *c*) besteht aus einer festen oberen Flasche, auf deren Achse zwei miteinander verbundene Kettenräder mit verschiedenen Radien (r_1 und r_2) gelagert sind, und einem unteren losen Kettenrad, an dem die Last hängt. Um alle drei Kettenräder ist eine endlose Kette geschlungen. Zieht man an der losen Kettenschlinge, so wird einer der beiden Kettenstränge, an dem die Last hängt, verkürzt, der andere gleichzeitig verlängert. Im ganzen hebt sich die Last nur immer um die Hälfte des Längenunterschiedes der ab- bzw. aufgewickelten Kettenlänge, die wieder vom Längenunterschied der beiden Halbmesser der oberen Rollen abhängt. Die Kraft beim Differentialflaschenzug ist

$$F = \frac{Q}{2} \cdot \frac{r_1 - r_2}{r_1} = \frac{Q}{2}\left(1 - \frac{r_2}{r_1}\right).$$

In der Technik gebräuchlich sind der Differentialflaschenzug für Lasten bis 1,5 Mp, der selbsthemmende **Schneckenflaschenzug** bis 20 Mp, der **Stirnradflaschenzug** bis 10 Mp und der → **Elektroflaschenzug**.

Nach der Art des Zugmittels unterscheidet man zwischen **Seilflaschenzug** und **Kettenflaschenzug**. Für die Seile oder Ketten ist beim F. im Gegensatz zur Winde keine Speichereinrichtung (z. B. Trommel) vorhanden.

Flavinfermente, zu den Dehydrogenasen gehörende Fermente, die als Koferment Flavinmononukleotid und vor allem Flavin-adenin-dinukleotid enthalten. Es sind bisher etwa 60 F. bekannt. Die F. wirken entweder direkt auf Substrate oder oxydieren die bei der Atmung reduzierten Pyridinkofermente.

Flavonfarbstoffe, eine Gruppe von gelben Naturfarbstoffen. Sie kommen weit verbreitet in Blüten, Hölzern und Wurzeln vor und stehen den Anthozyanen sehr nahe.

Fleckschiefer, svw. → Fruchtschiefer.

Flettnerruder, → Flugzeug.

Fleurs, eine Lederart, → Leder.

Flexodruck, veraltet **Anilingummidruck, Anilindruck, Gummidruck,** ein Hochdruckverfahren (→ Druckverfahren), bei dem elastische (flexible) Druckformen (Gummistereos) verwendet werden. Im F. lassen sich verschiedenartige Materialien bedrucken, wie Seidenpapier, Metall- und Plastfolien, Zellglas. Er wird auf Maschinen ausgeführt, die nach dem Rotationsprinzip (Zylinder gegen Zylinder) drucken. Anfangs wurden spritlösliche Anilindruckfarben verwendet, heute meist in Bindemitteln feinst verteilte Pigmentfarbstoffe.

Lit. Hartung: Handb. für den Flexodrucker (Berlin 1967); → Druckverfahren.

Flexur, Kniefalte, Monoklinalfalte, eine S-förmige Schichtverbiegung, wobei sich zwei Schollen relativ gegeneinander bewegen, ohne daß wesentliche Bruchbildung erfolgt. Bekannt sind die F.en im Coloradoplateau in den USA, die Rheintalflexur bei Freiburg i. Br. und die Riesenfußflexur im Elbtal bei Pirna.

Fliegerabwehrwaffen, → Luftabwehrwaffen.

Fliehkraft, → Zentralbewegung.

Fliesen, Platten für Boden- und Wandbeläge, im engeren Sinne nur keramische Platten. a) **Bodenfliesen** werden wie Wandfliesen aus Ton, Kaolin, Sand und anderen mineralischen Rohstoffen unter hohem Druck in Stahlformen gepreßt und bei Temperaturen über 900 °C gebrannt. Sie haben einen feinkörnigen, gesinterten, d. h. nicht mehr saugenden Scherben von kristalliner Struktur, sind sehr hart, frost- und säurebeständig und nutzen sich wenig ab. Es gibt glatte und gleitsichere Bodenfliesen. Kleinformatige, glatte Bodenfliesen nennt man **Kleinmosaik.** b) **Wandfliesen** haben einen feinkörnigen, kristallinen, porösen Scherben, der weiß oder elfenbein bis gelb getönt ist, und eine — in einem zweiten Brand bei Temperaturen über 900 °C — aufgeschmolzene Glasur. Es gibt auch farbig glasierte Wandfliesen, sowie solche mit matter oder mit bewegter Oberfläche.

Fließarbeit, veraltete Bezeichnung für → Fließfertigung.

Fließbandfertigung, → Fließfertigung.

Fließbettverfahren, svw. → Wirbelschichtverfahren.

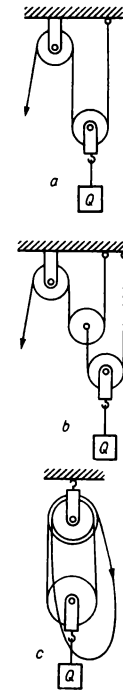
Fließdrücken, Streckdrücken, ein Verfahren des → Umformens. Eine rotierende Ronde oder ein rotierender vorgeformter Hohlkörper werden an oder auf ein gleichfalls rotierendes Modell (Bezugsformstück) angedrückt. Das Werkzeug besteht aus einer (in selteneren Fällen auch aus mehreren) Druckrolle, die gleichbeständig zur Oberfläche des Modells bewegt wird.

Fließerde, → Solifluktion.

Fließfertigung, früher als **Fließarbeit** bezeichnet, 1) die z. Z. höchste Form der Organisation des Fertigungsablaufes in der Fertigungstechnik. Unter F. versteht man eine örtlich fortschreitende, zeitlich bestimmte (Zeitmaß: → Taktzeit), lückenlose Folge von Arbeitsgängen, die in einer Fließstraße durchgeführt werden. Der weitverbreitete Begriff **Fließbandfertigung** ist falsch, da eine F. als Bedingung keine mechanische Förderung vorsieht. Die Anwendung eines Transportbandes ist nur dann sinnvoll, wenn auch die Fertigung auf demselben erfolgt.

Nach der Art der Belegung einer Fließstraße kann man unterscheiden zwischen konstanter F. und Wechselfließfertigung. Bei der **konstanten F.** wird nur eine Erzeugnisart über einen längeren Zeitraum hin gefertigt; bei der **Wechselfließfertigung** werden konstruktiv und technologisch ähnliche Erzeugnisse in kürzeren Zeitabständen wechselweise hergestellt.

Die **Fließstraßen** (Tafel 30) kann man entsprechend dem verwirklichten technischen Stand einteilen in Hand-, Maschinen- und automatische Fließstraßen. Bei Handfließstraßen werden fast alle in die Grund- und Hilfszeit fallenden Arbeitsverrichtungen von Hand ausgeführt. Bei Maschinenfließstraßen werden fast alle Grundzeiten maschinell ausgeführt; die Hilfszeiten erfordern größtenteils weiterhin manuelle Tätigkeit. Bei automatischen Fließstraßen werden alle Grund- und Hilfszeiten einschließlich des Transportes durch maschinelle Einrichtungen ausgeführt. Nach der zeitlichen Bindung unterscheidet man Fließstraßen mit zeitlich gebundenem und zeitlich erzwungenem Fertigungsablauf. Bei Fließstraßen mit zeitlich gebundenem Fertigungsablauf sind zeitlich begrenzte Abweichungen der einzelnen Arbeitsgänge von



Flaschenzug: *a* feste und lose Rolle, *b* Potenzflaschenzug, *c* Differentialflaschenzug

der Taktzeit möglich, da die Weitergabe der Erzeugnisse bzw. das Weiterrücken der Arbeitsplätze jeweils nach Beendigung der Fertigungsaufgabe erfolgen. Bei Fließstraßen mit zeitlich erzwungenem Fertigungsablauf ist keine Abweichung von der Taktzeit möglich; man spricht daher auch von **Zwanglaufstraßen,** unexakt oft auch noch von Taktstraßen.

Zur wirtschaftlichen Durchführung der F. sind bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen: 1) Sicherung der Fertigungsauflage (zu produzierende Stückzahl pro Monat oder Jahr und Verteilung über die einzelnen Zeitabschnitte) und der Fertigungsperspektive (Entwicklung der Fertigungsauflage in den nächsten Jahren); 2) konstruktive und technologische Reife des Erzeugnisses; 3) Sicherung der termingerechten Materialanlieferung hinsichtlich Güte und Menge; 4) sorgfältige, auf die F. abgestimmte Fertigungsvorbereitung; 5) Arbeitskräftebereitstellung unter Berücksichtigung der Eigenheiten der F.

Die F. ermöglicht besonders die Steigerung der Arbeitsproduktivität.

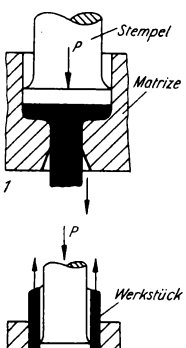
2) im Bauwesen eine wissenschaftliche Organisationsform zur Steigerung der Bauproduktion in der Vorfertigung und Bauausführung (Montage) unter Einhaltung der Kontinuität und Gleichmäßigkeit. Das Bauvorhaben wird in Objekte und diese wiederum in Objektabschnitte eingeteilt, die jeweils den gleichen Arbeitsumfang haben. Die Produktion erfolgt im **Taktverfahren;** dabei werden zur Steigerung der Arbeitsproduktivität die Bauarbeiten in den einzelnen Objektabschnitten so aufeinander abgestimmt, daß keine Wartezeiten und kein Arbeitsleerlauf entstehen, sondern eine kontinuierliche Beschäftigung der Bauarbeiter gewährleistet wird. Die einzelnen an jeder Baustelle wiederkehrenden Arbeiten **(Takte)** werden so aufgegliedert, daß zeitlich und in der Besetzung mit Arbeitskräften **(Taktbrigaden)** eine genaue Abstimmung gegeben ist. Die Aneinanderreihung der Takte der verschiedenen Objekte bezeichnet man als **Taktstraße.** Die **Teiltaktzeiten** (für die Objektabschnitte) sowie die **Taktzeiten,** d. h. die Produktionszeiten jeweils einer Taktbrigade auf ihrer Taktstraße, müssen an der gesamten Baustelle aufeinander abgestimmt sein. Die komplexe F. im Industriebau beinhaltet die zeitlich aufeinander abgestimmte Montage von Bau- und Ausrüstungsteilen auf der Grundlage eines ausgearbeiteten Zyklogramms.

Lit. Richter, Wawrziniak, Schiffer: F. – ein Schlüssel zur wirtschaftlichen Produktion (Leipzig 1961); Budnikow, Nedawni Ribalski: Grundlagen der F. im Bauwesen, 2 Bde (dtsch Berlin 1962); Nezval: Grundlagen der F. in der Bauproduktion (dtsch Berlin 1960); Kleine Enzyklopädie Schnellbaufließfertigung (Berlin 1964).

Fließgrenze, der Beginn merklicher plastischer Formänderung. Bis zur F. verformt sich der Werkstoff überwiegend elastisch. Beim → Zugversuch bezeichnet man die F. als Streckgrenze, beim → Druckversuch als Quetschgrenze.

Fließkunde, svw. → Rheologie.

Fließpressen, ein Verfahren der Massivumformung, bei dem ein Werkstückrohling in eine Matrize eingelegt und durch einen Stempel teilweise verdrängt wird. Der Werkstoff fließt dabei in Richtung **(Vorwärtsfließpressen)** oder gegen die Richtung der Stempelbewegung **(Rückwärtsfließpressen)** oder auch seitwärts **(Seitwärtsfließpressen)** durch eine Öffnung ins Freie. Die Öffnung kann in der Matrize oder im Stempel angeordnet sein oder von Stempel und Matrize gemeinsam gebildet werden.



1 Beispiel für **Vorwärtsfließpressen,** *2* Beispiel für **Rückwärtsfließpressen**

Rohlingsformen sind meist volle oder gelochte Scheiben oder flache Näpfe. Herstellbare Werkstückformen sind meist rotationssymmetrisch. Durch Verwendung mehrerer Stempel, geteilter Matrizen und Kombinationen mit Stauchen, Aufweiten, Einziehen kann die Formgestaltung des Werkstückes erweitert werden. Das F. wird meist als Kaltumformen angewendet für Bunt- und Leichtmetalle, Plaste sowie heute für fast alle unlegierten und legierten Stähle bis etwa 80 kp mm^{-2} Zugfestigkeit.

Lit. Faworski: Kaltumformung von Nichteisenmetallen durch Verdrängen (Berlin 1954); Feldmann: F. von Stahl (Berlin 1959); Missoshnikow u. Grinberg: Kaltpressen und Kaltstauchen (dtsch Berlin 1955); Romanowski: Handb. der Stanzereitechnik (dtsch Berlin 1959).

Fließpunkt, svw. Schmelzpunkt, → Schmelzen.

Fließstraße, → Fließfertigung.

Flimmerverfahren, → Photometrie.

Flint, svw. → Feuerstein.

Flinte, ein → Jagdgewehr.

Flipflop, ein elektronischer Kippschalter oder → Multivibrator mit zwei stabilen Gleichgewichtslagen (bistabil), bei dem zwei Röhren oder Transistoren so zusammengeschaltet sind, daß immer nur eine Röhre bzw. ein Transistor Strom führt. Die rasche Umschaltung wird durch einen → Trigger bewirkt.

Floccus, eine flockige Wolkenform, die häufig vor und bei Gewittern auftritt.

Flocken, *1)* Wasseraufbereitungs- und Abwasserreinigungstechnik: ein Verfahren zur Beseitigung gelöster, unerwünschter Wasserinhaltsstoffe durch Bildung in Wasser schwerlöslicher Substanzen. Flockungsmittel sind z. B. Eisen(II)-sulfat, Eisen(III)-chlorid, Aluminiumsulfat, Natriumaluminat, Kalziumhydroxid, Natriumkarbonat, Natriumhydroxid. Da gealterter Flockenschlamm beim F. von Oxidhydraten ebenfalls eine beschleunigende Wirkung auf die Flockenbildung ausübt und darüber hinaus den dabei resultierenden Schlammzuwachs hemmt, werden Flocken- bzw. Schlammpartikeln durch besondere Kreislaufführung und Zirkulation ständig mit frisch gebildeten Flocken in Kontakt gebracht (*Schlammkontakt-* oder *Flockenwirbelschichtverfahren*).

2) Metallurgie: eine schneeflockenähnliche Materialtrennung, insbesondere bei legierten Chrom-Nickel-, Chrom- und Manganstählen. Sie wird verursacht durch Wasserstoffausscheidungen aus fester Lösung infolge verminderter Diffusionsfähigkeit. Das F. wird vermieden durch Wahl geeigneter Legierungszusammensetzung, durch Vorwärmen der Legierungszusätze und Zuschlagstoffe, durch entsprechende Wärmeführung des Blockes, Halbzeuges oder Schmiedestücks unter Ausnutzung der Gefügeumwandlungsprozesse, auch durch hohe Verformungsgrade oder Anwendung des Vakuumschmelzens bzw. -gießens.

Flockenbast, → Kotonisieren.

Flockung, → Kolloide, → Flocken.

Flor, *1)* Spinnerei: ein dünnes Vlies, eine Schicht lose zusammenhängender, entwirrter Fasern, die von der → Krempel gebildet wird. Beim Streichgarn-Spinnverfahren wird von verschränkt laufenden, endlosen schmalen Riemchen, dem **Florteiler,** der F. der Länge nach in Streifen geteilt, aus denen durch Nitscheln Vorgarnfäden entstehen.

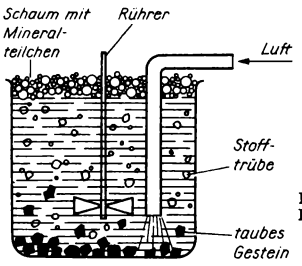
2) von der Gewebeoberseite abstehende Fasern bei Samt und Plüsch **(Florgewebe)** sowie Teppichen.

Florette, die beim Gewinnen von → Naturseide anfallenden Abfälle.

Floß, → Rettungsfloß.

Flotation, Schwimmaufbereitung, ein Aufbereitungsverfahren zum Anreichern von Nutzmineralen, bei dem die unterschiedliche Benetzbarkeit der Gemengeteile zu deren Trennung ausgenutzt wird. Man wendet es besonders zum Anreichern solcher Minerale an, die beim Aufschließen sehr feinkörnig (Erze z. B. unter 0,2 mm Korngröße) anfallen; andernfalls muß das Gut bis auf diese

Größe zerkleinert werden. Zur F. wird das Gut mit Wasser gemischt, in Zellen eingebracht und mit besonderen Reagenzien, den Sammlern, versetzt, die die Oberfläche der anzureichernden Gemengeteile, bei der Erzaufbereitung z. B. der Erzteilchen, stark wasserabweisend (hydrophob) machen. Als Sammler dienen bei sulfidischen



Prinzip der Flotation

Mineralen z. B. Xanthate. In die Stofftrübe wird Luft eingeblasen und z. B. durch einen Rührer, der gleichzeitig ein Absetzen der Stoffteilchen verhindert, zu kleinen Luftblasen zerteilt. An diese aufsteigenden Bläschen heften sich die Mineralkörner mit hydrophober Oberfläche an, werden in den Schaum ausgetragen und mit diesem von der Trübe mechanisch abgestreift. Durch Zusatz anderer, als Schäumer bezeichneter Reagenzien, z. B. Kiefernöl, wird der Schaum zäher und tragfähiger.

Flotte, in der Textilindustrie Bezeichnung für Färbe-, Appretur- und sonstige Behandlungsbäder. **Flottenverhältnis** ist Verhältnis der Warenmasse zur Flüssigkeitsmenge **(Flottenmenge).**

Flowturn-Verfahren, → Drücken.

Flöz, eine Schicht technisch nutzbaren oder irgendwie ausgezeichneten Gesteins, z. B. Kohlenflöz. Alle F.e sind sedimentären Ursprungs.

Fluate, → Fluorokieselsäure.

Fluchtfiltergerät, ein → Atemschutzgerät.

Fluchtpunkt, in der Perspektive der Punkt, in dem sich gleichlaufende gerade Linien zu vereinigen scheinen.

Fluchtstab, Fluchtstange, Bake, ein rot-weiß gestrichener, 3 cm starker Rundholzstab von meist 2 m Länge. Er wird in der Geodäsie zur Kennzeichnung von Flucht- und Messungslinien sowie von Gelände- oder Festpunkten verwendet.

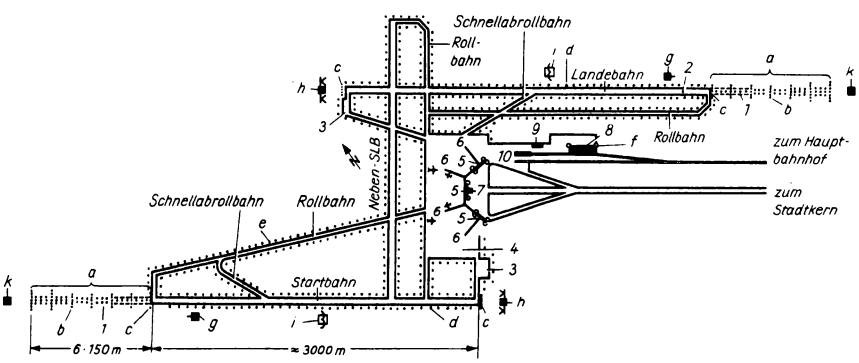
Flude, svw. → Füllstoffe.

Flugbahn, der Weg fliegender Körper. Bei Flugkörpern mit eigenem Antrieb und/oder Steuerung, wie Flugzeugen und Raumschiffen, kann die F. innerhalb der durch die Antriebsleistung und die Wirksamkeit der Steuerung gegebenen Grenzen willkürlich verändert werden. Die F. anderer Flugkörper, wie Geschosse, Raketen nach Brennschluß, Satelliten usw., wird bei gegebenen Anfangsbedingungen durch die Trägheit und die Gravitation bestimmt. Außerhalb der Atmosphäre ergeben sich in der Umgebung eines Himmelskörpers Kreis- oder Ellipsenbahnen. Kurze F.en kann man mit guter Näherung als Parabeln betrachten. Innerhalb der Atmosphäre werden die F.en durch den Luftwiderstand beeinflußt (→ Ballistik).

Flughafen (Tafel 50), ein → Flugplatz des öffentlichen Verkehrs mit Anlagen und Einrichtungen zum regelmäßigen Starten und Landen sowie zum Warten, Abstellen und Versorgen von Flugzeugen und zum Abfertigen von Fluggästen, Luftfracht, Post und Gepäck. Zum F. gehören das Flugfeld mit den Start- und Landebahnen und den Rollbahnen, der Flugsteig, die Flugschneisen und die Abfertigungsanlagen.

1) Das **Flugfeld** ist ein nach den Bedingungen der Windbelastung, der Bodengestaltung und der Anflugrichtung speziell ausgewählter Teil des F.s mit den Anlagen zum Starten und Landen der Flugzeuge. Die **Start- und Landebahn** (abg. **SLB**) umfaßt die Teile des Flugfeldes, die eine künstliche Decke (meist aus Beton) besitzen und für Start und Landung der Flugzeuge zu jeder Jahreszeit bestimmt sind. Man unterscheidet verschiedene Start- und Landebahn-Systeme (Parallelbahnsystem, sich kreuzende Bahnen, tangential um die Abfertigungsanlage angeordnete Bahnen). Die Längen der Startbahnen für Flugzeuge mit Kolbentriebwerken betragen in der Regel 1500 bis 2000 m, für Flugzeuge mit Spezialantrieb in der Regel bis zu 3000 m und mehr. Die Tragfähigkeit ist nach den Start- und Landeeigenschaften der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Flugzeugtypen ausgelegt. Die **Rollbahnen** sind speziell befestigte (meist betonierte) und ausgerüstete Bahnen zum Rollen oder Schleppen der Flugzeuge. Sie verbinden die Anlagen miteinander und werden in Haupt-, Verbindungs- und Nebenrollbahnen unterteilt.

2) Der **Flugsteig** ist der Platz vor den Abfertigungsanlagen mit künstlicher Decke für das zeitweilige Abstellen der Flugzeuge beim Ein- und Aussteigen der Fluggäste, für die Durchführung des Verladens von Gepäck, Post und Fracht sowie für die technische Wartung, z. B. die Betankung, die über Tankwagen oder stationäre Unterfluranschlüsse erfolgt. Man unter-



Moderner Flughafen im Grundriß mit Start- und Landebahnen nach dem Parallelsystem und Anflugbefeuerung nach dem Calvert-System (nicht maßstäblich). *1* Stoppfläche für abgebrochenen Start, *2* Aufsetzpunkt, *3* Warteplätze, *4* Abfertigungsvorfeld, *5* Abfertigunggebäude, *6* Finger für die Abfertigung und Versorgung, *7* Kontrollturm mit Rundsicht-Radar, *8* Hangar mit Vorfeld, *9* Fracht- und Postgebäude, *10* Bahnhof. *a* Anflugbefeuerung (weiß), *b* Horizont,*c* Schwellenbefeuerung (grün), *d* SLB-Befeuerung (weiß, am Anfang und Ende in der Landerichtung gelb), *e* Rollbahnbefeuerung (blau), *f* Hindernisfeuer (rot), *g* ILS-Gleitwegsender, *h* ILS-Landekurssender, *i* Landeradar, *k* Haupteinflugzeichen

scheidet folgende gebräuchliche Flugsteigtypen: a) *Offene Flugsteige*: Die Flugzeuge werden in der Regel in einer oder mehreren Reihen vor den Abfertigungsanlagen aufgestellt. b) *Fingerflugsteige*: Die Flugzeuge werden entlang abgegrenzter Wege oder vor geschlossenen Anlagen (Piers oder Galerien) aufgestellt. c) *Inselflugsteige* (*Satelliten*): Die Flugzeuge werden um frei im Vorfeld liegende, geschlossene Gebäude aufgestellt, die mit den Abfertigungsanlagen durch Tunnel oder geschlossene Laufwege verbunden sind.

3) Als **Flugschneisen** bezeichnet man die sich an die Enden des Flugfeldes anschließenden Teile des Flughafennahbereiches, über denen die Flugzeuge beim Start Höhe aufnehmen oder im Gleitflug zur Landung ansetzen.

4) Die **Abfertigungsanlagen** dienen der Abfertigung der Fluggäste und ihres Gepäcks, der Post und z. T. der Fracht. In den Abfertigungsanlagen befinden sich außer den Abfertigungsräumen und -einrichtungen unter anderem die Diensträume für den → Flugwetterdienst und die Flugvorbereitung, die Aufenthaltsräume für die Besatzungen, die Flugleitung und die Verkehrsleitung. Mit den Abfertigungsanlagen ist meist ein Kontrollturm mit den Ausrüstungen und Anlagen für die → Flugsicherung verbunden, von dem aus die Flugdispatcher die Starts und Landungen sowie die Bewegung aller Flugzeuge im Flughafenbereich überwachen und leiten können.

Über die optische und funktechnische Ausrüstung von Flughäfen, z. B. zum Leiten und Führen von Flugzeugen bei Start und Landung, → Flughafenbefeuerungsanlagen, → Anflug- und Landesysteme, → Radar.

Flughafenbefeuerungsanlagen, optische Anlagen zum Leiten und Führen von Flugzeugen und zur Hinderniskennzeichnung. Die F. umfassen zahlreiche Einzelanlagen, die mit unterschiedlichen Feuern ausgestattet sind.

1) Befeuerungsanlagen für Leit- und Führungsaufgaben. a) Die **Anflugbefeuerung** besteht im wesentlichen aus einer auf oder neben der Mittellinie der Start- und Landebahn (abg. SLB) angebrachten Reihe von Feuern, die sich bis etwa 1000 m vom Beginn der SLB an gerechnet erstrecken. Die Anflugbefeuerung ist je nach dem verwendeten System (s. u.) mit quer zur Anfluggrundlinie verlaufenden Feuerketten, den *Horizonten*, versehen. Die Farbe der Feuer ist weiß oder rot, unter Umständen mit zusätzlichen Farben zur Codierung. Vielfach werden zusätzlich Blitzfeuer im Anflugsystem untergebracht, die über elektronische Einrichtungen fortlaufend gezündet werden, so daß der Eindruck von auf die Bahn zulaufenden Lichtblitzen entsteht. b) Die **SLB-Befeuerung** besteht aus beiderseits der Start- und Landebahn angebrachten Feuern, die den berollbaren Bereich abgrenzen. Bei neuen Anlagen erfolgt die Markierung der SLB-Achse durch überrollbare Unterflurfeuer. Die Farbe der Feuer ist weiß, unter Umständen mit zusätzlichen Farben zur Codierung. Beginn und Ende der Start- und Landebahn werden durch *Schwellenfeuer* angezeigt; ihre Farbe ist am Ende im allgemeinen rot, am Anfang im allgemeinen grün. c) Die **Aufsetzzonenbefeuerung** (oft auch als **Lichtlandematte** bezeichnet) dient zur optischen Darstellung der Aufsetzzone der Start- und Landebahn und besteht aus einem System überrollbarer Unterflurfeuer. Die Farbe der Feuer ist im allgemeinen weiß. d) **Rollbahnfeuer** dienen zur Markierung derjenigen Teile der Rollbahnen und Abstellplätze, die berollt werden dürfen. Die Farbe ist blau. Zusätzlich kann eine Markierung der Rollbahnachsen sowie der Einmündung von Rollbahnen in Abstellplatten durch überrollbare Unterflurfeuer vorgenommen werden. Ihre Farbe ist im allgemeinen grün. e) **Gleitwinkelanzeiger** dienen zur optischen Darstellung des richtigen Gleitwinkels, und zwar entweder durch Bildung von Farbsektoren, z. B. weiß/rot oder weiß/grün/rot, oder durch bestimmte geometrische Anordnung der Feuer, die je nach Verhältnis zum richtigen Gleitwinkel unterschiedlich wahrgenommen wird. Farbe und Anordnung der Gleitwinkelanzeiger sind je nach System verschieden. f) **Kennungsfeuer** werden teilweise noch auf den Flughäfen zur optischen Identifizierung des Platzes angebracht; sie strahlen eine bestimmte Kennung ab. g) **Befeuerungsanlagen zur Führung rollender Flugzeuge** bestehen aus beleuchteten Tafeln, die Hinweise über die Lage bestimmter Bahnabschnitte enthalten. Farbe und Konstruktion sind je nach System verschieden.

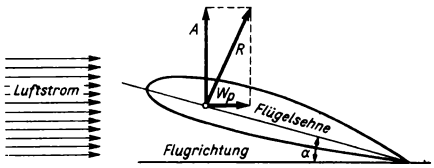
Die Befeuerungsanlagen für Leit- und Führungsaufgaben erleichtern dem Piloten den Anflug und die Landung bei Dunkelheit; sie ermöglichen ferner Anflug und Landung auch ohne funktechnische Einrichtungen (→ Anflug- und Landesysteme), falls die Sichtbarkeit der Befeuerung nicht durch Wolken oder Nebel behindert ist. Man unterscheidet verschiedene Systeme; gebräuchlich sind vor allem das **ALPA-ATA-System** (Abk. des Englischen **A**irline **P**ilots **A**ssociation — **A**ir **T**ransport **A**ssociation) und das besonders in Europa angewendete **Calvert-System.** Letzteres besteht aus einer 900 m langen Feuerreihe auf der Mittellinie der SLB. Die Reihe enthält im Abstand von 30 m je 1, 2 oder 3 weiße Feuer. Die Horizonte sind im Abstand von 150 m angeordnet. Ihre Breite nimmt von außen zur SLB hin ab, wodurch die Anordnung einem Pfeil ähnelt, der zum Aufsetzpunkt 300 m einwärts der Landebahnschwelle zeigt.

Befeuerungsanlagen für Leit- und Führungsaufgaben sind nieder- oder hochintensive Anlagen; letztere sind in ihrer Lichthelligkeit regelbar. Die Regelung und Schaltung aller dieser Anlagen erfolgt vom Kontrollturm aus. Die Feuer selbst dürfen bestimmte Bauhöhen und Massen nicht überschreiten und müssen mechanische und elektronische Soll-Bruchstellen besitzen.

2) Hindernis- und Warnfeuer dienen ausschließlich zur Kennzeichnung der im Flughafengebiet und auf den Luftstraßen vorhandenen Hindernisse. Ihre Farbe ist rot. Die Lichtintensität oder die zusätzliche Codierung dieser Feuer durch Lichtblitze o. ä. wird je nach Gefährlichkeit des Hindernisses gesondert festgelegt.

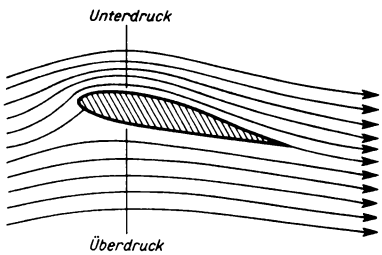
Flugmechanik, die Wissenschaft von den Bewegungen der Fluggeräte, die sich aus dem Zusammenwirken der Luftkräfte, der Massekräfte, der Antriebskräfte und der mit diesen verknüpften Momente ergeben. Die wichtigsten Luftkräfte sind Auftrieb und Widerstand. Bei einem Fluggerät schwerer als Luft (Flugzeug) entsteht der *Auftrieb A* durch die Bewegung des Tragflügels gegen die ihn umgebende Luft (dynamischer Auftrieb im Gegensatz zum statischen Auftrieb eines Ballons). Das → Profil hat bei normalen Flugzeugen, d. h. bei Flugzeugen für Unterschallgeschwindigkeiten, eine Stromlinienform. Um den Höchstauftrieb zu verbessern, werden die Profile oft mehr oder weniger gewölbt. Um Auftrieb zu erzeugen, muß das Profil um einen bestimmten Winkel gegen die Strömungsrichtung angestellt werden. Der *Anstellwinkel* α, d. h. der Winkel zwischen Flügelsehne und Flugrichtung (Abb. 1), muß um so größer sein, je geringer die Fluggeschwindigkeit ist. Die Stromlinien drängen sich oberhalb des Profils zusammen, d. h. es müssen mehr Luftteilchen durch den gleichen Querschnitt hindurch, und die Geschwindigkeit der Luftteilchen erhöht sich auf Kosten des Druckes der Luft (→ Bernoul-

lische Gleichung). Es entsteht ein Unterdruck. Auf der Unterseite des Profils ist es umgekehrt (Abb. 2). Aus den Druckunterschieden ergibt sich der dynamische Auftrieb des Profils.



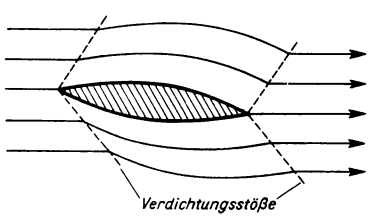
1 Luftkräfte am Tragflügelprofil: *A* Auftrieb, *R* Luftkraft, W_p Profilwiderstand, α Anstellwinkel

Bei hohen Fluggeschwindigkeiten müssen die Profile möglichst dünn sein, bei Überschallgeschwindigkeiten müssen sie eine möglichst spitze Vorderkante haben. Besonders geringen Widerstand haben unter gewissen Bedingungen die → Laminarprofile. Wird der Anstellwinkel zu groß, so kann die Strömung dem Profil nicht mehr folgen, sie „reißt ab". Es entstehen Wirbel, der höchstmögliche Auftrieb ist erreicht oder schon überschritten, der Widerstand nimmt stark zu. Um den Höchstauftrieb zu verbessern, verwendet man → Landehilfen.



2 Unterschallströmung am Profil

Der *Widerstand W* entsteht aus den durch die Umströmung des Profils entstehenden Druckkräften (Komponenten entgegen der Flugrichtung) als Druckwiderstand und aus dem durch die Grenzschicht erzeugten Reibungswiderstand. Bei guter Formgebung ist der Druckwiderstand relativ gering. Durch den Überdruck auf der Unterseite und durch den Unterdruck auf der Oberseite des Profils werden die Flügelspitzen umströmt, es bilden sich die Randwirbel aus. Die notwendige Energie zur Ausbildung der

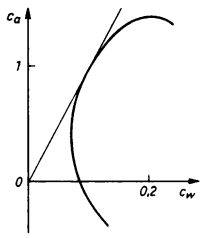


3 Überschallströmung am Profil

Wirbel wird durch die Überwindung des *induzierten Widerstandes* des Tragflügels erhalten. Der induzierte Widerstand ist stets $W_i \geqq \frac{A^2}{\pi \cdot b^2 \cdot q}$ (A = Auftrieb, b = Spannweite des Flügels, q = Flugstaudruck). Er verringert sich mit größer werdender Spannweite (diese muß daher möglichst groß sein) und mit zunehmender Fluggeschwindigkeit. Bei Fluggeschwindigkeiten größer als die Schallgeschwindigkeit entstehen wegen der nicht mehr möglichen Druckausbreitung nach vorn (in Flugrichtung) Verdichtungsstöße, die einen erheblichen Druckwiderstand hervorrufen (Abb. 3).

Die nichttragenden Baugruppen, z. B. Rumpf, Leitwerke, Triebwerksverkleidungen, haben *zusätzlichen Widerstand*. Durch die Beeinflussung der Baugruppen untereinander treten weitere Widerstände auf, die *Interferenzwiderstände*. In der F. rechnet man meist mit Beiwerten. Das sind auf eine Bezugsfläche (beim Flugzeug meist die Flügelfläche) und geeignete weitere Längen bezogene Koeffizienten, die eine leichte Beurteilung der Eigenschaften der Fluggeräte ermöglichen (Auftriebsbeiwert c_a, Widerstandsbeiwert c_w, Momentenbeiwerte u. a.).

Die Polare (Abb. 4) ist ein bequemes Hilfsmittel für die Berechnung der Flugleistungen. Der wirtschaftlichste Flug ist der, bei dem mit möglichst wenig Widerstand möglichst viel Auftrieb erzeugt wird. Dieser Betriebszustand (*beste Gleitzahl* oder *bester Gleitwinkel*) läßt sich durch eine an die Polare gelegte Tangente leicht ermitteln. Aus den zur Verfügung stehenden Triebwerksleistungen und der Polare lassen sich die Flugleistungen, z. B. die Horizontalgeschwindigkeiten in allen Höhen, die Start- und Landestrecken, die erreichbaren Höhen, Flugstrecken usw., berechnen.



4 Polare. c_a Auftriebsbeiwert, c_w Widerstandsbeiwert

Unter *Flugeigenschaften* versteht man das Schwingungsverhalten eines Fluggerätes und seine Steuerbarkeit um alle Achsen (Höhen-, Seiten- und Quersteuerung). Gute Flugeigenschaften sind unerläßlich für die Flugsicherheit und die Verträglichkeit des Fluges für den Menschen. Besonderen Aufwand erfordert die Berechnung und Vorausbestimmung gekoppelter Bewegungsvorgänge (z. B. die durch eine Seitendrehung des Flugzeuges hervorgerufene Querneigung).

Weiterhin sind bei allen möglicherweise auftretenden Flugzuständen (Horizontalflug, Sturzflug, Durchfliegen einer Böe, Steuerbewegung) und allen Flugzeugzuständen (Landeklappen angestellt, Fahrwerk ausgefahren usw.) die auf das Flugzeug und seine Bauteile wirkenden Belastungen aus Luft- und Massekräften zu ermitteln. Diese werden für die Dimensionierung und den Festigkeitsnachweis des Fluggerätes benötigt.

Lit. W. Müller: Einführung in die Mechanik des Fluges (4. Aufl. Leipzig 1958); Richter: F. (Leipzig 1958); Seidler: ABC des Fliegens, Heft 2 (Neuenhagen bei Berlin 1959).

Flugmodell, nach internationalem Luftrecht ein kleines, voll flugfähiges unbemanntes Fluggerät mit höchstens 5 kg Masse (im Unterschied zu dem schwereren → Luftfahrzeug). Es gibt F.e mit Antrieb durch Gummimotor, Druckluftmotor, Verbrennungsmotor (etwa 0,5 bis 10 cm^3 Hubraum) oder ein Luftstrahltriebwerk und F.e ohne Antrieb, die Segelflugmodelle, für welche die Bedingungen des Segelflugs gelten. Man unterscheidet ferner Fesselflugmodelle, die durch eine Leine mit dem Startenden verbunden sind, und ungefesselte oder Freiflugmodelle. Manche F.e sind mit einer Selbststeuerung (Magnet-, Licht-, Kreiselsteuerung) oder mit einer Funkfernsteuerung ausgerüstet.

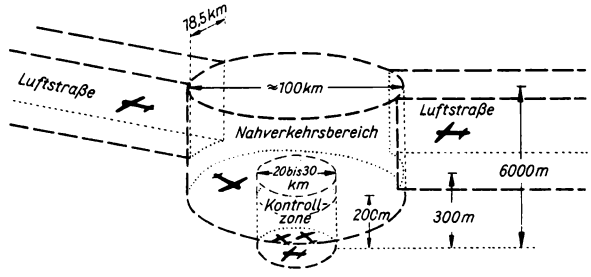
Flugplatz, eine dem Flugbetrieb dienende Land- oder Wasserfläche mit Einrichtungen für Start und Landung von Luftfahrzeugen. Man unterscheidet zivile Flugplätze (z. B. → Flughäfen, Arbeitsflugplätze) und militärische Flugplätze.

Flugschrauber, ein → Rotorflugzeug.

Flugsicherung, abg. **FS,** die Gesamtheit aller Einrichtungen und Maßnahmen, die der Sicherheit des Luftverkehrs dienen.

Der Luftraum über der Erdoberfläche und den Meeren ist in Fluginformationsgebiete (englisch

flight information regions, abg. FIR) eingeteilt. Kleinere Länder haben meist nur ein FIR, größere Länder mehrere. Die Grenzen decken sich in der Regel mit den politischen Grenzen. Bestimmte Teile der FIR gelten als kontrollierte Lufträume. Diese werden eingeteilt in FS-Kontrollbezirke und FS-Kontrollzonen. Ein FS-Kontrollbezirk besteht aus *Luftstraßen*, d. s. Flugstrecken mit starkem Verkehr, und *Nahverkehrsbereichen*, d. s. Lufträume in Knotenpunkten von Luftstraßen in der Nähe von Flughäfen. Eine FS-Kontrollzone umfaßt den Luftraum um einen Flughafen.



Räumliche Darstellung der kontrollierten Lufträume

Die staatliche F. gliedert sich in FS-Kontrolldienst, FS-Beratungsdienst, FS-Fernmeldedienst und FS-Technischer Dienst.

1) Der **FS-Kontrolldienst** hat folgende Aufgaben: Verkehrskontrolle in kontrollierten Lufträumen, ferner Fluginformation und Luftnotüberwachung, beides im gesamten Luftraum. Der FS-Kontrolldienst arbeitet mit folgender Gliederung: Bezirkskontrollstellen (englisch area control centres, abg. ACC), die insbesondere den Luftverkehr in den Luftstraßen kontrollieren, Anflugkontrollstellen (englisch approach control offices, abg. APP) für den Nahverkehrsbereich und Flughafenkontrollstelle, oft kurz als Turm (englisch tower, abg. TWR) bezeichnet, die meist ihren Sitz im Turm des Flughafens hat.

Das international angewandte Flugsicherungssystem beruht auf der Abstandsstaffelung, die für jedes Luftfahrzeug im Flugplan festgelegt wird. Der FS-Kontrolldienst überwacht den Verkehrsablauf. Als Arbeitsunterlage verwendet er Kontrollstreifen, auf denen die wichtigsten Daten des Flugplanes stehen. Beim Überfliegen der Pflichtmeldepunkte muß das Luftfahrzeug eine Standortmeldung abgeben. Bei Abweichungen zwischen den auf dem Kontrollstreifen angegebenen Werten für Ort und Zeit und den Werten der Standortmeldung muß der FS-Kontrolldienst entscheiden, ob der Flug ohne Änderung von Kurs und Höhe weitergeführt werden kann oder ob eine Behinderung anderer Luftfahrzeuge auftreten kann. Nötigenfalls gibt der FS-Kontrolldienst dem betreffenden Luftfahrzeug über die UKW-Funksprechverbindung Anweisungen zu Höhen- und/oder Kursänderungen. Zur besseren Kontrolle der Flugbewegungen werden noch zusätzlich Rundsicht- und Sekundär-Radargeräte (→ Radar) eingesetzt (Tafel 50) sowie Sichtfunkpeiler (→ Funkpeiler). Weiteres → Funkortung.

Das jetzige Flugsicherungs-Kontrollsystem ist dem schnellen Verkehrsablauf und der z. T. auftretenden hohen Verkehrsdichte nicht mehr gewachsen. Es laufen daher in mehreren Ländern Untersuchungen, um die Arbeit der F. teilweise zu automatisieren. Dabei sollen zunächst alle routinemäßigen Arbeitsvorgänge maschinell erledigt werden.

2) Der **FS-Beratungsdienst** stellt den Besatzungen der Luftfahrzeuge Navigationsunterlagen sowie Angaben über die Funknavigationseinrichtungen auf der beflogenen Strecke zur Verfügung und unterstützt die Flugzeugführer bei der Flugplanaufstellung.

3) Der **FS-Fernmeldedienst** ermöglicht durch Fernschreib-, Fernsprech- und (besonders bei Weitverkehr) durch Funkverbindungen die Nachrichtenübermittlung zwischen den einzelnen FS-Zentralen auf den Flughäfen (fester Flugfernmeldedienst) und mit den Luftfahrzeugen (beweglicher Flugfernmeldedienst) sowie das Ausstrahlen von Meldungen für die gesamte Luftfahrt (Flugrundsendungen).

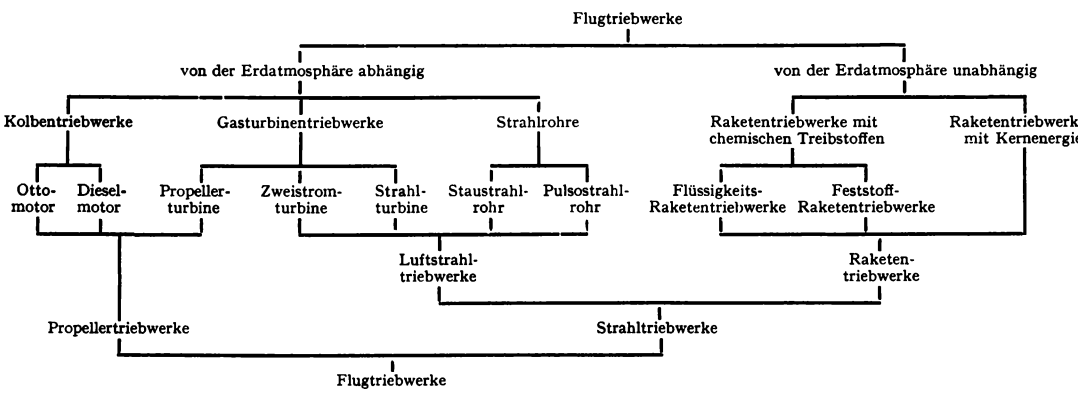
4) Der **FS-Technische Dienst** muß betreiben und unterhalten: Technische Einrichtungen für Ortung, Navigation und F., z. B. Funkfeuer, Leuchtfeuer einschließlich Flughafenbefeuerung, KW- und UKW-Funksende- und -empfangsanlagen, Instrumentenlandesysteme, Peilanlagen, Radaranlagen.

Der → **Flugwetterdienst** ist meist dem staatlichen allgemeinen meteorologischen Dienst beigeordnet.

Lit. Nachrichten für die Zivile Luftfahrt der DDR, hrsg. vom Ministerium für Verkehrswesen HV Zivilluftfahrt (Berlin); Möbius: F. (München 1960).

Flugsimulator, → Simulator.

Flugtriebwerke, Antriebe für Luftfahrzeuge und Flugkörper. F. können nach verschiedenen Gesichtspunkten unterteilt werden. Die wichtigste Unterscheidung ist die nach der Abhängigkeit von der Erdatmosphäre. Neben den in der Übersicht aufgeführten einfachen F. werden auch Kombinationen gebaut, z. B. der Verbundmotor,



Übersicht über die einfachen Flugtriebwerke

der aus einem Kolbentriebwerk und einer Turbine besteht, die von Abgasen der Kolbenmaschine durchströmt wird.

Flugwegschreiber, ein Luftfahrtbordgerät zur kontinuierlichen Aufzeichnung der zurückgelegten Flugstrecke. Die momentane Stellung des Schreibgriffels gibt den momentanen Standort des Luftfahrzeuges an. Als Eingangsdaten zur Steuerung des F.s eignen sich die Ausgangsdaten von Ortungsgeräten, die den Standort angeben, z. B. Hyperbelsysteme. Weiteres → Funkortung.

Flugwerk, → Bühnentechnik.

Flugwetterdienst, ein nach internationalen Vereinbarungen zur Beratung und Sicherung des Luftverkehrs in fast allen Staaten vorhandener Wetterdienst. Seine Hauptaufgaben sind 1) besondere *Wetterbeobachtungen* auf den Flugplätzen, Ausgabe von *Vorhersagen* für Flugplatz, Flugstrecken und Fluggebiet, von *Warnungen* vor Unwettern und fluggefährdenden Wettererscheinungen (CAT, Vereisung, Nebel); 2) die Verbreitung und der Austausch der durch die genannten Wetterbeobachtungen erhaltenen Ergebnisse in einem speziellen *Flugwetternachrichtennetz;* 3) die *Flugwetterberatung* für die Flugzeugbesatzungen mittels großräumiger Karten für besondere Wettererscheinungen, für die Höhenwind-, Temperatur- und Strahlstromverhältnisse in einzelnen Schichten (Topographien) und durch Tabellen für die Darstellung der Höhenwinde und Temperaturen in verschiedenen Höhen über bestimmten Orten sowie für die Vorhersagen des Wetters auf den Flugplätzen in dem zu überfliegenden Streckenbereich.

Flugzeitmethode, ein häufig angewendetes Verfahren zur Geschwindigkeits- (und damit Energie-) Messung von Neutronen. Die F. beruht auf der Bestimmung der Zeit, die das Neutron für das Durchfliegen einer bekannten Strecke benötigt. Bis zu Neutronenenergien von 10^4 eV (Elektronenvolt) können → Chopper benutzt werden. Die F. kann im Prinzip auch bei Experimenten mit anderen Teilchen eingesetzt werden und gewährleistet im allgemeinen gute Unterscheidbarkeit energiegleicher Partikeln mit verschiedenen Ruhmassen.

Flugzeug (Tafeln 10 und 11), ein Luftfahrzeug, das schwerer als die von ihm verdrängte Luftmenge und flächengetragen ist, d. h. einen oder mehrere Tragflügel (Tragflächen) besitzt mit einem so gestalteten Profil, daß bei der Umströmung durch die Luft ein dynamischer Auftrieb (→ Flugmechanik) entsteht. Die notwendige Umströmung wird beim **Starrflügelflugzeug** (Tragflügel sind unbeweglich mit dem Rumpf verbunden) durch Bewegen des F.s in Richtung seiner Längsachse hervorgerufen. Starrflügelflugzeuge werden eingeteilt in die üblichen Geradflügler und in → Ringflügelflugzeuge (Coleopter). Bei den → **Rotorflugzeugen** (Drehflügler) wird der Auftrieb durch Rotoren (Drehflügel) erzeugt. Beim **Schwingenflügler** (bisher nur als Modell und zu Versuchen vorhanden) werden die Tragflügel wie beim Vogelflug auf- und abbewegt, wodurch der nötige Auf- und Vortrieb entsteht.

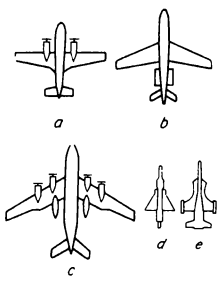
Über **Kurzstartflugzeuge** bzw. **STOL-Flugzeuge** → Kurzstart, über **Senkrechtstarter** bzw. **VTOL-Flugzeuge** → Senkrechtstart.

Einteilung: Nach der Energiequelle für die zur Erzeugung des Auftriebes notwendige Bewegung unterscheidet man 1) F.e mit Antrieb, bei denen ein → Flugtriebwerk die Kraftquelle ist; sie werden eingeteilt in **Motorflugzeuge** mit Antrieb durch Kolbentriebwerke (Propellerflugzeuge) oder Propellerturbinen (Turbopropflugzeuge), **Strahlflugzeuge** oder **Düsenflugzeuge** (Antrieb durch Luftstrahltriebwerke) und **Raketenflugzeuge** (Antrieb durch Raketentriebwerke); über Möglichkeiten der Verwendung von Kernenergie zum Antrieb von F.en → Luftfahrzeuge.

Kenndaten von Verkehrsflugzeugen (Auswahl)

Baumuster	Herstellerland	Höchstgeschwindigkeit (km/h)	Reisegeschwindigkeit (km/h)	Reiseflughöhe (m)	maximale Fluggastzahl	maximale Reichweite (km)	Art der Triebwerke	Anzahl und Leistung bzw. Schub der Triebwerke
IL-14 P	UdSSR	410	320	2000···2500	26	1500	Kolbenmotoren	2 · 1900 PS
IL-18 „Moskwa"	UdSSR	692	650	6000···8000	75···100	6000	Propellerturbinen	4 · 4000 PS
IL-62	UdSSR	900	850	10000	85···186	9200	Strahlturbinen	4 · 10500 kp
AN-10 „Ukraina"	UdSSR	750	650	8000	84···126	3500	Propellerturbinen	4 · 4000 PS
AN-22	UdSSR	740	680	8000···10000	720	11000	Propellerturbinen	4 · 15000 PS
AN-24 B	UdSSR	510	450	5000··· 7000	36··· 44	2100	Propellerturbinen	2 · 2500 PS
TU-104 A	UdSSR	1000	820	10000	70	4000	Strahlturbinen	2 · 8600 kp
TU-114	UdSSR	900	800	10000	120···220	10000	Propellerturbinen	4 · 12000 PS
TU-134	UdSSR	960	850	10000	64··· 72	3760	Strahlturbinen	2 · 6800 kp
TU 144*)	UdSSR	2800 (= 2,35 M**)	2600 (= 2,2 M)	18000	108···130	6500	Strahlturbinen	4 · 13600 kp
TU 154	UdSSR	1000	900	11000···12000	128···164	7000	Strahlturbinen	3 · 9500 kp
Lockheed 1049 G „Super Constellation"	USA	610	540	6900	63··· 94	9000	Kolbenmotoren	4 · 3300 PS
Lockheed C-5 A	USA	910	800	10000	700	5000	Strahlturbinen	4 · 18000 kp
Boeing-707/120	USA	1000	940	13000	121···177	7000	Strahlturbinen	4 · 5900 kp
Boeing-727-200	USA	1017	917	11000	94···131	5000	Strahlturbinen	3 · 6350 kp
Douglas DC-8	USA	1000	900	11000	116···176	7000	Strahlturbinen	4 · 5900 kp
Douglas DC-8 Super 61	USA	1000	933	9100	251	11800	Strahlturbinen	4 · 8165 kp
Bristol „Britannia"	Großbritannien	620	570	9000	99···133	6500	Propellerturbinen	4 · 4120 PS
Comet 4	Großbritannien		800	11000	74··· 90	4400	Strahlturbinen	4 · 4800 kp
S. E.-210 „Caravelle VI R"	Frankreich	850	790	11000	64··· 94	2335***)	Strahlturbinen	2 · 5715 kp
Concorde*)	Großbritannien/ Frankreich	2640 (= 2,2 M)	2640 (= 2,2 M)	15000···19000	118···140	6570	Strahlturbinen	4 · 15880 kp

*) 1968 noch im Bau bzw. in der Erprobung. **) M = Zeichen für Machzahl. M 1 = 340 m s^{-1} = 12000 km h^{-1}. ***) Mit voller Nutzlast



Tragflügelformen: *a* trapezförmig, *b* leicht gepfeilt (Triebwerke am Rumpfende), *c* stark gepfeilt, *d* deltaförmig, *e* trapezförmige Tragflügelstummel

2) F.e ohne Antrieb, die → Segelflugzeuge, die die Fallenergie als Kraftquelle ausnutzen. — Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man **Verkehrsflugzeuge** (Passagier-, Fracht-, Postflugzeuge), **Reise-** und **Geschäftsflugzeuge** (Lufttaxis), **Schulflugzeuge** (zur Schulung von Flugzeugbesatzungen), **Sportflugzeuge** einschließlich spezieller Kunstflug-Flugzeuge, **Arbeitsflugzeuge** (zur Schädlingsbekämpfung und zum Düngerstreuen, zum Transportieren und Absetzen von Lasten im Bauwesen, zum Transport von Sanitäts- und Wachpersonal bzw. Kranken in entlegenen Gebieten, zur Bekämpfung von Waldbränden, zur Rettung aus See- und Bergnot u. a., zur Luftbildvermessung u. dgl.; → Wirtschaftsflug), ferner → **Militärflugzeuge**. Nach dem Flugbereich (Reichweite) kann man einteilen in **Kurzstreckenflugzeuge** (bis 1000 km), **Mittelstreckenflugzeuge** (1000 bis 3000 km) und **Langstreckenflugzeuge** (über 3000 km).

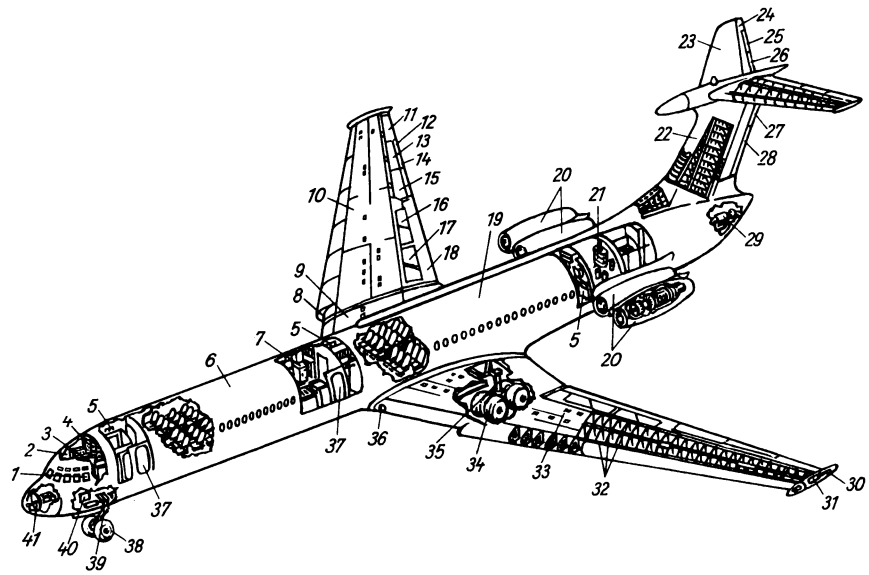
Nach der Art der Start- und Landeeinrichtung unterscheidet man Land-, Wasser- und Amphibienflugzeuge. **Landflugzeuge** sind mit einem Fahrwerk (s. u.) ausgerüstet. **Wasserflugzeuge** sind meist Flugboote, d. h. F.e, bei denen der Rumpf schwimmfähig ausgebildet ist; sie haben außerdem mitunter Stützschwimmer an den Tragflügelenden. Daneben gibt es auch noch Wasserflugzeuge mit einem Schwimmwerk aus zwei Schwimmern in Form von langen, mit dem Rumpf durch Verstrebungen verbundenen Hohlkörpern aus Holz, Metall oder Plastwerkstoff. **Amphibienflugzeuge** haben sowohl ein Fahrwerk als auch ein Schwimmwerk oder einen Bootsrumpf, so daß sie auf dem Land und auf dem Wasser starten und landen können.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf Starrflügelflugzeuge (Geradflügler).

Aufbau. Jedes F. setzt sich aus drei Hauptbaugruppen zusammen, dem Flugwerk, dem Triebwerk und der Ausrüstung. Nach der Lage von Tragflügel (Tragfläche) und Höhenleitwerk zueinander unterscheidet man F.e in *Normalbauart*, bei denen das Höhenleitwerk in Flugrichtung gesehen hinter der Tragfläche liegt; F.e in *Entenbauart*, bei denen das Höhenleitwerk als Kopfflügel vor dem Tragflügel angebracht ist; *Nurflügel-* oder *Deltaflugzeuge*, die kein vom Tragflügel getrenntes Höhenleitwerk aufweisen.

1) Unter dem Begriff **Flugwerk** oder **Zelle** faßt man die Baugruppen Rumpf, Tragwerk, Leitwerk, Steuerwerk und Fahrwerk (bei Landflugzeugen) bzw. Schwimmwerk (bei Wasserflugzeugen) zusammen. Über die Bauweisen von Rumpf, Trag- und Leitwerk → Flugzeugbau.

a) Der **Rumpf** verbindet im allgemeinen alle Teile des Flugwerks und nimmt die Ausrüstung, die Besatzung, die Nutzlast (Fluggäste, Gepäck, Ladung, mitunter Treibstoff) und bei F.en mit einem Triebwerk das Triebwerk auf. Gebräuchliche Rumpfformen sind die Spindelform, die z. B. viele Verkehrsflugzeuge haben, die Torpedoform (manche Kriegsflugzeuge) und die Zigarrenform (langsame Jagdflugzeuge). Bei Überschallflugzeugen läuft der Rumpf vorn in einer scharfen Spitze aus. Manche F.e haben nur eine Rumpfgondel; der Tragflügel ist dann mit dem Leitwerk durch zwei Leitwerkträger verbunden. Anordnung, Größe und Ausstattung der Räume im Rumpf werden durch den Verwendungszweck des F.s bestimmt. Im Führerraum bzw. -sitz befinden sich die Steuervorrichtungen (bei größeren F.en doppelt für 1. und 2. Flugzeugführer) und alle für die Flugzeugführung notwendigen Geräte. Große Verkehrsflugzeuge weisen mehrere hintereinanderliegende Fluggasträume mit Sesseln (manchmal auch Liegesesseln oder Betten), Gepäckraum, Waschraum, Toilette, Küche u. a. auf. Bei manchen von ihnen sind diese Räume auf zwei Decks verteilt. Für Höhenflüge (Flüge



Sowjetisches Langstreckenflugzeug Il-62. *1* Sitz des Kommandanten, *2* Sitz des 2. Flugzeugführers, *3* Sitz des Bordfunkers, *4* Funkgeräte, *5* Toilette, *6* Fluggastraum für 45 bis 72 Fluggäste, *7* Bordküche, *8* Sägezahnflügel, *9* Tragflügelmittelstück, *10* rechter Außentragflügel, *11* äußeres Querruder, *12* Trimmruder der Quersteuerung, *13* mittleres Querruder, *14* Hilfsruder der Quersteuerung, *15* inneres Querruder, *16* äußere Bremsklappe, *17* innere Bremsklappe, *18* Landeklappe, *19* Fluggastraum für 40 bis 114 Fluggäste, *20* Turbinenhilfsstrahltriebwerke (Zweikreisbauart), *21* Hydraulikhauptbehälter, *22* Seitenflosse, *23* Höhenflosse, *24* Höhenruder, *25* Hilfsruder der Höhensteuerung, *26* Trimmruder der Höhensteuerung, *27* Trimmruder der Seitensteuerung, *28* Hilfsruder der Seitensteuerung, *29* Turbobordaggregat zum Anlassen der Triebwerke, *30* Treibstoff-Schnellablaß, *31* Abflußbehälter, *32* Flügelholme, *33* linker Außentragflügel, *34* Räder des Hauptfahrwerkes (bremsbar), *35* Federbein des Hauptfahrwerkes, *36* Lufteingang für Klimaanlage, *37* Fluggasteinstieg, *38* Räder des Bugfahrwerkes (nicht bremsbar), *39* Federbein des Bugfahrwerkes, *40* Sitz des Navigators, *41* Radargerät

über 4000 m über NN) sind Führer- und Fluggasträume als thermisch isolierte → Druckkabinen ausgebildet, bei Höhen über 20000 m über NN als → hermetische Kabinen. Der Zugang zum Rumpf erfolgt durch Türen und Luken, die meist seitlich, mitunter im Boden und bei Spezialtransportern auch im Bug oder Heck angebracht sind.

b) Das **Tragwerk** besteht beim Starrflügelflugzeug aus dem Tragflügel. Nach der Anzahl der Tragflügel unterscheidet man heute Ein-, Anderthalb- und Doppeldecker (Zweidecker), in früheren Zeiten gab es Drei-, Vier- und Mehrdecker. Moderne F.e sind stets Eindecker. Vorteilhaft beim Doppeldecker ist, daß der Festigkeitsverband des Tragflügels durch die gegenseitige Verstrebung der beiden Teilflügel günstig gestaltet werden kann und somit leichter wird als beim vergleichbaren Eindecker. Verstrebungen sind aber nur bei kleinen Geschwindigkeiten zulässig. Je nachdem, ob bei Eindeckern der Tragflügel unter dem Rumpf, in der Mitte seines Querschnittes, am Oberteil oder über ihm angebracht ist, spricht man von Tiefdecker (viele Verkehrsflugzeuge), Mitteldecker (selten), Schulterdecker (manche Transport- und Verkehrsflugzeuge) oder Hochdecker (langsame, besonders Schul- und Spezialflugzeuge). In Flugzeuglängsachse gesehen — also von vorn oder hinten — kann der Tragflügel eben, nach oben oder unten V-förmig abgewinkelt oder auch teilweise geknickt sein. Umriß (Draufsicht) und Profil (Querschnitt) des Tragflügels hängen von den an das F. gestellten Forderungen und von seiner Verwendung ab. Für den Umriß des Tragflügels wählt man meist Formen, die Abwandlungen vom Rechteck und vor allem Trapeze sind. Als aerodynamisch günstigste Form gilt die elliptische. Da sie jedoch baulich Schwierigkeiten bereitet und ein verwundener Trapezflügel annähernd dasselbe günstige aerodynamische Verhalten hat, wird sie kaum angewendet. Bei schnellen F.en ist der Tragflügel oft pfeil- oder keilförmig gestaltet. Der Tragflügel von Überschallflugzeugen weist vielfach Dreieck- oder Deltaformen auf, wobei das Höhenleitwerk mitunter entfällt. Eine Sonderform ist der Ringflügel (→ Ringflügelflugzeug). Das Profil des Tragflügels ist stromlinienförmig. Seine Dicke und seine Wölbung hängen vom Verwendungszweck des F.es ab. Bei Überschreitung von etwa 600 km/h Geschwindigkeit verlieren die hydrodynamischen Gesetzmäßigkeiten stark an Gültigkeit und werden in gleichem Maße durch die der Gasdynamik ersetzt. Beim Profil führt die Veränderung des Strömungsverhaltens zu der Notwendigkeit, dünne und flache Profile mit spitzer Nase zu verwenden. Bei Überschall-F.en nähert sich das Profil der Geschoßform. Zur Verbesserung der für Start und Landung wichtigen Langsamflugeigenschaften ist der Tragflügel schneller F.e oft mit Vorflügeln und ausfahrbaren oder ausschwenkbaren Klappen versehen (→ Starthilfe, → Landehilfe). An den Tragflügelenden bringt man verschiedentlich Wirbelkeulen an, d. s. tropfenförmige Ansätze, die den induzierten Widerstand verringern. Diese Wirbelkeulen dienen oft als Treibstoffzusatzbehälter oder zur Aufnahme einfahrbarer Stützräder. Für den Senkrechtstart wurden → Konvertiplane mit Schwenkflügeln, schwenkbaren Triebwerken o. dgl. konstruiert.

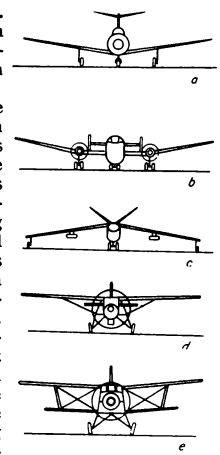
c) Das **Leitwerk** umfaßt das Seiten- und das Höhenleitwerk sowie Querruder. Seiten- und Höhenleitwerk sind bei Starrflügelflugzeugen im allgemeinen am Rumpfende angebracht; ihr Umriß entspricht demjenigen des Tragflügels. Der Querschnitt (das Profil) besitzt fast ausnahmslos keine Wölbung (symmetrisches Profil). Eine Vereinigung von Höhen- und Seitenleitwerk bildet das V-Leitwerk. Ferner sind an vom „Normal-Leitwerk" abweichenden Formen noch das T-Leitwerk sowie das Doppel- und Dreifachseitenleitwerk gebräuchlich. Höhen- und Seitenleitwerk bestehen im allgemeinen aus einer festen Flosse und einem beweglichen Ruder. Davon dienen die Flossen zur Dämpfung und Stabilisierung; die Ruder ermöglichen wie die außen im Hinterkantenbereich jeder Tragflügelhälfte angebrachten Querruder das Steuern des F.es. In einem Stück ausgeführte — also nicht in Flosse und Ruder unterteilte — Leitwerksflächen sind ebenfalls gebräuchlich und werden als Pendelleitwerke bezeichnet.

d) Die Bewegung der Ruder geschieht mit Hilfe des **Steuerwerks**. Bei kleinen F.en werden durch Vor- und Zurückbewegen eines Steuerknüppels das Höhenruder, durch Seitwärtsbewegen die Querruder bewegt. Große F.e haben statt eines Steuerknüppels eine Steuersäule für das Höhenruder; an ihr ist ein Steuerrad für die Betätigung der Querruder angebracht. Das Seitenruder wird mit Hilfe der Füße über einen Scheit oder mittels Pedale bedient. Die Bedienteile sind mit den Rudern über Hebel und rollengeführte Drahtseile oder über Hebel und Gestänge verbunden. Da bei großen F.en die notwendigen Steuerkräfte oft so groß sind, daß sie durch Muskelkraft nicht aufgebracht werden können, schaltet man Rudermaschinen ein, welche die Muskelkräfte elektrisch oder hydraulisch verstärken. Eine besondere Form der Steuerkraftverminderung oder auch der Ruderbetätigung stellt das Flettnerruder (Hinterkantenklappe) dar. Es besteht aus einem schmalen, beweglichen Flächenstück entlang der Ruderhinterkante, das dem Ruderausschlag entgegen ausschlägt und damit die Ruderbewegung unterstützt. Sein Ausschlag erfolgt im Falle der Ruderkraftverminderung mittelbar, d. h. durch Kopplung an das betätigte Ruder, und im Falle der Ruderbetätigung unmittelbar, d. h. durch direkte Betätigung des Hilfsruders. Für den militärischen Einsatz und zur Flugerprobung rüstet man manche F.e mit Fernlenkung aus (unbemannte F.e). Für längere Strecken- oder für Dauerflüge ist die Verwendung → automatischer Piloten (Steueranlagen) üblich, die während des Fluges jederzeit vom Flugzeugführer zu seiner Entlastung eingeschaltet und beliebig ausgeschaltet werden können.

e) Das **Fahrwerk** wird für die Bewegung am Boden, vor allem für Start und Landung, benötigt. Es besteht aus Rädern oder auch Gleitkufen (Segelflugzeuge und F.e für Schneelandungen). Beim Heckradfahrwerk liegt der Schwerpunkt des F.es hinter den Hauptlaufrädern, beim Bugradfahrwerk davor. Letzteres wird heute bevorzugt, weil sich das F. besser bremsen sowie am Boden besser manövrieren läßt und seine waagerechte Lage dem Flugzeugführer eine bessere Sicht ermöglicht. Beim Tandemfahrwerk sind die Haupträder nahe der Symmetrieachse des F.es angeordnet, und Stützräder unter dem Tragflügel sichern die Querlage. Bei schnelleren F.en sind die Räder in den Tragflügel, den Rumpf oder die Triebwerksgondeln einziehbar. Die Räder haben eine besonders widerstandsfähige Luftbereifung, sind stark abgefedert, gedämpft und einzeln bremsbar. Das Aus- und Einfahren geschieht in Abhängigkeit von der Größe des F.s hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch.

2) Das → **Flugtriebwerk** dient dem Vortrieb des F.es. Es umfaßt die eigentliche Antriebsmaschine, die gegebenenfalls mit einem → Propeller (Luftschraube) oder einer Hubschraube gekoppelt ist und/oder eine Strahldüse besitzt, sowie das dazugehörige Treibstoff-, Schmierstoff-, Kühl-, Verdichter- und Steuersystem.

Bei F.en mit einem Triebwerk ist dieses im allgemeinen im Rumpf eingebaut; ein Strahltriebwerk kann sich dabei durch den gesamten Rumpf erstrecken. Größere F.e haben meist



Tragflügel-, Leitwerk- und Flugtriebwerkanordnung: *a* einmotoriger Tiefdecker mit V-förmig nach oben abgewinkelten Tragflügeln und hochgesetztem Höhenleitwerk (T-Leitwerk); *b* Mitteldecker mit geknickten Tragflügeln, in denen zwei Propellerturbinen eingebaut sind, und doppeltem Seitenleitwerk; *c* Schulterdecker mit pfeilförmig nach hinten und V-förmig nach unten (negative V-Form) abgewinkelten Tragflügeln, unter denen an Stielen zwei Strahlturbinenpaare hängen, und einem V-Leitwerk (positive V-Form); *d* einmotoriger Hochdecker mit nach oben abgewinkelten Tragflügeln; *e* einmotoriger Anderthalbdecker

2 oder 4 Triebwerke, die entweder in die Tragflügel eingebaut, auf sie aufgesetzt oder unter sie gehängt sind. Bei einigen Flugzeugtypen sind die Triebwerke am Vorder- oder Hinterteil des Rumpfes angebracht, bei manchen auch an Stielen unter die Flügel gehängt. Einzelne Typen haben auch 6, 8 und mehr Triebwerke.

Flugmotoren sind fast immer Viertakt-Otto- oder Dieselmotoren, und zwar Reihenmotoren mit 4, 6 oder 12 Zylindern (auch V-, W- und H-Anordnung) oder Sternmotoren mit 3 bis 9 Zylindern je Stern. Es gibt auch Motoren mit zwei oder mehr hintereinanderliegenden Sternen. Kolbentriebwerke werden heute nur noch für F.e mit Geschwindigkeiten bis zu 400 km/h gewählt; schnellere F.e rüstet man mit Luftstrahltriebwerken oder Propellerturbinen aus. In Motor-F.en, die in großen Höhen fliegen, muß dem Kolbentriebwerk ein Lader (→ Aufladung) beigeordnet werden, der die angesaugte dünne Außenluft vorverdichtet. Raketentriebwerke (→ Rakete) werden wegen des hohen Brennstoffverbrauchs nur in Sonderfällen verwendet, z. B. für Abfangjäger, ferner als Hilfstriebwerk, z. B. als → Starthilfe, zur Erzielung großer Steiggeschwindigkeiten und Steighöhen sowie zur kurzzeitigen Beschleunigung auf Geschwindigkeiten bis 2000 km/h und mehr.

3) Bei der **Ausrüstung** unterscheidet man zwischen ständiger und nichtständiger oder auch zwischen Grund- und Spezial- (Sonder-)Ausrüstung. Sie umfaßt alle technischen Einrichtungen und Geräte des F.s zur Überwachung, Regelung und Sicherung des Fluges und zur Überwachung von Trieb- und Flugwerk (→ Luftfahrzeugführungsgeräte), für Energieversorgung, -verteilung und -verbrauch (z. B. Heizung, Beleuchtung, Feuer- und Vereisungswarnung, Enteisungsanlagen u. a.), ferner auch → Sicherheits- und Rettungsausrüstung sowie die Ausstattung, den Zubehör, Spezialeinrichtungen wie Luftbildkameras, Abwurf-, Sprüh-, Fang-, Tankeinrichtungen. Die Funkausrüstung besteht bei mittelgroßen und großen F.en meist aus je zwei KW- und UKW-Stationen für den Boden-Bord- und Bord-Bord-Verkehr, der Eigenverständigungsanlage für die Besatzung, den Geräten für die → Funkortung und → Funknavigation sowie den dazugehörigen festen und Flächenantennen.

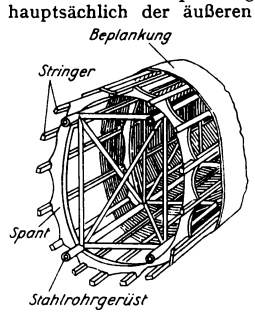
Flugtechnik. Der Start erfolgt normalerweise, indem das F. mit höchster Triebwerksleistung so lange am Boden rollt, bis die erforderliche Mindestgeschwindigkeit für das Abheben erreicht ist; dabei wendet man oft Starthilfen an. Sonderformen sind der → Kurzstart und der → Senkrechtstart. Die Einnahme aller von der Normalfluglage abweichenden Fluglagen, z. B. Steig-, Sturz- und Kurvenflug, und die Rückführung in die Normalfluglage geschehen durch Betätigung der Ruder; Drehungen um die Hochachse bewirkt das Seitenruder, um die Längsachse die Querruder, um die Querachse das Höhenruder. Bewegungen parallel zur Querachse (Schieben) sind im allgemeinen unerwünscht und werden durch zweckmäßige Bau- und Flugweise vermieden. Ebenso unerwünscht ist das Trudeln. Die meisten F.e vermögen ohne Antrieb zu gleiten (→ Segelflug). Reiseflug wird mit gedrosseltem Triebwerk durchgeführt, häufig als Höhenflug in einer Zone geringer Wetterstörungen und geringeren Luftwiderstandes infolge der verringerten Dichte der Luft. Spezialflugzeuge fliegen oft im Langsamflug, d. h. mit Geschwindigkeiten bis zu 180 km/h. Zur Landung werden bei schnellen Flugzeugen in der Luft und nach dem Aufsetzen verschiedene → Landehilfen benutzt sowie vielfach Funkhilfen in Anspruch genommen (→ Funkortung); letzteres gilt besonders bei → Schlechtwetterlandungen. Beim Ausrollen wird das F. außer durch Radbremsung mitunter auch durch Propeller- oder Turbinenstrahlumlenkung gebremst. Bei Wasserflugzeugen verlaufen Start, Flug und Landung (Wasserung) ganz entsprechend. Da in großen Höhen alle Luftkräfte infolge der geringen Luftdichte abnehmen, kann ein F. nur eine von seiner Bauart abhängige Gipfelhöhe erreichen. Bei Verkehrsflugzeugen mit Propellertriebwerken beträgt sie gewöhnlich 5000 bis 10000 m, bei Flugzeugen mit Luftstrahltriebwerken 10000 m und mehr.

Lit. Picht: Straßen der Zukunft (Berlin 1957), Moderne Flugzeugtechnik (Berlin 1959); Schmidt: Flieger-Jahrbuch (Berlin, seit 1958); Technisch-ökonomische Informationen der zivilen Luftfahrt (Berlin, seit 1965); Eyermann: Lufttransport — Spiegelbild der Luftmacht (Berlin 1967).

Flugzeugbau, im weiteren Sinne die Herstellung der Zelle, des Triebwerkes und der Ausrüstung eines → Flugzeuges und deren Zusammenbau, im engeren Sinne nur die Herstellung der Zelle. Die *Zelle* (*Flugwerk*) umfaßt Rumpf, Tragwerk, Leitwerk, Steuerwerk und Fahrwerk, sie wird grundsätzlich in Leichtbauweise hergestellt.

Werkstoffe. Holz wird im wesentlichen nur noch zum Bau von Segelflugzeugen verwendet. Die *Gemischtbauweise*, bei der die Haupttragelemente (Fachwerk oder Flechtwerke) aus Metall, die formgebenden Teile aus Holz oder imprägniertem Stoff bestehen, wendet man bei Segelflugzeugen, hauptsächlich aber bei Leicht-Flugzeugen (Sport-, Schul-, Arbeits-, Touristikflugzeuge) an. Im übrigen werden größere Motor- und Strahlflugzeuge ausschließlich in *Ganzmetallbauweise* hergestellt. Für die Zelle verwendet man Legierungen der Leichtmetalle Aluminium und (teilweise) Magnesium, für einige hochbeanspruchte Teile, z. B. Fahrwerksbeine und Anschlußbeschläge, auch legierten Stahl. Bei Hochgeschwindigkeitsflugzeugen setzt man wegen der hohen Temperaturen auch hochwarmfeste Werkstoffe (vor allem Titanlegierungen und legierten Stahl) ein. Einzelne Teile der Zelle, z. B. Rumpfnasen, Antennenverkleidungen, Teile des Tragwerks (z. B. Flächennasen und -hinterkanten, Rumpfübergangsstücke) sowie ganze Flächen, ferner Triebwerkshutzen (Öffnungen zum Durchströmen von Kühlluft), Trimmklappen, Luken, Fenstereinfassungen, durchsichtige Führersitzhauben und Windschutzscheiben, stellt man auch aus Plasten her, die außerdem bei der Inneneinrichtung in großem Ausmaß verwendet werden.

Konstruktionsformen. Bei der *Fachwerk-* oder *Skelettbauweise* besteht z. B. der Rumpf aus einem Stabwerk von meist rechteckigem Querschnitt. Um dem Rumpf eine bestimmte äußere Form zu geben, werden auf das Stabwerk (Stahlrohrgerüst) durch Stringer verbundene Spanten aufgesetzt. Das so entstandene Formgerüst wird mit Gewebe bespannt oder mit Sperrholz oder Kunststoff beplankt. Alle auftretenden Kräfte werden von dem Fachwerk aufgenommen, während die Bespannung oder Beplankung hauptsächlich der äußeren Formgebung dient.

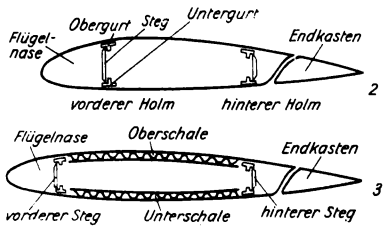


1 Rumpf in Fachwerkbauweise

Bei Segelflugzeugen bestehen Tragflügelskelette oft aus Holzstäben, die Rumpffachwerke jedoch wie bei den leichten Motorflugzeugen aus verschweißten Stahl- oder Leichtmetallrohren. Die Tragflügel in Skelettbauweise sind aus ein, zwei oder mehr Holmen als Biegeträger und aus den die Profilform gebenden Rippen aufgebaut. Dieses Gerüst ist genau so verkleidet wie der Rumpf. Das Leitwerk ist im allgemeinen genau so aufgebaut wie der Tragflügel. Von Nachteil bei der Fachwerkbauweise ist, daß das Fachwerkgerüst im Rumpf und Tragflügel den Nutzraum einschränkt und keine aerodynamisch günstige Form bei kleinster Masse zuläßt.

Strömungstechnisch hochwertige Luftfahrzeuge (vom Segelflugzeug bis zum großen Verkehrsflugzeug) werden meist in *Schalenbauweise* hergestellt, die die erforderliche Festigkeit bei geringster Masse gewährleistet. Beim Rumpf bildet die durch Spanten und Stringer (Gurte) versteifte Außenhaut den Festigkeitsverband. Der Rumpf stellt eine Art Röhre mit ovalem oder kreisförmigem Querschnitt dar und bietet daher viel Raum. Man setzt ihn aus mehreren Schalenstreifen (z. B. eine Oberschale, eine Unterschale und zwei Seitenschalen) zusammen und baut ihn häufig in Sektionen. Die Tragflügel setzen sich aus Ober- und Unterschale sowie ein oder mehr Stegen und einem Nasenkasten und einem Endkasten zusammen. Beplankungsbleche werden durch aufgenietete oder aufgeklebte Profile versteift. Zur Gewährleistung des Flügelschnitts (Profil) kommen oft rippenartige Querverbände zur Anwendung. Die Leitwerkflossen und -ruder sind meist holmlos aus formgebenden Rippen und versteifter Beplankung aufgebaut.

Die *Integralbauweise* ist eine meist technologisch schwierigere Schalenbauweise, bei der die versteifenden Profil- und Stegelemente aus entsprechend dicken Beplankungsblechen mechanisch oder chemisch herausgefräst und somit in die Schale einbezogen werden. Die Zahl der Einzelteile wird dadurch stark vermindert, und durch Fortfall vieler Verbindungselemente wird die Masse geringer. Außerdem ist die Dichtigkeit von Druckkabinen bei den wenigen verbleibenden Dichtnietungen besser gewährleistet, und die Oberfläche der Außenhaut ist glatter als bei anderen Bauweisen. In Tragflügel aus Integralschalen kann Kraftstoff unmittelbar, d. h. ohne Behälter, eingefüllt werden, was besonders für Hochgeschwindigkeitsflugzeuge mit flachen Profilen von Bedeutung ist.

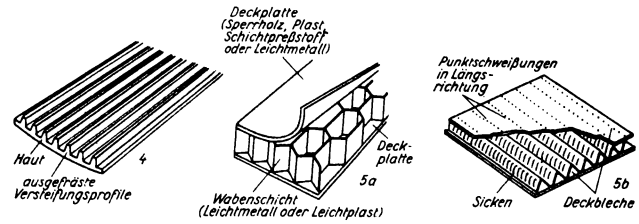


2 Längsschnitt durch einen Tragflügel in Holmbauweise (Trägerbauweise). *3* Längsschnitt durch einen Tragflügel in Schalenbauweise

Die → *Sandwichbauweise* (Verbundplattenbauweise) ergibt feste, steife und zugleich relativ sehr leichte Schalenteile. Von Vorteil ist, daß die gegebene Form auch bei starker Belastung erhalten bleibt. Man fertigt daher sowohl Teile von Hochgeschwindigkeitsflugzeugen als auch stark beanspruchte Teile guter Formhaltigkeit bei allen anderen Flugzeugen in zunehmendem Maße nach der Sandwichbauweise.

Verbindungsverfahren. Das im Metallflugzeugbau verbreitetste Verfahren ist das Nieten. Mittelgroße Verkehrsflugzeuge weisen mehr als 500000 Niete auf. Die Nietköpfe müssen dabei zur Vermeidung eines zusätzlichen Widerstandes möglichst genau mit der Beplankungsoberfläche abschneiden. Für Druckkabinen wird die Dichtnietung angewandt. Im Holzflugzeugbau werden nahezu ausschließlich Klebverbindungen angewendet; im Metallflugzeugbau gewinnt das Metallkleben immer mehr an Bedeutung. Seine Vorteile sind flächenförmige Kraftübertragung an den Verbindungsstellen bei vermindertem Fertigungsaufwand. Weite Rohrleitungen und Behälter werden geschweißt, für Anschlußbeschläge und an den Trennstellen werden Schrauben und Bolzen verwendet.

Lit. → Flugzeug.



4 Tragflügelschale in Integralbauweise. *5* Tragflügelschale in Verbundplattenbauweise (Sandwichbauweise): *a* mit eingeklebtem wabenartigem Kern, *b* mit Kern aus längsgesicktem quergewelltem Stahlblech

Flugzeugbordgeräte, → Luftfahrzeugführungsgeräte.

Flugzeugschleuder, svw. → Katapult.

Flugzeugträger, ein Kriegsschiff, dessen Oberdeck zum Starten und Landen von Flugzeugen (Trägerflugzeugen) und Hubschraubern eingerichtet ist. Um eine genügend lange Start- und Landebahn zu haben, sind F. sehr groß (oft über 300 m lang). Das Deplacement beträgt bis 80000 ts (tons). Der Antrieb erfolgt überwiegend durch *Dampfturbinen*, es gibt auch F. mit Kernenergieantrieb. F. können bis zu 100 Flugzeuge (Jagd-, Bomben- oder Torpedoflugzeuge) bzw. Hubschrauber mitführen. Zum Start der Flugzeuge werden Katapultanlagen verwendet, zum Landen dienen Lande- und Bremshilfen (z. B. Bremsschirme, Netze u. a.). Automatische Anlagen befördern die Flugzeuge mit angeklappten Tragflächen unter Deck. Die Entwicklung von Kern- und Raketenwaffen zur Bekämpfung von Seezielen hat den Kampfwert von F.n wesentlich verringert. Sie werden in sozialistischen Seestreitkräften nicht mehr eingesetzt.

Fluid-Coking-Verfahren, → Kracken.

Fluidoplaste, makromolekulare Stoffe, die bei Zimmertemperatur noch flüssig sind, z. B. Silikonöle (→ Silikone).

Flume-Tank, → Schlingern.

Fluor, Symbol **F,** chemisches Element aus der VII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Halogene, Reinelement; Ordnungszahl 9, Atomgewicht 18,9984 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, D. 1,108 g cm^{-3}, F. −223 °C, Kp. −187,9 °C; 1886 erstmalig von H. Moissan gewonnen. F. ist ein schwach grünlich gefärbtes, giftiges Gas, das stark hautätzend wirkt. Es ist das reaktionsfähigste aller Elemente, außer mit Sauerstoff und Stickstoff reagiert es mit allen Elementen leicht, auch mit Edelgasen. Freies F. findet sich nur in sehr geringen Mengen, in gebundener Form ist F. weit verbreitet. Die wichtigsten Fluorminerale sind Fluorit CaF_2 und Kryolith Na_3AlF_6. Wichtig ist der Fluorgehalt in den Knochen und Zähnen (→ Fluoridierung). Zur Gewinnung von F. elektrolysiert man eine Schmelze aus Kaliumfluorid und Flußsäure.

Elementares F. kann zusammen mit Hydrazin als Flüssigkeitsraketentreibstoff eingesetzt werden. Von besonderer Bedeutung sind fluorhaltige Plaste.

Fluorverbindungen. Fluorwasserstoff, HF, farbloses, ätzendes Gas, hergestellt aus Fluorit und konzentrierter Schwefelsäure, verwendet als Katalysator bei Alkylierungen, Kondensationen, Polymerisationen u. a. und zum Fluorieren; **Flußsäure (Fluorwasserstoffsäure),** die wäßrige Lösung von Fluorwasserstoff, verwendet zur Herstellung ihrer Salze, der **Fluoride,** und organischer Fluorverbindungen sowie zum Glasätzen. Gemischt fluorierte und chlorierte Kohlenwasserstoffe, in der DDR z. B. Fri-dohna, werden als → Kältemittel verwendet.

Fluoreszein, ein Xanthenfarbstoff. F. bildet dunkelgelbe Kristalle, die sich in alkalischer Lösung orange mit starker grüner Fluoreszenz lösen. Diese Fluoreszenz ist so intensiv, daß noch sehr kleine Farbstoffmengen zu erkennen sind. Deshalb dient F. z. B. zum Anfärben des Wassers durch Schiffbrüchige, zur Auffindung unterirdischer Verbindungen zwischen verschiedenen Wasserwegen sowie zur Verfolgung des Transports von Stoffen durch den menschlichen, tierischen und pflanzlichen Körper. — Ein bekanntes Derivat des F.s ist Eosin.

Fluoreszenz, → Lumineszenz.

Fluoreszenzmikroskopie, Lumineszenzmikroskopie, ein Verfahren zum Sichtbarmachen mikroskopischer Objekte. Die F. beruht darauf, daß die mikroskopischen Objekte sich bei Beleuchtung mit normalem Licht von ihrer Umgebung nicht abheben, aber durch Bestrahlung mit kurzwelligem Licht von etwa 435 bis 365 μm Wellenlänge zur Fluoreszenz angeregt werden können. Entweder beginnen sie dann von selbst, Fluoreszenzlicht auszusenden (primäre oder Eigen-Fluoreszenz), oder erst nach Anfärben mit fluoreszierenden Stoffen (sekundäre Fluoreszenz).

Das Fluoreszenz- oder Lumineszenzmikroskop besteht aus einem normalen Mikroskop mit einer Lichtquelle für kurzwellige Strahlung, z. B. einer Bogenlampe oder Quecksilberdampflampe mit Filtern, die nur die gewünschte Strahlung hindurchlassen. Außerdem ist im Mikroskop ein Sperrfilter angebracht, das die von der Lampe kommende kurzwellige Strahlung absorbiert, das vom Objekt kommende Fluoreszenzlicht jedoch hindurchläßt.

Anwendungsgebiete der F. sind vor allem Lebensmitteluntersuchung, Tuberkuloseforschung, Kriminalistik, Kohlepetrographie. Unter Verwendung fluoreszierender Farbstoffe, die dem Säftestrom zugefügt werden, können Studien über den Stoffwechsel in pflanzlichen und tierischen Organen durchgeführt werden **(Intravitalfluoreszenzmikroskopie).**

Fluoreszenzstrahlung, → Röntgenstrahlung.

Fluoridierung, der Zusatz von etwa 1 mg fluorhaltiger Verbindungen (vor allem Natriumhexafluorosilikat, Natriumfluorid und Fluorwasserstoff) auf 1 l Trinkwasser, um die Anfälligkeit der Zähne gegen Karies herabzusetzen.

Fluorit, Flußspat, ein Mineral, CaF_2; kubisch, in schönen Kristallen (Würfel) und in derben Massen, selten farblos und wasserklar, meist verschieden gefärbt, Härte nach Mohs 4, D. 3,1 bis 3,2 g cm^{-3}. F. lumineszient fast immer bei Bestrahlung und bei Erhitzung; meist hydrothermale Entstehung, kommt häufig als Gangart in Erzmineralgängen vor, bildet jedoch auch selbständige Gänge. Er dient als Flußmittel in der Metallurgie, zur Darstellung von Flußsäure und von synthetischem Kryolith, in der Keramik für Email und Glasuren, in der optischen Industrie wegen seiner geringen Dispersion zur Herstellung von achromatischen Linsen und ferner auch als Schmuckstein.

Fluorkarbone, Fluorkunststoffe, Verbindungen aus Fluor und Kohlenstoff, aus denen man Plaste und Chemiefasern herstellt. Ihre Bedeutung beruht auf einer hervorragenden Chemikalien- und Dauertemperaturbeständigkeit (bis etwa 260 °C). Die bekanntesten F. sind Polytetrafluoräthylen und Polytrifluormonochloräthylen.

Fluorokieselsäure, Siliziumfluorwasserstoffsäure $H_2[SiF_6]$, an Stärke der Schwefelsäure ähnliche Säure. Sie ist ein gutes Desinfektionsmittel, das z. B. zum Entkeimen von Kupfer- und Messinggefäßen in der Bierbrauerei, als Konservierungsmittel für Holzmasten, als Gerbbrühen u. a. verwendet wird. Ihre Salze sind die **Fluorosilikate (Silikofluoride),** in der Technik kurz **Fluate** genannt. Sie sind giftig und wirken ätzend. Vor allem Magnesium-, Aluminium- und Zinkfluorosilikate dienen zum Oberflächenschutz im Bauwesen (zur Dichtung und Härtung kalkhaltiger Baustoffe, als Sperranstrichmittel, zur Erhöhung der chemischen Widerstandsfähigkeit), ferner als Schädlingsbekämpfungs- und Holzschutzmittel (*Fluatieren*).

Fluorosilikate, Salze der → Fluorokieselsäure.

Flurförderer, Fördermittel zum Aufnehmen und Transportieren von Einzellasten oder Ladungseinheiten, die im wesentlichen auf der Ebene verfahren und nur geringe Steigungen überwinden können. F. sind ein- oder mehrrädrige, von Hand verfahrbare oder motorisch angetriebene Fahrzeuge. Man unterscheidet gleisgebundene (auf Gleisen fahrbare) und gleislose (freizügig verfahrbare) F. **Gleisgebundene F.** sind z. B. → Förderwagen. Zu den **gleislosen F.** gehören z. B. **Karren** (Schub-, Stechkarren), Zugmaschinen in 3- oder 4rädriger Bauart für Geschwindigkeiten bis 10 km/h und Anhängelasten bis 3 Mp (meist mit Batterieantrieb) oder schwere Zugmaschinen für Anhängelasten bis 10 Mp, im weiteren Sinne auch → Traktoren. **Wagen** sind Anhänger für die Schlepper mit Tragkräften von 1 bis 200 Mp, motorisch angetriebene Wagen (bekannt als Eidechsen) und Wagen mit Hubeinrichtungen, z. B. Niederhubwagen mit kleinen Rollen an Stelle der Räder, die die Lasten unterfahren und sie zum Transport nur bis etwa 200 mm ausheben. **Stapler** dienen vor allem zum Stapeln von Lasten. Dabei unterscheidet man Hochhubwagen und Gabelhubwagen, die die Lasten unterfahren und diese innerhalb der Radstützbasis auf Plattformen oder Gabeln tragen. Der Spreizenstapler stützt sich auf Seitenholmen (Spreizen) ab, mit denen er die Lasten umfährt, und nimmt sie mit dem dazwischen liegenden Lastaufnahmemittel auf. Der bekannteste Stapler ist der → **Gabelstapler.** Der **Portalhubwagen** ist ein neueres Flurfördermittel mit breitem Anwendungsbereich zum Transport von Stückgütern, z. B. Kokillen, Brammen, Paletten, Rohren, Trägern. Er vereinigt in sich die Vorteile von Staplern und Lastkraftwagen, ist straßenfahrbar und kann bis 70 km/h Fahrgeschwindigkeit erreichen. Er wird für Tragkräfte von 5 bis 40 Mp gebaut.

Fluß, jedes fließende Gewässer des Festlandes. Ein F. sammelt die als Niederschläge auf die Erdoberfläche gefallenen und in Quellen austretenden Wassermengen und führt sie, der allgemeinen Abdachung des Landes folgend, dem Weltmeer oder Endseen zu (→ Abfluß). Einen kleineren F. nennt man volkstümlich **Bach,** einen größeren F. oft **Strom.** Einen das Meer oder einen Endsee erreichenden größeren F. bezeichnet man als **Hauptfluß,** die sämtlichen zu seinem Flußgebiet gehörigen kleineren Flüsse als **Nebenflüsse** 1., 2., 3. usw. Ordnung, je nachdem, ob sie sich unmittelbar oder über Nebenflüsse mit dem Hauptfluß vereinigen. Das Wasser des Flusses bewegt sich im **Flußbett.** Einen in mehrere Arme

aufgespaltenen Flußlauf nennt man „verwildert". Als *Bifurkation* bezeichnet man die Gabelung eines Flusses, bei der ein Arm über eine flache Wasserscheide hinweg in das Gebiet eines anderen Flusses übertritt.

Die im F. vorhandene Bewegungsenergie ist von Menge und Geschwindigkeit des Wassers abhängig. Diese Energie wird einerseits verbraucht zur Aufrechterhaltung des Fließvorganges, anderseits zum Transport des Materials, das in Form von Lösungen, schwebenden Teilchen **(Flußtrübe)** und als Geröll mitgeführt wird. Durch die Reibung des fließenden Wassers und des mitgeführten Materials erfolgt eine als → Erosion bezeichnete Bearbeitung des Flußbettes. Bei vorherrschend seitlicher Erosion in der Ebene ist der Flußlauf oft nicht gerade, sondern schlangenartig gekrümmt (*Mäander*). An der Mündung fallen die Sinkstoffe und die organischen Schwebstoffe aus und bilden flache Schwemmfächer und Deltas, im Wasser Untiefen, Barren und Sandbänke.

Flussalverfahren, → anodische Oxydation.

Flußbau, ein Teilgebiet des → Wasserbaus, das den planmäßigen Ausbau von Bächen, Flüssen und Strömen umfaßt. Man unterscheidet mehrere Arten des Ausbaues. Die **Ufersicherung** hat die Aufgabe, das bestehende Ufer vor Beschädigungen zu schützen, z. B. durch den Bau von Deckwerken, Leitwerken, Buhnen und Grundschwellen.

Die **Flußregelung** erfolgt dort, wo Grundriß, Längsschnitt und/oder Querschnitt eines Flußlaufes den verschiedenen Anforderungen nicht entsprechen. Ziel der Flußregelung sind der Hochwasserschutz und die Wassernutzung; oft dient sie nur einem Teilgebiet, z. B. der Wasserkraftnutzung, der Schiffahrt, der Wasserversorgung, der Bodenkultur. Vorarbeiten für die Flußregelung sind außer der mehrjährigen Beobachtung des zu regelnden Flusses die genaue Aufmessung des Flußbettes und seines Vorlandes einschließlich der Ermittlung der → Wasserstände bei NNW, NW, MW, HW und HHW und der dazugehörenden Abflußwerte, Geschwindigkeiten und Wasserspiegelgefälle, ferner geologische und morphologische sowie gewässerkundliche Erhebungen, Ermittlung der Geröllführung und Beobachtung des Eisganges. Die Regelung beginnt mit dem Zusammenfassen des Wasserabflusses im Mittelwasserbett durch Einengung und Begradigung sowie nötigenfalls mit der hochwasserfreien Eindeichung bisher überschwemmter Gebiete. Erst später folgt die Verbesserung der Fahrrinne der Schiffahrt bei niedrigen Wasserständen **(Niedrigwasserregelung)**.

Wenn die Wasserführung des Flusses nicht ausreicht, die gewünschte Wassertiefe für die Schiffahrt zu gewährleisten, speichert man zur Hochwasserzeit Wasser in Talsperren auf und läßt es zur Niedrigwasserzeit als Zuschußwasser zur Erhöhung der Wasserstände abfließen, oder man nimmt eine Stauregelung (Kanalisierung) des Flusses vor, indem der Fluß in bestimmten Abständen durch Wehre gesperrt wird, vor denen das Wasser sich staut, und erreicht so eine größere Wassertiefe. Die Schiffahrt umgeht die Wehre mit Schiffsschleusen.

Lit. → Wasserbau.

Flußdiagramm, Strukturdiagramm, die zeichnerische Darstellung eines Programmablaufs in Rechenautomaten (→ Programmierung) in Form eines übersichtlichen Schemas. Mit der Aufstellung eines F.s beginnt die eigentliche Programmierarbeit. Das F. soll, unter Berücksichtigung der Steuerung der Maschinenarbeit, die Realisierung eines vorgegebenen → Algorithmus gewährleisten. Für ein und denselben Algorithmus lassen sich verschiedene F.e angeben, die unabhängig von der zur Verfügung stehenden Rechenanlage aufgestellt werden können. Das F. kann ebenso als Anweisung für einen rechnenden Menschen dienen. Auf der Grundlage des gewählten F.s und in Übereinstimmung mit diesem wird das Maschinenprogramm in der entsprechenden Maschinensprache formuliert. Zur Darstellung des Ablaufs eines Rechenvorgangs verwendet man → Blockschaltbilder.

Flußdichte, svw. magnetische Flußdichte, → magnetische Induktion.

Flüssigdünger, Düngemittel, die in flüssigem Aggregatzustand in den Boden gebracht werden. Grundsätzlich lassen sich F. von allen Kernnährstoffen herstellen, besondere Bedeutung haben die flüssigen Stickstoffdüngemittel, hauptsächlich flüssiges Ammoniak. F. haben im Vergleich zu den üblichen Nährsalzen einen erheblich höheren Nährstoffgehalt, ihre Herstellungskosten sind niedriger, und ihre Anwendung ermöglicht eine weitgehende Mechanisierung der Düngung.

flüssige Kristalle, svw. → kristalline Flüssigkeiten.

flüssige Luft, → Gasverflüssigung.

Flüssiggase, Brenngase, die aus reinen Kohlenwasserstoffen oder Kohlenwasserstoffgemischen bestehen, besonders Propan C_3H_8 und Butane C_4H_{10}, bei normaler Temperatur und normalem Druck gasförmig sind, aber schon bei mäßigen Drücken (bis 20 at) in den flüssigen Zustand übergehen.

F. fallen bei der Treibstoffsynthese (→ Hydrierung) sowie bei der Aufarbeitung von Erdöl und nassem Erdgas an, werden verdichtet und z. T. als → Flaschengas abgefüllt. Sie werden vor allem in der Petrolchemie und für die Gasversorgung von Haushalten in Gebieten ohne öffentliche Gasversorgung (Propangas) sowie für das Schneiden und Schweißen von Metallen und für die Beleuchtung von Signalen im Verkehrswesen verwendet.

physikalische Daten	Propan	n-Butan	i-Butan
Dichte [g cm^{-3}]	0,5089	0,5788	0,559
Schmelzpunkt [°C]	−189,9	−138,4	−159,6
Siedepunkt [°C]	−44,5	−0,5	−11,7
Verbrennungswärme [kcal m^{-3} i. N.]	24320	32010	31530
Heizwert [kcal m^{-3} i. N.]	22350	29510	29050
Zündtemperatur in Mischung mit Luft [°C]	510	490	490
Zündgrenzen in Mischung mit Luft [Vol. %]	2,1 ··· 9,5	1,5 ··· 8,5	1,5 ··· 8,5

Flüssigkeit, ein Aggregatzustand, bei dem die Moleküle frei beweglich sind. F.en setzen einer Änderung der Formen einen sehr kleinen oder überhaupt keinen, einer Änderung des Volumens dagegen einen sehr großen Widerstand entgegen, d. h. sie sind formunbeständig und volumenbeständig. F.en nehmen bei Abwesenheit anderer Kräfte infolge der Oberflächenspannung kugelige Gestalt (Tropfen) an. Man unterscheidet **ideale** und **reale F.en,** je nachdem, ob der Einfluß der Viskosität vernachlässigbar ist oder nicht. In realen F.en treten bei der Umströmung von Körpern Wirbel auf. Auf den Oberflächen fester Körper breiten sich die F.en aus, falls die Adhäsionskräfte größer als die Kohäsionskräfte der F.en sind.

Einheitliche F.en, die zu einer kristallinen Substanz erstarren, haben einen definierten Erstarrungspunkt. F.en, die zu amorphen Substanzen erstarren, werden mit fallender Temperatur immer zähflüssiger, ohne einen bestimmten Erstarrungspunkt zu haben. Jede Flüssigkeit, die

an einen Gasraum angrenzt, verdampft, bis der Partialdruck (Teildruck) des Dampfes einen außer von der Natur der Flüssigkeit mit von der Temperatur abhängigen Wert erreicht. Die Temperatur, bei der der Partialdruck des Dampfes der Flüssigkeit 1 Atmosphäre beträgt, heißt Siedepunkt. Die physikalischen, insbesondere die elektrischen Eigenschaften von Lösungen sind von denen der reinen flüssigen Lösungsmittel in mancher Beziehung verschieden, z. B. hinsichtlich des Gefrier- und des Siedepunktes, der elektrischen Leitfähigkeit.

Lit. Kogan u. Fridman: Handb. der Dampf-Flüssigkeits-Gleichgewichte (dtsch Berlin 1961); Gleichgewicht Flüssigkeit-Dampf (dtsch Berlin 1960).

Flüssigkeitsgetriebe, hydraulischer Transformator, hydraulischer Wandler, ein Getriebe, bei dem als Getriebeglied eine Flüssigkeit verwendet wird. Die **statischen F.** oder **hydrostatischen Getriebe** übertragen die Leistung durch Druck, die **dynamischen F.** oder **hydrodynamischen Getriebe** (→ Strömungsgetriebe) benutzen zur Leistungsübertragung die kinetische Energie der Flüssigkeitsmenge. F. werden zu Schubbewegungen mit gleichbleibender Geschwindigkeit bei Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen sowie bei stufenlos regelbaren und umsteuerbaren Getrieben verwendet.

Flüssigkeitsringpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Flüssigkeitsstrahlpumpen, → Vakuumpumpe.

Flüssigkeitswandler, svw. → Strömungsgetriebe.

Flüssiglinie, svw. → Liquiduslinie.

Flüssigluftsprengstoffe, svw. → Oxyliquitsprengstoffe.

Flußmittel, Stoffe, die zur Erzielung bestimmter Reaktionen bei Schmelz- oder anderen Prozessen zugegeben werden.

1) Tonwarenindustrie: Stoffe zur Erniedrigung des Schmelzpunktes von Glasuren und zur Verdichtung des Scherbengefüges von Tonwaren bei erniedrigter Brenntemperatur. Zur Herabsetzung der Gutbrenntemperatur der Massen benutzt man z. B. Kalk, Speckstein, Eisen(III)-oxid oder Feldspat. Blei-, Bor- und Alkaliverbindungen — meist in Form unlöslicher Fritten verwendet — bewirken den glasigen Schmelzfluß von Glasuren und Schmelzfarben.

2) Metallurgie: Stoffe zur Schmelzreinigung von Metallen oder zum Abdecken der Schmelze gegen Gasaufnahme. Die F. schützen vor Abbrandverlusten und verbessern die Gießbarkeit und Gußqualität. Als F. eignen sich besonders Fluoride (Natriumfluorid NaF, Natriumfluoroaluminat Na_3AlF_6), denen zur Schmelzpunkterniedrigung Chloride (Natriumchlorid NaCl, Kaliumchlorid KCl) zugemischt sind. Häufig werden auch → Zuschläge als F. bezeichnet.

3) Fertigungstechnik: → Löten.

Flußsäure, → Fluor.

Flußspat, svw. → Fluorit.

Flut, → Gezeiten.

Flutkraftwerk, svw. → Gezeitenkraftwerk.

Flyer, → Spinnerei.

fm, 1) Kurzz. für Femtometer, → Femto. 2) Kurzz. für → Festmeter.

Fm, Symbol für → Fermium.

FM, → Modulation.

Föhn, ein warmer, trockener Fallwind, der von Gebirgen herabweht, besonders ins Alpenvorland. F. entsteht, wenn Luftmassen von einem Tiefdruckgebiet über einen Gebirgskamm hinweg angesogen werden, sich in Luv abregnen und sich dann abgetrocknet bei Absinken in Lee adiabatisch erwärmen, wobei sich die Wolken auflösen (Abb.). **Freier F.** ist eine föhnartige Erscheinung in Hochdruckgebieten der freien Atmosphäre.

Lit. Hentschel: Das Föhngebiet des Harzes (Berlin 1963).

Foid, svw. → Feldspatvertreter.

Fokus, svw. → Brennpunkt.

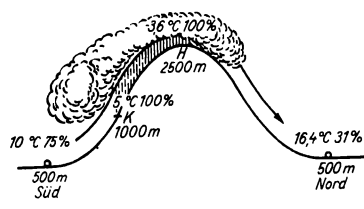
Folge, eine geordnete Menge von mathematischen Elementen (z. B. Zahlen, Funktionen), denen ein bestimmtes Bildungsgesetz zugrunde liegt, in der Weise, daß jedem Element der F. eine natürliche Zahl zugeordnet werden kann. Die einzelnen Elemente heißen *Glieder* der F. Eine F. heißt **steigend (fallend),** wenn jedes Glied größer (kleiner) ist als das vorhergehende. Nach der Anzahl der Glieder unterscheidet man **endliche F.n** und **unendliche F.n.** Zum Beispiel sind die F.n der geraden Zahlen $a_n = 2n$ bzw. $\{2n\} = 2, 4, 6, \ldots$ und die F.n $a_n = \frac{1}{n}$ bzw. $\left\{\frac{1}{n}\right\} = 1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \ldots$ unendliche Zahlenfolgen, für die sich das Bildungsgesetz mittels einer Formel angeben läßt, durch die jeder natürlichen Zahl n der entsprechende Wert des Gliedes a_n zugeordnet wird. Ein besonders einfaches Bildungsgesetz haben die **arithmetischen F.n,** bei denen die Differenz d zweier benachbarter Glieder konstant ist (z. B. 1, 3, 5, 7, ...; $d = 2$), und die **geometrischen F.n,** für die der Quotient q zweier Nachbarglieder konstant ist (z. B. 4, 2, 1, $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \ldots; q = \frac{1}{2}$). Bei unendlichen F.n ist es wesentlich, ob ihre Glieder bei beliebig wachsender Anzahl n ($n \to \infty$) gegen einen endlichen → Grenzwert streben, d. h. konvergieren, oder nicht, d. h. divergieren. Eine konvergente F. mit dem Grenzwert 0 heißt **Nullfolge.** Zahlenfolgen sind ein wichtiges Hilfsmittel für Arithmetik und Analysis.

Jeder → Reihe entspricht eine F., nämlich die F. ihrer Teilsummen (und umgekehrt).

Folgesteuerung, → Steuerung.

Folgewerk, → Stellantrieb.

Folie, eine sehr dünne, ebene und bei normaler Temperatur bewegliche Haut aus metallischem oder nichtmetallischem Werkstoff. Die F. ist je nach der Art des Werkstoffs klar, trüb, undurchsichtig, farbig oder farblos. **Metallfolien** werden allgemein durch Auswalzen vorgewalzter, in Pakete zusammengelegter, durch Ölschichten getrennter Bleche erzeugt. Dünne Metallfolien werden mit dem Hammer oder mechanisch zwischen Pergamentblättern oder zwischen Goldschlägerhäuten in Packungen geschlagen, die allerdünnsten galvanisch hergestellt. Metallfolien lassen sich durch ihre Schmiegsamkeit ohne Rißbildung und Undichtwerden bei genügender Festigkeit fast allen Formen anpassen. Sie haben stets eine Dicke unter 0,15 mm. Aluminiumfolien werden bis 0,005 mm, Messingfolien und Tombak (Goldschaum) bis 0,0005 mm, Zinkfolien bis 0,05 mm, Zinnfolien (Stanniol) bis 0,007 mm ausgewalzt. Bei Blattsilber läßt sich eine geringste Dicke von 0,0002 mm, bei Blattgold eine solche von nur 0,0001 mm, auf galvanischem Wege sogar von nur einem hunderttausendstel Millimeter erreichen. Das Gold läßt dann Licht in blaugrüner Farbe durchscheinen.



Schematische Darstellung der Vorgänge bei Föhn. Die Temperatur ist in °C, die Luftfeuchte in % angegeben. *K* Kondensationsniveau, *H* Scheitelhöhe

Plastfolien (Kunststoff-Folien) können nach verschiedenen Verfahren hergestellt werden: 1) durch Ausfällen von Plasten aus ihren Lösungen im Spinnprozeß, z. B. Zellulosefolien aus Viskose oder Kupferspinnlösung, (→ Zellglas); 2) durch flächenhaftes Vergießen von Plastlösungen, deren Lösungsmittel man anschließend verdunsten läßt. Solche **Gießfolien** sind z. B. F.n aus Zellulosetriazetat (→ Film), Polyvinylalkohol, Polyvinylazetat, Methakrylsäuremethylester und Polyurethan; 3) durch Abhobeln flacher Blätter von Blöcken aus Plasten, z. B. → Zelluloid; 4) durch Auswalzen von Thermoplasten auf dem Kalander zu **Walzfolien**, z. B. aus Polyvinylchlorid, und zwar entweder weichmacherfrei oder unter Zusatz von Weichmachern als PVC-Weich-Folie; 5) durch → Strangpressen mittels Breitschlitzdüse oder Folienblaseinrichtung, z. B. F.n aus Polyäthylen, Polystyrol, Polykaprolaktam u. a. **Transparentfolien** sind durchsichtige, hautartige Produkte, die aus Zellulose, Gelatine, Polyvinylchlorid, Polystyrol u. a. hergestellt werden und besonders in der Film- und Verpackungsindustrie verwendet werden. Sie sind je nach Ausgangsmaterial mehr oder weniger wasserdampfdurchlässig.

Die verschiedenartigen F.n werden für technische, Dämm-, graphische, Konservierungs- und Verpackungszwecke, zur Raumausstattung, als Spiegelbelag und für Schmuck, ferner zur Herstellung von Regenbekleidung und Täschnerwaren, Edelmetallfolien auch für Überzüge von Figuren u. dgl. verwendet.

Folsäure, → Vitamine.

foot, Kurzz. ft, englische Längeneinheit. 1 ft = 0,3048 m.

Förderband, Kurzbezeichnung für → Gurtbandförderer, sollte zum Unterschied zu anderen → Bandförderern nicht verwendet werden.

Förderbrücke, die → Abraumförderbrücke.

Fördergefäß, → Förderkorb.

Förderkorb, Förderschale, Fördergestell, ein korbartiges Gestell, mit dem in Schachtförderanlagen Bergleute (Seilfahrt) oder Material (Material- oder Produktenfahrt) von über nach unter Tage sowie Leute oder Haufwerk von unter nach über Tage befördert werden. Der F. wird mit Hilfe der → Fördermaschine an einem Förderseil im Schacht auf- und abbewegt. Er ist als Stahl- oder Leichtmetallkonstruktion ausgeführt, deren Wände zur Masseersparnis aus Drahtgitter, Lochblech o. ä. hergestellt sind, und durch Zwischenböden (meist 4, seltener 6) in Stockwerke unterteilt, in denen die Förderwagen stehen. Der Korb wird von einer Stahlstange, der Königsstange, getragen, die über ein Zwischengeschirr mit dem Förderseil verbunden ist. Im Schacht wird der Korb im allgemeinen zwischen hölzernen Spurlatten geführt, in die bei Seilbruch eine Fangvorrichtung eingreift und den Korb abfängt.

An Stelle von Förderkörben verwendet man heute vielfach **Fördergefäße** oder **Skips,** die eine größere Fördermenge ermöglichen. Es sind hohe Stahlblechbehälter von 6 bis 15 Mp Tragfähigkeit, in die das Haufwerk am Füllort über einen Vorratsbunker (Fülltasche) automatisch aus den Förderwagen entleert wird, so daß diese nicht nach über Tage gefördert zu werden brauchen. Über Tage auf der Hängebank wird der Skip durch Öffnen eines Bodenverschlusses oder durch Kippen in einen Vorratsbunker (Aufnahmetasche) entleert. Zur Seilfahrt enthält das Fördergefäß entweder hochklappbare Zwischenböden, oder ihm wird ein Tragboden aufgesetzt.

Fördermaschine, die Antriebsmaschine für → Schachtförderanlagen. Nach dem Standort unterscheidet man **Flurfördermaschinen,** die zu ebener Erde neben dem Fördergerüst stehen, und **Turmfördermaschinen,** die auf dem Fördergerüst unmittelbar über dem Schacht angeordnet sind. Nach der Antriebsenergie unterscheidet man Dampffördermaschinen und elektrische F.n. **Dampffördermaschinen** werden nur noch selten verwendet. Die Dampfmaschine ist meist als Zwillingsdampfmaschine ausgeführt, die unmittelbar auf die Förderwelle wirkt. **Elektrische F.n** sind für große Leistungen geeignet. Sie haben meist Gleichstrom-Nebenschlußmotoren, für deren Regelung die Leonard-Schaltung verwendet wird. Beim Ein- und Ausschalten entstehen Stöße im Energienetz. Beim *Ilgner-Antrieb* ist zum Ausgleich der Leistungsschwankungen mit dem Steuerumformer ein Schwungrad gekoppelt. Als F.n werden auch Drehstrom-Asynchronmotoren mit Untersetzungsgetriebe verwendet. Die Steuerung von F.n erfolgt durch den Fahrtregler. Wesentlichstes Teil ist eine Kurvenscheibe, mit der Anfahren, Beschleunigen, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Verzögern und Anhalten gesteuert werden. Sicherheitseinrichtungen sind Teufenzeiger, Fahr- und Sicherheitsbremse.

Fördermittel, Sammelbegriff für Maschinen und Geräte, die zum Transport von Material oder Menschen in waagerechter, geneigter oder senkrechter Ebene oder einer Überlagerung dieser Bewegungen dienen. Man kann die F. einteilen in Stetigförderer und Unstetigförderer. **Stetigförderer,** im Englischen als **Conveyer** bezeichnet, erzeugen einen kontinuierlichen (stetigen) Förderstrom von Schütt- oder Stückgütern oder auch Personen bei entsprechender stetiger Fördergutaufgabe oder -abzug aus Bunkern in vorgegebener Richtung. Die wichtigsten Stetigförderer sind Rutschen, Rollenbahnen, Schnekkenförderer, Schwingförderer, Kettenförderer, Bandförderer, pneumatische Förderer und hydraulische Förderer. Im weiteren Sinne zählen zu den Stetigförderern auch Mehrgefäßbagger, Absetzer, Abraumförderbrücken, Umlaufseilschwebebahnen, als Umlaufbahnen ausgeführte Schienenhängebahnen u. a. **Unstetigförderer** sind zum Transport von Einzellasten geeignet und bewegen diese unregelmäßig (diskontinuierlich, unstetig) oder in größeren Zeitabständen in vorgegebener oder im Bereich des F.s in frei wählbarer Richtung. Die wichtigsten Unstetigförderer sind Krane, Winden, Kipper, als Pendelbahnen ausgeführte Seilschwebebahnen und Schienenhängebahnen, Aufzüge, Schachtförderanlagen, Flurförderer, Eingefäßbagger u. a. Eine exakte Gliederung der F. ist sehr schwierig, da es viele Überschneidungen gibt.

Lit. Stetigförderer (Berlin 1967); Unstetigförderer (2. Aufl. Berlin 1967); → Fördertechnik.

Förderrinne, → Schwingförderer.

Förderschnecke, → Schneckenförderer.

Fördertechnik (Tafel 14), ein Teilgebiet des Maschinenbaus, das sich mit den Maschinen, Stahlkonstruktionen, Geräten (→ Fördermittel) und Anlagen befaßt, die zum Transport von Material oder Menschen in beliebiger Richtung dienen und den inner- und außerbetrieblichen Transport mechanisieren, automatisieren und wirtschaftlich gestalten.

Lit. Bartzsch, Kleeberg, Wendschuh: Rationalisierung des innerbetrieblichen Transportes (Berlin 1961); Kienast: Übersicht über die F. (Berlin 1959); Kurth u. Pajer: F., 4 Bde (Berlin 1964); Mehrbach: Leitfaden der Analyse des innerbetrieblichen Transportes (Berlin 1961); Spiwakowski: Förderanlagen (Berlin 1959); Grundlagen der F. (3. Aufl. Berlin 1967).

Förderwagen, ein Fördermittel, ein gleisgebundener → Flurförderer. F. sind zwei- oder mehrachsige Wagen ohne Antrieb mit kastenförmigen Aufbauten zum Transport von Schüttgütern. Zu den F. gehören die normalen Güterwagen der Eisenbahn (→ Eisenbahnwagen), ferner F. für den Einsatz im Bergbau unter Tage, **Hunde** oder **Hunte** genannt. Sie haben einen mit dem Fahr-

gestell fest verbundenen Aufbau (Rauminhalt 0,5 bis 6 m³) und werden in Wippern entleert. **Muldenkipper** für Feldbahnen mit 0,5 bis 2 m³ Rauminhalt werden durch Kippen der Mulde um die Längsachse entleert. **Kastenkipper** mit einem Rauminhalt bis 60 m³ haben eine aufklappbare Seitenwand und werden durch Neigen des Wagenkastens um die Längsachse nach der Seite entleert. **Selbstentlader** mit nicht kippbarem Wagenaufbau (Rauminhalt bis 100 m³) werden durch den Wagenboden entleert (Bodenentleerer) oder seitlich durch Aufklappen der unteren Teile der Seitenwände bei dach- oder sattelförmig ausgebildetem Boden (Sattelbodenentleerer).

Form, 1) graphische Technik: die → Druckform.

2) Bauwesen: → Schalung 1).

3) Metallurgie: die Gießform, → Gießen.

Formaldehyd, Methanal, H—CHO, der einfachste aliphatische Aldehyd. F. ist ein farbloses, stechend riechendes Gas (Kp. −21 °C). In wäßriger Lösung polymerisiert F. sehr leicht zu Trioxymethylen $(HCHO)_3$, Tetraoxymethylen $(HCHO)_4$ und Polyoxymethylenen. Die amorphe, wasserunlösliche, feste, weiße, polymere Masse wird als **Paraformaldehyd** bezeichnet. Über höher polymeren F. → Polyformaldehyd. Formaldehydmoleküle können sich auch zu Zuckern (*Formose*) zusammenlagern. Man gewinnt F. durch katalytische Oxydation von Methanol oder Methan mit Luft. Große Mengen F. werden in der Plast- und Sprengstoffindustrie, bei der Härtung von Kasein, Leim und Gelatine und der Reduktion von Küpenfarbstoffen verwendet. Ferner dient F. als Gerbstoff und in Form einer 35- bis 40%igen wäßrigen Formaldehydlösung (*Formalin*) als Desinfektionsmittel, zum Desodorieren, zum Fixieren anatomischer Präparate und zur Schimmelpilzbekämpfung.

Formalin, → Formaldehyd.

Formation, → System.

Formel, Chemie: drückt die Zusammensetzung der Moleküle von chemischen Verbindungen aus. Die **Summenformel (Bruttoformel, empirische F.)** gibt lediglich die Anzahl der in einem Molekül vorhandenen Atome an, z. B. Wasser H_2O. Die **Strukturformel (Konstitutions-, Valenzstrichformel)** gibt dagegen ein angenähertes Bild vom Aufbau der Verbindungen. Man verbindet dabei die durch ein Elektronenpaar verbundenen Atome durch Valenzstriche untereinander, z. B. H—O—H. Bei den **Elektronenformeln** kennzeichnet man die Außenelektronen eines Atoms durch Punkte, z. B. H:Ö:H oder atomares Chlor :Cl·. Oft vereinfacht man auch die Elektronenformeln, indem man das gemeinsame Elektronenpaar durch einen Valenzstrich ausdrückt und die freien, an der Bindung nicht beteiligten Elektronenpaare durch Querstriche kennzeichnet, z. B. H—Ö—H. Elektronenformeln ionisierter Verbindungen, z. B. $[Na]^+ [:Cl:]^-$, vereinfacht man zur **Ionenformel**, z. B. Na^+Cl^-.

Formelzeichen, Buchstaben zur Symbolisierung der Qualitäten physikalischer Größenarten. Die F. werden in Definitionsgleichungen für physikalische Zustände und Vorgänge benutzt, mit ihnen kann man wie mit mathematischen Zeichen rechnen (addieren, subtrahieren, multiplizieren, dividieren, potenzieren und radizieren). F. werden, um Verwechslungen zu vermeiden, gelegentlich mit Indizes versehen. So ist das F. für die elektrische Stromstärke *I*, für die Lichtstärke ebenfalls *I*, deshalb schreibt man meist für die Lichtstärke I_v.

Eine absolut eindeutige Zuordnung der Buchstaben ist nicht immer möglich, da die Buchstaben der bekannten Alphabete für die Vielzahl der physikalischen Qualitäten nicht ausreichen, so daß nicht nur die einzelnen Buchstaben mehrere Bedeutungen haben, sondern für häufig benutzte Qualitäten mehrere F. gelten, die je nach den mit ihnen zusammen vorkommenden benutzt werden.

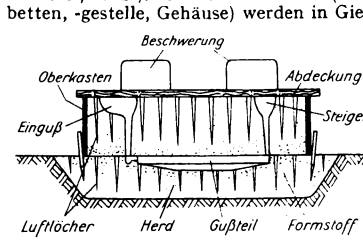
Die wichtigsten F. sind in TGL 0-1304 angegeben; es ist dabei jeweils das an erster Stelle stehende F. zu bevorzugen.

Formguß, Fertigguß, ein Verfahren zum → Gießen von Metallen, z. T. auch Plasten oder Beton, in Gießformen.

Man unterscheidet dabei zwischen statischen und dynamischen Gießverfahren. 1) Bei den statischen Gießverfahren, dem Schwerkraft- und dem Druckguß, ruht die Form während des Gießens. a) Beim **Schwerkraftguß,** dem gebräuchlichsten F., fließt das Metall infolge seiner Schwerkraft von selbst in die Gießform, und zwar von oben (fallender Guß) oder von unten (steigender Guß). Der steigende Guß wird bevorzugt. Man benutzt hierfür im allgemeinen Einzelgießformen, d. h. solche Formen, die jeweils nur einen Guß aushalten (verlorene Formen). Sie werden aus angefeuchtetem → Formstoff aufgestampft. Für Grauguß- und Stahlgußteile großer Wanddicke muß das im Formstoff enthaltene Wasser durch Trocknen (Brennen) wieder entzogen werden (Trockengießformen). Für Graugußteile geringer Dicke brauchen die Formen nicht erst getrocknet zu werden (Naßgieß- oder grüne Formen). Besondere Verfahren zur Herstellung von Gießformen sind das → Kohlensäure-Wasserglas-Formverfahren, der → Maskenguß und das → Wachsausschmelzverfahren. Die letzten beiden Verfahren wendet man zur Herstellung von Formen für den Genauguß an.

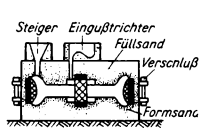
Beim Einformen wird der Formstoff um ein → Modell, eine naturgetreue, meist vom Modelltischler aus Holz angefertigte Nachbildung des Werkstücks, in die Gießform gestampft. Sind für Gußstücke, die ein gleichmäßiges Profil haben oder Rotationskörper sind, nur wenige Gießformen notwendig, verwendet man oft auch Dreh- oder Ziehschablonen zum Einformen. Hohlräume in den Gußstücken, z. B. Durchbrüche, schafft man, indem man in die fertige Form *Kerne* einlegt, d. s. aus Formstoff, seltener aus Stahl hergestellte Körper. Für den Zufluß des Gießmetalls wird die Form angeschnitten, d. h., es werden Kanäle (Eingußtrichter, Einlauf, Zu- und Ausläufe) angebracht; für die austretende Luft werden Steiger, d. s. nach oben führende, meist röhrenförmige Öffnungen, angelegt, die sich gegen Gießende mit Metall füllen.

Flache Werkstücke (Platten, Gehäusedeckel u. a.) sowie einfache Gußteile, z. B. Roststäbe, formt man in einer Mulde (*offener* und *gedeckter Herd, Gießbett*) des Gießereibodens ein (**Herdformerei,** Abb.). Große Gußstücke (Maschinenbetten, -gestelle, Gehäuse) werden in Gießgruben



Herdformerei: gedeckte Herdform

hergestellt (**Grubenformerei**). Mittelgroße und kleine Gußstücke werden meist in Kästen eingeformt (**Kastenformerei,** Abb.). *Formkästen* sind oben und unten offene Rahmen aus Grauguß, Stahlguß oder profiliertem Stahlblech. Der Formstoff wird von Hand (**Handformerei**) oder ma-



Kastenformerei: Fertige Gußform für Seilscheibe, erzielt durch Aufeinandersetzen der beiden Formkästen; Eingußtrichter und Steiger angebracht

schinell **(Maschinenformerei)** in die Formkästen gefüllt.

b) Beim **Druckguß** wird das Metall unter Druck in eine Dauergießform (Kokille) gepreßt, die meist aus legiertem Warmarbeitsstahl besteht. Der Druckguß kann ein Preßguß oder ein → Spritzguß sein.

2) Bei den dynamischen Gießverfahren wird die Form während des Gießens bewegt, z. B. beim → Schleuderguß, bei dem das Gießmetall in eine rotierende Form gegossen und gegen deren Wände geschleudert wird, und beim Rüttelguß, bei dem Vibratoren die Form während des Gusses rütteln.

Das eigentliche Gießen geschieht durch Einfüllen der Metallschmelze mit Hilfe von Gießpfannen. Nach dem Erstarren des Gießmetalls werden die Gußstücke ausgeschlagen und geputzt, d. h., es werden Eingüsse und Steiger abgetrennt, die Kerne ausgestoßen und anhaftender Formstoff mit einem Sand- oder Wasserstrahl entfernt.

Lit. Gerber: Druckguß (Berlin 1954); Müller: Der Formereibetrieb (2. Aufl. Halle 1954); Lehrgang für Former, Tl 1 (3. Aufl. Berlin 1953); Neuzeitliche Formtechnik (Berlin 1953); → Gießen.

Formiate, die Salze und Ester der Ameisensäure.

Formieren, das Herstellen oder Verbessern elektrisch wirksamer Schichten auf Bauteilen mit Hilfe industrieller Verfahren. Hierzu gehören 1) die Erzeugung von Bleioxid PbO_2 an der positiven Elektrode und von Bleischwamm Pb an der negativen Elektrode bei der Herstellung von Bleiakkumulatoren durch mehrfaches Laden und Entladen, 2) das Verbessern der Sperrschicht von Trockengleichrichtern (z. B. Selen-Gleichrichter), 3) das Verfahren, die Oxidkatode einer Elektronenröhre emissionsfähig zu machen. Dazu wird die Röhre nach dem Herstellungsprozeß kurzzeitig überheizt. Auch ältere Röhren, deren Katoden an Emissionsfähigkeit verloren haben, lassen sich durch F. in ähnlicher Weise regenerieren.

Formmaschinen, → Verpackungsmaschinen.

Formpaarung, svw. → Formschluß.

Formschluß, Formpaarung, das sich gegenseitige Umschließen eines → Elementenpaares infolge der Form der Elemente, wodurch ihre stete Berührung gesichert ist. Im Gegensatz zum → Kraftschluß wird der Zusammenhalt des Elementenpaares durch dessen konstruktive Gestaltung erreicht. Beispiel: Nutkurve bei → Kurvengetriebe. Zu den formschlüssigen Schraubensicherungen gehören Stift, Sicherungsblech und Splint. Es wird keine zusätzliche Verspannung der Schraubenbindung erzeugt.

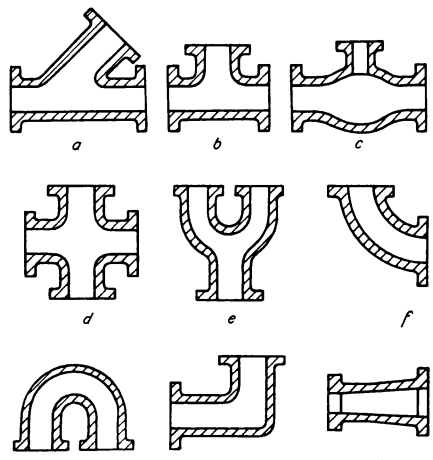
Bei Maschinenelementen stellt F. das Verbinden von Teilen (z. B. Wellen, Trägern) dar, wobei Verspannung oder Reibung vermieden werden.

Formstahl, ein → Profilstahl.

Formstoff, in der Metallurgie ein zur Herstellung von Gießformen für den Einzelguß verwendeter Stoff. F.e müssen bildsam sein und eine kantenscharfe, standfeste, feuerfeste sowie hinreichend gasdurchlässige Form ergeben. Man verwendet Quarzsand mit verschiedenen Tongehalten u. a. Beimengungen. Danach unterscheidet man **Formsand** (10 % Tongehalt) für Naßgußformen, **Formmasse** (15 bis 18 % Ton und Häcksel oder Sägespäne als Magerungsmittel), **Formlehm** (hoher Tongehalt mit Magerungsmitteln), beide für Trockengußformen, **Zementsand** (tonfreier Quarzsand mit 8 bis 10 % Zement als Binder und 4 bis 5 % Wasser) und **Schlackensand** (tonfreier Quarzsand, gemahlene Kupolofenschlacke, Braunkohlenfilterasche als Binder). Die letzten beiden F.e sind selbsterhärtend.

Lit. Grochalski: Gießereiformstoffe (Berlin 1956); Schiel: Die Formsande und F.e (2. Aufl. Halle 1953); → Gießen.

Formstücke, Bauteile für Rohrleitungen, die mittels Flansch, Muffen oder anderer Verbindungselemente mit den Rohren verbunden werden. F. dienen zur Verzweigung oder Vereinigung von Rohrleitungen (Rohrabzweigstück, T-Stück, Kugel-T-Stück, Kreuzstück, Hosenrohr), als Übergangsstück bei Durchmesser-



Formstücke für Rohrleitungen: *a* Rohrabzweigstück, *b* T-Stück, *c* Kugel-T-Stück, *d* Kreuzstück, *e* Hosenrohr, *f* 90°-Krümmer, *g* 180°-Krümmer, *h* Winkelstück, *i* Übergangsstück

änderung der Rohrleitung und zur Richtungsänderung der Rohrleitung (Rohrbogen, Krümmer, Winkelstück).

Formvollholz, → Holz.

Formziehen, svw. Hohlprägen, → Prägen, → Blechziehen.

Forsterit, → Olivine.

FORTRAN, → Programmierung.

FOT, → Kurzwellen.

Föttinger-Getriebe, svw. → Strömungsgetriebe.

Foucaultsche Ströme, svw. → Wirbelströme.

Foulard, eine Färbemaschine, → Textilfärberei.

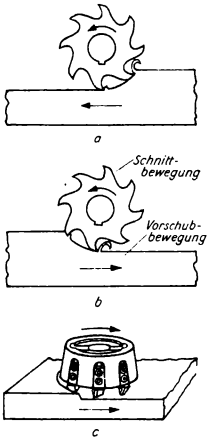
Fourierreihe, trigonometrische Reihe, die Entwicklung einer periodischen Funktion $f(x)$ in eine trigonometrische Reihe $f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$. Die Koeffizienten a_n, b_n ($n = 1, 2, 3, \ldots$) werden als *Fourierkoeffizienten* bezeichnet. Die von dem französischen Mathematiker Fourier (1768–1830) begründete Theorie der F.n, mit deren Hilfe sich unter bestimmten Bedingungen periodische Funktionen darstellen lassen (**Fourieranalyse,** → harmonische Analyse), hat eine außerordentliche Bedeutung für viele Gebiete der Mathematik, Physik und Technik.

Fp., Abk. für Fließpunkt, → Schmelzen.

FP, Abk. für Flammpunkt, → Entzündung.

Fr, 1) Kurzz. für → Franklin. 2) Symbol für → Frankium. 3) *Fr*, Zeichen für → Froudesche Zahl.

Frachtschiff (Tafel 12), ein Schiff im Seetransport von Stückgut **(Stückgutfrachtschiff),** Schüttgut **(Schüttgut-, Massengutfrachtschiff,** → Bulkcarrier) oder flüssiger Ladung (→Tankschiff). Stück- und Schüttgutfrachtschiffe bezeichnet man (im Unterschied zum Tankschiff) häufig als Trockenfrachtschiffe. Stückgutfrachter baut man heute oft als *offene Schiffe*, d. h. mit überbreiten Luken oder zwei Lukenreihen nebeneinander, die ein wesentlich schnelleres Be- und Entladen ermöglichen, vor allem weil die Stauarbeit unter



1 Fräsarbeiten: *a* Gegenlauf-Walzfräsen, *b* Gleichlauf-Walzfräsen, *c* Messerkopf-Stirnfräsen

den Decksflächen entfällt. Eine Sonderform des Stückgutfrachtschiffs ist das · Behälterschiff. Nach der Art des Hauptantriebes unterscheidet man Frachtmotorschiffe (Motorfrachtschiffe) und Turbinenfrachtschiffe bzw. Frachtdampfer (mit Kolbendampfmaschine).

Fraktion, der Anteil eines Stoffgemisches, der bei einer fraktionierten Destillation, Kristallisation, Fällung oder Klassierung unter bestimmten Bedingungen anfällt und für sich gewonnen wird.

Fraktur, → Schriftarten.

Francisturbine, eine → Wasserturbine.

Franck-Hertz-Versuch, Elektronenstoßversuch, ein von Franck und Hertz 1913 ausgeführter grundlegender Versuch, der den von Bohr behaupteten Zusammenhang zwischen Anregungszuständen, den aus den Spektren ermittelten Termwerten und der Ionisierungsenergie (Bohrsches Atommodell) sicherstellt. In einer experimentellen Anordnung läßt man Elektronen mit Atomen, z. B. von Quecksilberdampf, zusammenstoßen. Die Elektronen werden zwischen einer Katode und einer netzförmigen Hilfselektrode durch eine (veränderbare) Spannung beschleunigt. Danach müssen sie bis zur Anode (Auffangelektrode) noch eine schwache Gegenspannung von etwa 0,5 V durchlaufen. Bei Erhöhung der Spannung von 0 Volt an steigt zunächst die Stromstärke des Elektronenstromes stetig an, da die Elektronen mit den Gasatomen zwischen Katode und Hilfselektrode nur elastisch zusammenstoßen und dabei keine Energie verlieren. Bei einer Spannung von etwa 5 V sinkt die Stromstärke plötzlich stark ab, da die stoßenden Elektronen jetzt eine solche kinetische Energie haben, daß sie die Gasatome anregen können; bei diesen unelastischen Stößen verlieren sie selbst einen entsprechenden Energiebetrag und sind dann nicht mehr fähig, die Gegenspannung zu überwinden. Bei weiterer Erhöhung der Spannung steigt die Stromstärke wieder an, bis sie bei etwa 10 V ein weiteres Mal absinkt; dann kann ein Elektron nacheinander zwei Gasatome durch unelastische Stöße anregen. Bei etwa 15 V sind es schließlich drei Atome, usw.

Frankium, Symbol **Fr,** radioaktives chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Alkalimetalle; Ordnungszahl 87, Massenzahlen der bisher bekannten Isotope 211 bis 226 (das stabilste Isotop $^{223}_{87}Fr$ hat eine Halbwertszeit von 22 Minuten), Wertigkeit I; 1939 von M. Perey entdeckt und nach ihrem Heimatland benannt. $^{223}_{87}Fr$ ist ein Zerfallsprodukt des Aktiniums und zerfällt weiter in ein Radiumisotop.

Franklin, Kurzz. **Fr,** nach dem nordamerikanischen Naturwissenschaftler B. Franklin benannte, nicht gesetzliche elektrostatische Einheit der elektrischen Ladung. Das F. ist diejenige Ladung, die im Vakuum auf eine gleich große Ladung in einer Entfernung von 1 Zentimeter eine Kraft von 1 Dyn ausübt. 1 Fr = $3{,}33 \cdot 10^{-10}$ C (Coulomb).

Franklinit, → Spinelle.

Franzose, ein → Schraubenschlüssel.

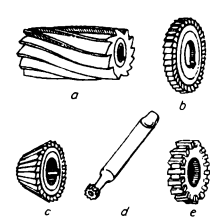
Frasch-Verfahren, → Schwefel.

Fräse, svw. → Bodenfräse.

Fräsen, ein Verfahren des spanenden Formens mit ein- oder mehrschneidigem Werkzeug (Fräser). Dabei rotieren die Schneiden um die Werkzeugachse, und Werkzeug oder Werkstück führen senkrecht oder winklig zur Drehachse des Werkzeuges als Nebenbewegung eine Vorschubbewegung aus.

Das **Walzfräsen** wird mit einem waagerecht angeordneten Walzenfräser ausgeführt, der nur Umfangsschneiden hat. Walzenstirnfräser haben am Umfang und an der Stirnfläche Schneiden, jedoch schneiden auch bei ihnen nur die Umfangsschneiden, während die Schneiden an der Stirnseite die Bearbeitungsfläche nur glätten. Beim Walzfräsen sind Schnittbewegung des Fräsers und Vorschubbewegung des Werkstücks meist entgegengerichtet **(Gegenlauffräsen);** sie können jedoch auch gleichgerichtet sein **(Gleichlauffräsen),** wobei eine höhere Oberflächengüte erzielt wird. Beim **Stirnfräsen** oder **Stirnen** arbeitet man mit einem Stirnfräser, der mit der Werkzeugachse senkrecht auf der Werkstückoberfläche angeordnet ist, mit den Umfangsschneiden spant und mit zusätzlichen Stirnschneiden die gespante Fläche glättet. Man verwendet zum Stirnfräsen meist Messerköpfe. Das besonders zur Bearbeitung von NE-Metallen angewendete, aber auch für Stahl geeignete **Schälfräsen** wird mit einem Werkzeug durchgeführt, dessen Form der eines Walzenfräsers entspricht; es ist jedoch nur einbis dreigängig, d. h. hat eine bis drei umlaufende Schneiden mit großem Neigungswinkel. Durch Überlagerung von An- und Ausschnitt tritt keine stoßartige Belastung von Maschine und Werkzeug auf. (Abb. 1)

Die **Fräser** bestehen je nach den Arbeitsbedingungen (Werkstoffart, Schnittgeschwindigkeit, Vorschub u. a.) aus Werkzeugstahl oder Schnellstahl, oder sie haben eingesetzte Hartmetallschneiden, die eine höhere Schnittgeschwindigkeit ermöglichen. Außer den Fräsern zum Bearbeiten ebener Flächen gibt es auch Scheibenfräser für große Spantiefen, Form- oder Profilfräser zum Anfertigen beliebiger Profile oder Rotationskörper und Schaftfräser zum Herstellen von Aussparungen. Je nach Verwendungszweck haben die Fräser Gerad-, Schräg- oder Pfeilverzahnung. Im letzten Fall werden zwei Werkzeuge mit entgegengerichteter Schrägverzahnung nebeneinander auf der Frässpindel befestigt. Die Zähne der Fräser werden eingefräst und z. T. hinterdreht. Werkzeuge mit großem Durchmesser sind mit auswechselbaren Schneiden aus Schnellstahl oder Hartmetall besetzt; man bezeichnet sie als *Messerkopf* und benutzt sie vor allem zum Schruppen oder Schlichten großer ebener Flächen. (Abb. 2)



2 Fräserformen: *a* Walzenfräser mit Schrägverzahnung, *b* Scheibenfräser mit Geradverzahnung, *c* Winkelfräser, *d* Schaftfräser, *e* Messerkopf

Der Fräser, mitunter auch mehrere verschiedene nebeneinander (Fräsersatz), sitzt in der **Fräsmaschine** auf einer Frässpindel und erhält von dieser seine drehende Schnittbewegung. **Waagerechtfräsmaschinen** (Tafel 29) haben eine waagerechte Frässpindel und im allgemeinen einen Aufspanntisch, der in drei Richtungen beweglich ist. Sie sind ausgeführt als Handhebelfräsmaschine mit Vorschub von Hand, als Einfachfräsmaschine mit maschinellen Vorschüben und als Universalfräsmaschine mit zusätzlich schwenkbarem Tisch sowie Sondereinrichtungen, z. B. Spindel- und Reitstock zum F. von Rundungen, einem Längs- oder Rundteilapparat u. a. Universalfräsmaschinen haben einen großen Drehzahl- und Vorschubbereich. Planfräsmaschinen für besonders große und schwere Werkstücke haben einen längsbeweglichen Tisch; die Seiten- und Höhenverstellung (zum Einstellen der Spantiefe) geschieht am Frässpindelschlitten. **Senkrechtfräsmaschinen** sind durch eine senkrechte Frässpindel gekennzeichnet und besonders für Fräsarbeiten mit Messerkopf geeignet. **Langfräsmaschinen** sind wie Hobelmaschinen aufgebaut und können eine senkrechte oder waagerechte Frässpindel haben. Sie dienen zum Bearbeiten langer Werkstücke. **Nachformfräsmaschinen** mit waagerechter oder senkrechter Spindel dienen zum Herstellen von beliebig gekrümmten Flächen, z. B. in Gesenken und Steuerkurven.

Über das Gewindefräsen → Gewinde.

Lit. Brand: Fräserei (7. Aufl. Leipzig 1950); Geyer: Das F. (Berlin 1961); Graupner: Fräsmaschinen (Berlin 1961); Dreher-Fachkunde (Leipzig 1958); Fachkunde für Maschinenschlosser, Bd 2 (Berlin 1958).

Frässcheibenlader, eine → Lademaschine zum stetigen (kontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. Das Gut wird durch zwei rotierende Stahlscheiben (Frässcheiben), die mit Rillen versehen sind, erfaßt und auf ein sich weiterbewegendes Förderband gegeben. F. sind mit luftbereiften Rädern oder mit Gleisketten versehen, der Antrieb erfolgt durch einen Dieselmotor.

F. werden auf Umschlagplätzen, Baustellen u. a. eingesetzt.

Fregatte, ein wendiges Kriegsschiff, das zum Geleitschutz, vor allem jedoch zur U-Boot-Abwehr eingesetzt wird. Das Deplacement beträgt bis 3000 ts (tons). Die Bewaffnung besteht meist aus Geschützen, automatischen Fla-Waffen, Wasserbomben (auch reaktive) und Torpedos. **Korvetten** (Küstenschutzschiffe) sind kleine F.n, die für den Schutz der Seegrenzen große Bedeutung haben. F.n werden überwiegend durch Dampfturbinen angetrieben. Ihre Geschwindigkeit liegt zwischen 15 und 35 sm/h.

Freibergit, → Fahlerze.

Freibord, der Abstand der Tiefladelinie, d. h. der Schwimmlinie, bis zu der aus Sicherheitsgründen ein Seeschiff höchstens durch die Beladung einsinken darf, von der Oberkante der Decksseite. Die Tiefladelinie ist durch die **Freibordmarke** gekennzeichnet, die für Sommer und Winter, für Frisch- und Seewasser sowie mitunter für bestimmte Fahrtgebiete (Tropen, Nordatlantik u. a.) verschiedene Tiefgangsmarken umfaßt. Der F. wird nur bei Seefracht- und -fahrgastschiffen vermessen; seine Größe ist für die Seetüchtigkeit des Schiffes mit maßgebend. (Abb.)

freie Achse, die durch den Schwerpunkt eines Körpers gehende → Hauptachse.

Freifallhammer, ein → Maschinenhammer.

Freiformschmieden, eine Verfahrensgruppe des → Massivumformens. Dabei wird meist durch kombiniertes Stauchen, Strecken und Breiten (s. u.) mit einfach gestalteten Werkzeugen, die keine vollständige Gegenform des Werkstückes enthalten, ein auf Schmiedetemperatur erwärmtes Werkstück durch abgestimmte Bewegungen zwischen Werkzeug und Werkstück geformt. Kurze Werkstücke werden vom Schmied in einer Zange gehalten. Das F. kommt besonders im Handwerk zur Fertigung von Teilen geringer Stückzahl zur Anwendung. Beim industriellen F. mit → Maschinenhämmern werden überwiegend Massenverteilungen und Querschnittsvorbildung an Werkstücken für anschließendes Gesenkschmieden vorgenommen.

Stauchen (Tafel 28) ist Höhenverminderung ($h_1/h_0 < 1$) eines Körpers bei gleichzeitiger Zunahme der Dicke ($d_1/d_0 > 1$). Der Werkstoff kann beim freien Stauchen in Richtung der freien Begrenzungsflächen des Körpers fließen. Ein besonderes Verfahren ist das → Elektrostauchen. **Streckschmieden** ist mehrfaches Stauchen mit Vorschub in Richtung der Werkstückachse. **Breitschmieden** ist Streckschmieden mit Vorschub quer zur Werkstückachse. (Abb.)

Neben Stauchen, Streck- und Breitschmieden werden beim F. weitere Umform- und Trennverfahren angewendet, z. B. Biegen, Absetzen, Lochen bzw. Spalten und Abschroten.

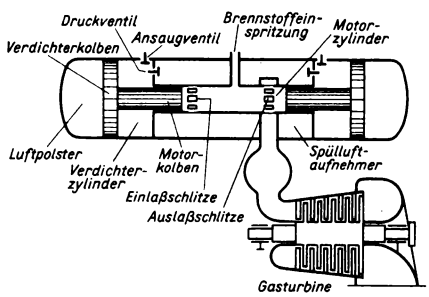
Gegensatz: → Gesenkschmieden.

Lit. Ens: Industrie-Freiformschmieden (Berlin 1954).

Freiheitsgrad, 1) **F. der Elementenpaare,** Zeichen f, die Zahl der Bestimmungsstücke, die notwendig sind, um die Bewegungsmöglichkeiten eines starren Körpers eindeutig festzulegen. Maximal hat ein freier starrer Körper f = 6 (3 Schiebungen entlang der Koordinatenachsen, 3 Drehungen um 3 zueinander senkrecht stehende Achsen). Durch verschiedene konstruktive Gestaltung der Gelenke werden die möglichen Bewegungen der Elemente beschränkt. So hat z. B. das Zylinderpaar f = 2, das Kugelgelenk f = 3.

2) **F. der Getriebe,** Zeichen F, die Anzahl der Antriebe eines Getriebes, die notwendig ist, um Zwanglauf zu erzielen. F = 1 bedeutet einen Antrieb, F = 2 erfordert zwei unabhängig voneinander wirkende Antriebe. Der Antrieb kann durch Kurbeln erfolgen. Es sind auch zwei verschiedene Momente oder Kräfte für F = 2 möglich. Der F. ist allgemein nur abhängig von der Anzahl der Glieder und von Anzahl und Art der Elementenpaare (Gelenkfreiheitsgrad bei räumlichen Getrieben berücksichtigen), selten von den Getriebeabmessungen.

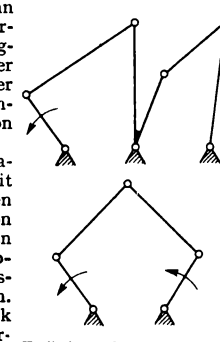
Freikolbenmaschine, eine Wärmekraftmaschine, im Prinzip ein Zweitaktdieselmotor mit gegenläufigen freifliegenden Kolben. F.n werden als **Freikolbenverdichter** zur Erzeugung von Druckluft für Druckluftanlagen (bis zu Drücken von einigen hundert at) und als **Freikolbentreibgaserzeuger** gebaut, die in Verbindung mit Gasturbinen zur Krafterzeugung eingesetzt werden. Wie im Zweitaktdieselmotor wird durch stark verdichtete und damit erhitzte Luft im Motorzylinder der Brennstoff entzündet und verbrannt. Als Brennstoff wird Dieselöl oder schweres Heizöl verwendet. Die Motorkolben werden durch die Verbrennungsgase in die äußere Totlage gedrückt und durch die in Luftpolstern der Pufferräume gespeicherte Energie wieder bis zur inneren Totlage zurückgeworfen. Der Gleichlauf der Kolben wird über ein Synchronisiergestänge herbeigeführt. Durch die Bewegung der Kolben wird in einem Verdichterzylinder die angesaugte Luft verdichtet. Beim Freikolbenverdichter gelangt nur ein Teil dieser so erzeugten Druckluft in den Motorzylinder, der Hauptteil steht als Nutzluft für Druckluftanlagen zur Verfügung. Beim Treibgaserzeuger wird die gesamte verdichtete Luft in den Motorzylinder gedrückt. Während sich aber beim Freikolbenverdichter die Verbrennungsgase im Motorzylinder bis auf Atmosphärendruck entspannen, entspannen sie sich beim Treibgaserzeuger bis auf einen Druck von 3 bis 6 at mit einer Endtemperatur von 420 bis 500 °C. Diese in den Verbrennungsgasen noch enthaltene kinetische und thermische Energie wird über eine Gasturbine in mechanische Energie umgewandelt. Durch den vollkommenen Massenausgleich und das Fehlen aller äußeren Kräfte laufen F.n erschütterungsfrei und benötigen keine besondere Fundamentierung.



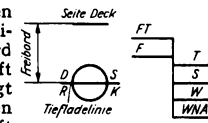
Freikolbentreibgaserzeuger mit Gasturbine

Freilauf, eine Vorrichtung, die eine treibende Welle von einer angetriebenen trennt, wenn keine oder negative Drehmomente auftreten, d. h., wenn die angetriebene Welle schneller läuft als die treibende. Das Drehmoment kann nur in einer Richtung übertragen werden. Der F. wird z. B. beim → Fahrrad und → Kraftwagen verwendet.

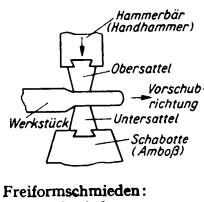
Freileitung, oberirdisch geführte Leitungsdrähte zur Übertragung elektrischer Energie in



Freiheitsgrad F: oben 6gliedriges Kurbelgetriebe (F = 1), unten 5gliedriges Zweikurbelgetriebe (F = 2)



Freibordmarke eines von der Deutschen Schiffs-Revision und -Klassifikation der DDR (DSRK) klassifizierten Schiffes für Große Fahrt. *FT* = Tiefgangsmarke für Fahrt in Tropenflüssen, *F* = für Fahrt in Frischwasser, *T* = für Fahrt in den Tropen, *S* = für Sommerfahrt in Seewasser, *W* = für Winterfahrt in Seewasser, *WNA* = für Winterfahrt im Nordatlantik



Freiformschmieden: Streckschmieden

der Starkstrom- und Schwachstromtechnik. Die F. war früher die einzige Form elektrischer Außenleitungen; sie wird heute teilweise durch → Kabel verdrängt. Die F. hat gegenüber dem Kabel den Vorteil der geringeren Verlegungskosten, aber den Nachteil starker Witterungsabhängigkeit der Übertragungseigenschaften. Bei der **Starkstromfreileitung** verwendet man meist Drähte oder Seile aus Kupfer oder Aluminium, die man zur Erhöhung der Festigkeit oft mit Stahlseele versieht. Bei sehr hohen Spannungen, 220 kV (Kilovolt) und höher, und den üblichen Leitungsdurchmessern treten Glimmerscheinungen und damit Koronaverluste (→ Büschelentladung) auf, weshalb man in diesen Fällen meist → Hohlseile verwendet. Die Fernübertragung elektrischer Energie sehr hoher Spannung, ab 100 kV, geschieht heute noch fast ausschließlich durch F.en. Die **Schwachstromfreileitung** ist vor allem in der drahtgebundenen Nachrichtentechnik üblich; die Leitungsdrähte bestehen aus blankem Kupfer- oder Bronzedraht. In der Fernsprechtechnik wird sie jedoch immer mehr durch Orts- und Fernkabel verdrängt, obgleich die F. eine geringere Dämpfung aufweist als jene. Dagegen benutzt man neuerdings bei Trägerfrequenzverbindungen (→ Trägerfrequenztechnik) wieder in stärkerem Maße F.en. Als Träger der F.en dienen Masten aus Stahl, Stahlbeton oder Holz. Die Leitungen werden mit Hilfe von Isolatoren an den Masten befestigt. Die zu übertragende Stromstärke und Spannung sowie der zulässige Durchhang bestimmen Abmessungen und Material der Masten (z. B. Stahlgittermasten für höchste Spannungen und Spannweiten).

Freiluftschaltanlage (Tafel 38), bei Umspann- oder Kraftwerken, Bezeichnung für Sammelschienen, Schalt- und Meßgeräte, die wetterfest ausgeführt und im Freien aufgestellt sind. Die dadurch entstehenden Mehrkosten gegenüber Gebäudeschaltanlagen werden durch Ersparnisse an Baukosten wieder ausgeglichen. Vorteile: Umbauten und Erweiterungen sind leichter durchführbar. Es besteht gute Übersichtlichkeit. Die Brandgefahr ist gering. Nachteile: Da größere Leitungsabstände einzuhalten sind, ist der Flächenbedarf einer F. größer als der einer umbauten Schaltanlage. Die Überholungsarbeiten sind bei kaltem und schlechtem Wetter erschwert. Bei industrienahem Standort müssen aufwendige Maßnahmen zur Vermeidung von Störung durch Verschmutzung getroffen werden.

Freivorbau (Tafel 43), ein Bauverfahren ohne Gerüste bei weitgespannten Tragwerken, besonders im Brückenbau (→ Brücke). Fachwerkstäbe oder größere vorgefertigte Tragwerksteile aus Stahl oder Stahlbeton werden, ausgehend von Pfeilern oder anderen festen Unterstützungen, meist mittels eines Freivorbaukrans an die bereits montierten und frei auskragenden Teile vor Kopf angebaut, bis die erforderliche Länge erreicht oder die Brückenöffnung geschlossen ist. Ähnlich kann Frischbeton abschnittsweise in eine vor Kopf an einem Freivorbauwagen hängende Schalung eingebracht und nach kurzer Erhärtungszeit mittels Spannstäben an den vorhergehenden Abschnitt angedrückt werden. Der F. wird z. B. dann angewendet, wenn ein hoher Aufwand für Baugerüste oder eine gegenseitige Behinderung zwischen Bauausführung einerseits und Verkehrsprozessen, Hochwasserabfluß und Eisgang andererseits vermieden werden soll.

Fremdleitung, → Halbleiter.

Fremdspannungsabstand, → Geräuschspannungsabstand.

Freon, Wz., ein → Kältemittel.

Frequenz, Zeichen f, die Anzahl der Schwingungen je Sekunde einer zeitlich sinusförmig verlaufenden Schwingung. Einheit der F. ist das Hertz (Kurzz. Hz), in England cycle per second (Kurzz. c, cps oder c/s); 1 Hz = 1 c/s = 1 Periode je Sekunde.

Schwingungen mit beliebigem Zeitverlauf lassen sich als Überlagerung endlich oder unendlich vieler Teilschwingungen mit sinusförmigem Zeitverlauf darstellen. Bei Schwingungsvorgängen, die sich wellenförmig ausbreiten, besteht zwischen F. f, Wellenlänge λ und Ausbreitungsgeschwindigkeit c die Beziehung $f \cdot \lambda = c$. Da der genutzte Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen sehr groß ist (von tiefsten F.en bis etwa 10^{12} Hz), wurde er in genau bezeichnete Teilbereiche unterteilt. (Tab.)

Neben dieser Einteilung ist noch die Bezeichnung **Hochfrequenz,** abg. **HF,** für alle elektromagnetischen Schwingungen und Wellen bei F.en über etwa 30 kHz üblich. Bei Schallwellen im Bereich des menschlichen Hörens spricht man vom **Hörfrequenzbereich (Tonfrequenz).**

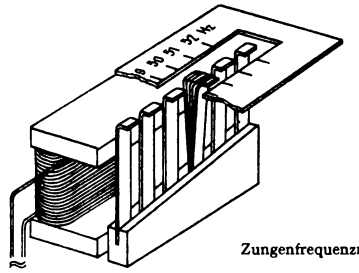
Frequenzmesser, ein elektrisches Meßinstrument oder Meßgerät zum Messen der Frequenz von Wechselströmen. Man unterscheidet zwischen Zungenfrequenzmesser, Zeigerfrequenzmesser und Präzisionsfrequenzmesser. Beim **Zungenfrequenzmesser** bringt ein durch einen Elektromagneten hervorgerufenes Wechselfeld eine Reihe von Stahlzungen verschiedener Eigenfrequenz in Schwingungen. Stimmt die Eigenfrequenz einer Stahlzunge mit der Frequenz des Wechselfeldes überein, so entsteht Resonanz. Dabei wird die Schwingungsweite der Stahlzunge so groß, daß sie leicht sichtbar wird und damit die Frequenz des Wechselstromes anzeigt. Hiermit können nur einzelne, durch die Stahlzungen festgelegte Frequenzen ermittelt werden. Mit

Bezeichnungen der Frequenzbereiche elektromagnetischer Schwingungen und Wellen

Frequenz	Wellenlänge	deutsche Bezeichnung	englische Bezeichnung
16 Hz···20 kHz		Tonfrequenz, Niederfrequenz (NF)	
10 kHz···30 kHz	10··· 30 km	Längstwelle* (Lst W)	VLF (Very Low Frequency)
30 kHz···300 kHz	1··· 10 km	Kilometerwelle, Langwelle* (LW)	LF (Low Frequency)
300 kHz···3 MHz	100···1000 m	Hektometerwelle, Mittelwelle* (MW)	MF (Medium Frequency)
3 MHz···30 MHz	10··· 100 m	Dekameterwelle, Kurzwelle* (KW)	HF (High Frequency)
30 MHz···300 MHz	1··· 10 m	Meterwelle, Ultrakurzwelle* (UKW)	VHF (Very High Frequency)
300 MHz···3 GHz	10··· 100 cm	Dezimeterwelle (dmW)	UHF (Ultra High Frequency)
3 GHz···30 GHz	1··· 10 cm	Zentimeterwelle (cm W)	SHF (Super High Frequency)
30 GHz···300 GHz	1··· 10 mm	Millimeterwelle (mm W)	EHF (Extremely High Frequency)

Die mit * gekennzeichneten Begriffe sind im Sprachgebrauch der Funktechnik üblich.

dem **Zeigerfrequenzmesser** ist eine durchgehende Anzeige der Frequenz möglich. In einem Quotientenmesser wird der Strom in einem Ohmschen Widerstand mit dem Strom durch ein frequenzabhängiges Element verglichen, z. B. einen Kondensator. Bei hochfrequenten Strömen verwendet man elektrische Schwingkreise und bei Höchstfrequenzen Lecherleitungen, Topfkreise u. a. als Frequenzmesser. **Präzisionsfrequenzmesser** vergleichen die zu messende Frequenz mit der sehr konstanter Quarzsender.



Zungenfrequenzmesser

Um die Frequenz akustischer Schwingungen festzustellen, werden diese vielfach in elektrische umgewandelt und dann deren Frequenzen gemessen.

Frequenzmodulation, → Modulation.

Frequenzsperre, ein elektrisches Filter, → Sperrkreis, → Filter 2).

Frequenzumformer, ein → Umformer.

Fresnelsche Gürtellinse, Fresnel-Linse, eine nach dem französischen Physiker Fresnel benannte, aus einzelnen Ringen (Zonen) gleicher Brennweite zusammengesetzte Linse von großem Durchmesser. Sie dient zur Erzeugung parallelen (gebündelten) Lichts. Würde man eine große Linse aus einem Stück herstellen, müßte sie in der Mitte sehr dick sein, wodurch sich erhebliche Nachteile ergäben: große Glasmengen, hohe Masse, Gefahr des Zerspringens durch einseitige Erwärmung sowie Abbildungsfehler. F. G.n werden für Scheinwerfer, Bühnenbeleuchtung, Leuchtfeuer u. a. verwendet. (Abb.)

Fresnelscher Spiegelversuch, → Interferenz.

Fri-dohna, Wz., ein → Kältemittel.

Frigen, Wz., ein → Kältemittel.

Frigorimeter, ein Gerät zur Bestimmung der Abkühlungsgröße (→ Abkühlung). Eine Kupferkugel wird elektrisch konstant auf einer Temperatur von 37 °C gehalten und durch Messung des Heizstromes die Abkühlungsgröße ermittelt.

Friktionsräder, svw. → Reibräder.

Frischen, ein Grundprozeß bei der → Stahlerzeugung, das Umwandeln von Roheisen in Stahl durch Entfernung des Kohlenstoffs und der anderen, meist aus den Einsatzstoffen (Roheisen, Schrott) kommenden unerwünschten Begleitelemente (Silizium, Mangan, Phosphor, Schwefel) mittels Oxydation. Die Oxydationsprodukte werden gasförmig (Kohlenmonoxid CO, Kohlendioxid CO_2) abgegeben oder als Oxide, z. B. Siliziumdioxid SiO_2, Phosphorpentoxid P_2O_5, in die Schlacke überführt. Infolge ihrer hohen Affinität zum Sauerstoff werden auch wertvolle Legierungselemente, z. B. Chrom, mit oxydiert (Abbrand).

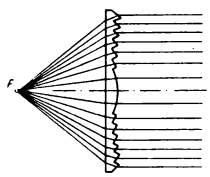
Der zur Oxydation erforderliche Sauerstoff wird der Eisenschmelze mittelbar über den Eisenmonoxidgehalt der Schlacke, über den Rost des Schrotts, den Eisenoxidgehalt (Eisen(III)-oxid Fe_2O_3, Eisen(II, III)-oxid Fe_3O_4) des Frischerzes oder durch oxydierende Flammengase zugeführt. Unmittelbare Zuführung des Oxydationsmittels in gasförmiger Form als Luft oder reiner Sauerstoff (**Sauerstofffrischen**) erfolgt durch Auf- oder Durchblasen (→ Konverter) oder durch Einblasen mittels Lanzen (→ Stahlerzeugung). Zur Verstärkung der Oxydationswirkung der Flammengase beim Siemens-Martin-Verfahren wird oft über die Ofenköpfe der Verbrennungsluft Sauerstoff zugegeben.

Frischluftgerät, → Atemschutzgeräte.

Fritte, ein ungeformtes Erhitzungsprodukt aus Gemischen natürlicher oder künstlicher Grundstoffe, z. B. aus Feldspat, Quarz, Kaolin, Erdalkali- und Alkalikarbonaten, Borax und Mennige. Es entstehen dabei unlösliche Silikate, und zwar je nach Erhitzungsgrad und Charakter der Mischung von locker zusammengebackenen (gesinterten) Produkten bis zu vollkommenen Gläsern. F.n haben industrielle Bedeutung als Flußmittel in Steingutglasuren, Schmelzfarben und Emails.

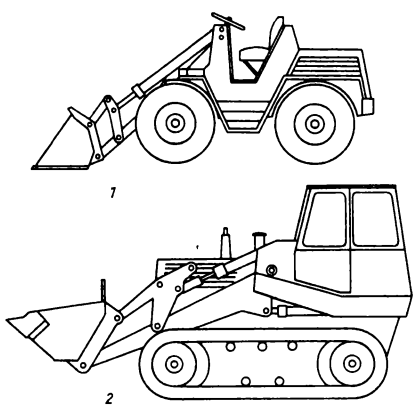
Fritten, → Sintern.

Front, in der Meteorologie die Spurlinie der geneigten Trennungsfläche (Diskontinuitätsfläche) zweier verschieden warmer Luftmassen am Erdboden. Wird eine wärmere Luftmasse von einer kälteren verdrängt, heißt die Spurlinie am Boden **Kaltfront,** gleitet eine wärmere Luftmasse auf eine kältere auf, **Warmfront** (→ Okklusion, → Tiefdruckgebiet). Weder die Front noch die Diskontinuitätsfläche sind Linien oder Flächen im mathematischen Sinne, deswegen wird in Abweichung von der Modellvorstellung auch von Frontbereich, Übergangszone u. dgl. gesprochen. Die F. zeigt sich im Wetterkartenbild besonders durch Temperatur- und Windsprünge.



Fresnelsche Gürtellinse im Schnitt. Die Lichtquelle befindet sich im Brennpunkt *F*

Frontlader, eine → Lademaschine (Schaufellader) zum unstetigen (diskontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. F. sind im allgemeinen Schlepper, und zwar Radschlepper (Radlader) oder Ketten- (Raupen-) schlepper (Raupenlader) oder Planiermaschinen (25 bis 300 PS Motorleistung) mit einem frontseitig angebauten Kübel (Schaufel). Das Aufnehmen des Ladegutes erfolgt durch Vollschürfen des Kübels (der Schaufel), das Entladen durch Kippen des hochgehobenen Kübels. Zu einem Spiel sind zahlreiche Fahrbewegungen (Rückwärtsfahren, Lenken, Vorwärts- und wieder Zurückfahren) erforderlich. Außer einer Schaufel können je nach Verwendungszweck auch andere Anbaugeräte, z. B. Greifer, Gabeln, Zangen, eingesetzt werden.



Frontlader: *1* Radlader, *2* Raupenlader

Abarten des F.s sind → Schwenkschaufellader und → Überkopflader.

Frost, das Absinken der Lufttemperatur unter den Gefrierpunkt des Wassers. Neben dem durch

Zufluß kontinentaler Kaltluft hervorgerufenen **Advektivfrost** gibt es noch außerhalb der eigentlichen Kälteperiode **Nachtfröste, Frühfröste** im Herbst und **Spätfröste** im Frühjahr. **Bodenfrost** ist der F. in Bodennähe, der durch nächtliche Ausstrahlung vom Boden in den Weltenraum entsteht (**Strahlungsfrost,** → Strahlung). In der DDR wird unter leichtem Frost solcher mit Temperaturen zwischen 0 °C bis − 5 °C, mäßigem Frost mit − 5 °C bis − 10 °C, strengem Frost mit − 10 °C bis − 15 °C, sehr strengem Frost mit unter − 15 °C verstanden.

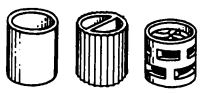
Frostschutzmittel, svw. → Gefrierschutzmittel.

Froudesche Zahl, Zeichen *Fr*, die nach dem englischen Ingenieur Froude benannte Ähnlichkeitszahl, die aus dem Verhältnis von Strömungsgeschwindigkeit v zur Wurzel aus Erdbeschleunigung g mal Bezugslänge l gebildet wird: $Fr = \frac{v}{\sqrt{gl}}$ (Verhältnis der Trägheits- zur Gravitationskraft). Als Bezugslänge l wird bei Rohrleitungen der Rohrdurchmesser d, bei einem offenen Gerinne die Abflußtiefe t gewählt.

Fruchtschiefer, Knotenschiefer, Fleckschiefer, durch Kontaktmetamorphose aus Tonschiefern und Phylliten entstandene Gesteine mit örtlichen Anreicherungen von Mineralneubildungen (Cordierit u. a.).

Fruchtzucker, svw. → D-Fruktose.

Frühlingspunkt, Widderpunkt, der von der Sonne etwa am 21. März erreichte Schnittpunkt zwischen der Ekliptik und dem Himmelsäquator; → Äquinoktium.



1 *2* *3*

4 *5*

Füllkörperformen: *1* und *2* Raschigringe, *3* Pallring, *4* Sattelkörper, *5* Strahlenkörper

D-Fruktose, Fruchtzucker, Lävulose, $C_6H_{12}O_6$, eine Ketohexose (→ Kohlenhydrate). D-F. ist eine weiße, linksdrehende, süßer als Sacharose schmeckende Substanz (F. 105 °C). In vielen Pflanzen, süßen Früchten und im Honig findet sie sich frei oder in Mischung mit Glukose, gebunden ist sie Bestandteil vieler Oligo- und Polysaccharide. Aus Inulin oder Sacharose wird sie technisch hergestellt. Hauptsächlich dient D-F. zum Süßen von Speisen für Zuckerkranke.

FS, Abk. für → Flugsicherung.

F-Schichten, → Ionosphärenschichten.

FSH, Abk. für follikelstimulierendes Hormon, → Hormone.

ft, Kurzz. für → foot.

FTS, Abk. für → Fischer-Tropsch-Synthese.

Fuchs, bei Dampfkesselanlagen der meist gemauerte Kanal, der die Abgase der Feuerung zum Schornstein führt.

Fuchsin, Rosanilin, einer der ersten synthetischen Farbstoffe, ein Derivat des Triphenylmethans. F. bildet grüngelb gefärbte Kristalle, die sich in Wasser und Alkohol mit intensiv roter Farbe lösen. Als Textilfarbstoff ist F. unbedeutend, dagegen in der Papier- und Spielwarenindustrie von Bedeutung.

Fuchsschwanz, → Sägen.

Fugazität [englisch fugacity ‚Flüchtigkeit'], in der physikalischen Chemie ein angenommener Druck, der eingeführt wurde, um die für ideale Gase geltenden thermodynamischen Gesetze auch auf reale Gase anwenden zu können.

Fügen, 1) eine Hauptgruppe der → Fertigungsverfahren zur Gestaltänderung von Werkstücken durch Herstellung kraft-, form- oder stoffschlüssiger Verbindungen. Fügeverfahren sind Schrauben, Keilen, Klemmen, Einpressen, Schrumpfen durch Abkühlen und durch Gefügeändern, Metallschweißen (Schmelzschweißen, Warmpreßschweißen, Kaltpreßschweißen), Plastschweißen, Löten, Kleben, Kitten, Leimen, Nieten, Falzen, Flechten, Binden, Nähen.

Fügemaschinen sind Maschinen zur Durchführung von Fügeverfahren, z. B. Punktschweißmaschinen, Nietpressen, Falzmaschinen, Nähmaschinen, automatische Fügemaschinen zur Montage von Wälzlagern.

Lit. Nowikow: Technologie der Montage von Maschinen, Motoren u. Getrieben (dtsch Leipzig 1959); Informationsdienst F. — Montage (Schriftenreihe ZIF Karl-Marx-Stadt).

2) → Hobeln 1).

Fugenhobeln, → Schneiden.

Führerstandssignale, Nachbildungen der Strecken- und Bahnhofssignale (Vor- und Hauptsignale) auf dem Führerstand der Lokomotive. F. sind im allgemeinen Lichtsignale, die entsprechend den Signalbildern der Streckensignale aufleuchten. Die Anlagen der F. arbeiten meist mit linienförmiger → Zugbeeinflussung.

Führungsgröße, eine vorgegebene Größe, der die durch Steuerung oder Regelung beeinflußten Größen, die gesteuerten oder geregelten Größen (→ Regelgröße), ständig folgen oder angeglichen werden sollen. Die F.n einer Steuerung oder Regelung werden durch diese Vorgänge selbst nicht beeinflußt. Bei einer Regelung wird die F. mit der Regelgröße verglichen. Die Differenz beider Größen, die → Regelabweichung, wird im → Vergleichsglied ermittelt. Die F. kann vom Menschen auf Grund der Aufgabenstellung eingestellt oder durch ein übergeordnetes Gerät, z. B. einen Prozeßrechner, vorgegeben werden. Der Wert einer konstanten F. wird *Sollwert* genannt.

Führungssteuerung, → Steuerung.

Fullererde, → Bentonit.

Füllkörper, kleine Körper bestimmter geometrischer Gestalt, die in der chemischen Industrie zur Oberflächenvergrößerung dienen, um Reaktionen oder Stoffaustausch und Wärmeübertragung zwischen Gasen und Flüssigkeiten zu beschleunigen. Es gibt F. der verschiedenartigsten Formen, z. B. glatte Rohrstücke, deren Höhe gleich dem Durchmesser ist (Raschig- und Pallringe), Sattelkörper, Strahlenkörper, Kugeln. Materialien für F. sind Steinzeug, Porzellan, Glas, Plaste, Metalle, Drahtgewebe. F. werden besonders bei Absorptions- und Desorptionsprozessen, bei der Rektifikation und Extraktion verwendet. Man füllt sie entweder in große Behälter, z. B. bei der Essigherstellung oder der Abwasserreinigung, oder in Kolonnen. Die Höhe einer Füllkörperschicht, die einer Anreicherung von einer theoretischen Konzentrationsstufe entspricht, wird mit *äquivalenter Füllkörperhöhe* oder auch mit *HETP-Wert* bezeichnet (Abk. von englisch *h*eight *e*quivalent to a *t*heoretical *p*late). Dieser Begriff erlaubt den Vergleich von Füllkörperkolonnen mit Bodenkolonnen. Ein ideal arbeitender (theoretischer) Boden arbeitet so, daß die den Boden verlassenden Stoffströme miteinander im Gleichgewicht stehen. Demzufolge wird eine Füllkörperschicht, die es erlaubt, dieses Gleichgewicht ebenfalls zu erreichen, mit äquivalenter Füllkörperhöhe bezeichnet. (Abb.)

Füllmaschinen, → Verpackungsmaschinen.

Füllmaterial, svw. → Blindmaterial.

Füllmittel, svw. → Füllstoffe 2).

Füllort *n*, im Bergbau die großräumige, fest ausgebaute Erweiterung des Hauptquerschlags oder einer Hauptförderstrecke am Schacht. Es ist der Schnittpunkt zwischen Strecken- und Schachtförderung.

Füllstoffe, 1) **Flude,** Sammelbegriff für alle gasförmigen und flüssigen Stoffe, aber auch für staubige, körnige und plastische Stoffe, die nur Druck übertragen können. **Füllstoffgetriebe** oder **Druckmittelgetriebe** (Fludgetriebe) sind alle Getriebe, bei denen ein Füllstoff als Getriebeglied (Druckmittelglied) wirkt, z. B. Förderschnecke, Kapselwerke. Gegensatz: → Hüllstoffe.

2) **Füllmittel,** Hilfsstoffe, die Werkstoffen bei der Verarbeitung zugesetzt werden, um bestimmte

Eigenschaften zu erreichen. Einem Papierstoffbrei werden (bis zu 25 % der absoluten Trockenmasse) vor allem Blanc fixe (Bariumsulfat), Titanweiß, Kaolin und Annaline (Gips) zugemischt, um die Transparenz zu vermindern (z. B. bei Dünndruckpapier) sowie den Weißheitsgrad und die Bedruckbarkeit zu erhöhen. Die genannten Stoffe können auch mit Kasein, Plasten, Wasser u. a. zu einer lockeren Paste verarbeitet und in dieser Form auf Rohpapier aufgestrichen werden (Streichpapier). Plastrohstoffen werden z. B. Holz- oder Gesteinsmehl, Zellstoff- oder Textilschnitzel (z. B. Linters), Glasfasern oder -pulver in fester, flüssiger oder dispergierter Form zugesetzt. Bei der Furnierherstellung wird dem Leim z. B. Kreide, Holzmehl oder pulverisiertes Kunstharz beigemischt, um sein Durchschlagen (Sichtbarwerden auf der furnierten Fläche) zu verhindern.

Fulminate, Salze der → Knallsäure.

Fulminsäure, svw. → Knallsäure.

Fumarole, eine → Exhalation.

Fumarsäure, das Transisomere der → Maleinsäure.

Fundament, der unterste Teil eines Bauwerkes oder der Unterbau von Maschinen, der die Lasten auf den tragfähigen Boden überträgt. Über die Ausführung → Gründung.

fündig, im Bergbau Bezeichnung für eine Bohrung oder eine andere Schürfarbeit, wenn sie auf einen nutzbaren Rohstoff trifft.

Fünfeck, Pentagon, ein fünfseitiges → Vieleck. Beim regelmäßigen F. sind alle Seiten gleich lang, und jeder Innenwinkel beträgt 108°. (Abb.)

Fünfschrittalphabet, ein Telegrafenalphabet, → Telegrafie.

Fungizide, chemische Mittel zur Bekämpfung von pilzparasitären Pflanzenkrankheiten, wobei zwischen Beizmitteln und pilztötenden Präparaten im engeren Sinne unterschieden wird. Wichtige F. sind z. B. Thiuram (Tetramethyl-thiuramdisulfid), Zineb (Zinkäthylen-1,2-bis-dithiokarbamat) und Captan (N-Trichlormethylthiotetrahydrophthalimid).

Funkbake, svw. → Funkfeuer.

Funkeleffekt, Bezeichnung für die beim Austritt von Elektronen aus einer Oxidkatode auftretenden Schwankungen. Der F. ist eine der Ursachen des Rauschens am Empfängerausgang.

Funkelfeuer, ein → Leuchtfeuer.

Funkenentladung, eine → Gasentladung.

Funkenerodieren, → Elektroerodieren.

Funkeninduktor, Induktor, ein Gerät zum Erzeugen hoher Spannungen. Der F. besteht aus einem Transformator, dem über die Primärwicklung ein zerhackter Gleichstrom zugeführt wird. Die Sekundärspannung des F.s ist um so größer, je größer das Übersetzungsverhältnis des Transformators ist. Der F. diente früher zur Erzeugung hoher Spannungen.

Funkensender, älteste Vorrichtung zur Erzeugung hochfrequenter Schwingungen. Durch eine Funkenstrecke, z. B. Löschfunkenstrecke oder rotierende Funkenstrecke, werden in einem Schwingkreis gedämpfte hochfrequente Schwingungen hervorgerufen, die dann mittels einer Antenne ausgestrahlt werden. Wegen der beträchtlichen Störungen anderer Funkdienste werden F. heute nicht mehr verwendet; sie dienten H. Hertz für seine grundlegenden Versuche.

Funkenstrecke, → Gasentladung.

Funkenzähler, ein → Strahlungsdetektor. Zwischen zwei ebenen Plattenelektroden, die sich im Abstand von einigen Millimetern gegenüberstehen und in einem Gasdampfgemisch befinden, liegt eine Spannung von einigen Kilovolt. Durchfliegt ein geladenes Teilchen den Raum zwischen den Platten, so wird an dieser Stelle eine Entladung ausgelöst, die als Funkenkanal sichtbar wird. Der F. kann deshalb auch zur Bahnbestimmung benutzt werden. Er hat extrem kleine Impulsanstiegs- und Impulsverzögerungszeiten (einige 10^{-9} s).

Funkfernsteuerung, Bezeichnung für → Fernsteuerung bestimmter Vorgänge durch drahtlose Übertragung von Steuerkommandos bei bewegten oder festen Objekten. Als Übertragungsart wird vorwiegend Impulsmodulation verwendet. Der zum Objekt gehörige Empfänger liefert am Ausgang die erforderlichen Steuerspannungen. Die moderne Technik auf militärischem Sektor bedient sich weitgehend der F., z. B. für Raketen, Flugzeuge, Schiffe, Landfahrzeuge. Im zivilen Sektor ist die Anwendung der F. für Modelle, z. B. Flug- oder Schiffsmodelle, bekannt.

In neuerer Zeit wird die F. in steigendem Maße auch für industrielle Zwecke eingesetzt, z. B. bei Kranen (Tafel 46). Der Kranführer, der sich frei in der Nähe des zu hebenden Gutes bewegen kann, trägt einen kleinen Kommandogeber mit nachgeschaltetem UKW-Sender. Im einfachsten Fall entspricht jedem Befehl (Heben, Senken, Schwenken nach rechts, Schwenken nach links usw.) eine Tonfrequenz, die dem UKW-Sender aufmoduliert wird und in dem auf dem Kran befindlichen Empfänger nach Demodulation ein frequenzselektives Relais zum Ansprechen bringt, das die befohlene Handlung auslöst. Durch Frequenzkombination ist eine erhöhte Sicherheit gegen Störungen möglich; es sind z. B. 2 Frequenzen aus 5 möglichen für jeden Einzelfall auszusenden, um die Handlung auszulösen. Damit steigt gleichzeitig die Zahl der übertragbaren Befehle, im angegebenen Fall von 5 auf 10.

Funkfeuer, Funkbake, eine Sendeanlage zur Ortung, insbesondere als Navigationshilfe in der Luft- und Seefahrt. In der Luftfahrt werden verwendet: Ungerichtete F., Markierungsfunkfeuer (Einflugzeichen, Fächerfunkfeuer, Z-Funkfeuer), Kursfunkfeuer (Zwei-, Vierkursfunkfeuer, UKW-Vierkursfunkfeuer), Drehfunkfeuer, Landekursfunkfeuer und Gleitwegfunkfeuer der Instrumenten-Landesysteme, Anflugfunkfeuer als Ablaufpunkt für den Beginn des Landeanfluges, Platzfunkfeuer als Anflughilfe für den vereinfachten Anflug mit Funkkompaß und Wartefunkfeuer zur Festlegung der Warteschleifen. Weiteres → Funkortung I 1), → Anflug- und Landesysteme.

In der Seefahrt dient das F. zur Kennzeichnung der Fahrrinne in Hafeneinfahrten sowie als Rundstrahl-F. in Küstenstationen und auf Feuerschiffen zur → Funkpeilung.

Funkkompaß, ein automatischer → Funkpeiler.

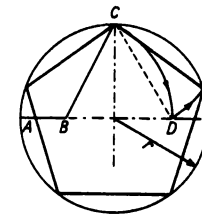
Funkmeßgerät, veraltete Bezeichnung für Radargerät, → Radar.

Funkmeßtechnik, veraltete Bezeichnung für → Radar.

Funknavigation, die Führung eines Fahrzeuges von einem Ort zu einem Zielort bei meist vorgegebenem Weg und vorgegebener Zeit (→ Navigation) mit funktechnischen Mitteln. Das setzt voraus, daß der Zielort und der augenblickliche Standort bekannt sind.

Eine notwendige Voraussetzung für die F. ist deshalb die → Funkortung. In der Luftfahrt ist ebenso wie die Ortung auch die Navigation im allgemeinen zweidimensional, bezieht also die Höhe nicht ein. Eine Ausnahme bildet auch hier der Landeanflug.

Die in der Luft- und Seefahrt angewendeten Systeme der F. arbeiten mit sehr unterschiedlichen Mitteln. Für die Auswahl sind neben der Art des Fahrzeuges die Geschwindigkeit, das Verkehrsgebiet, die Verkehrsdichte, die Streckenlänge, die Wetterbedingungen und ökonomische Gesichtspunkte maßgebend. Die Funknavigationssysteme können in drei Gruppen eingeteilt werden, die durch die Art der angewendeten Mittel gekennzeichnet sind. Man unterscheidet 1) Navigation mit Hilfe fester Funkanlagen



Regelmäßiges Fünfeck, einem Kreis einbeschrieben; $\overline{AB} = \frac{1}{2}r$, $\overline{BC} = \overline{BD}$, $\overline{CD} = \overline{CE}$ = Seite des Fünfecks

(Boden- bzw. Küstenstationen): mit diskontinuierlichen Einzelortungen, mit kontinuierlicher Instrumentenanzeige und mit kontinuierlicher Anzeige auf → Flugwegschreiber; 2) Navigation mit Hilfe funktechnischer Strahlungsquellen, die sich nicht am Boden befinden: Radiosterne, künstliche Erdsatelliten; 3) Navigation mit Koppelverfahren: Klassisches Koppelverfahren (manuell), automatisches Koppelverfahren, Doppler-Navigation, → Trägheitsnavigation (selbständig und in Verbindung mit anderen Verfahren). Weiteres → Koppelnavigation, → Funkortung.

Funkortung (Tafel 49), die Bestimmung des augenblicklichen Standortes eines Objektes in der Ebene bzw. im Raum (→ Ortung) mit funktechnischen Mitteln. Die F. ist eine notwendige Voraussetzung für die → Funknavigation.

In der Seefahrt bezieht sich die Ortung grundsätzlich auf die Ebene, aber auch in der Luftfahrt wird im allgemeinen bei der Ortung die Höhe nicht berücksichtigt, d. h., die Standortbestimmung erfolgt wie in der Ebene. Entfernungen sind deshalb bei der Ortung in der Luftfahrt Schrägentfernungen zwischen einem in einer bestimmten Höhe befindlichen Luftfahrzeug und einer Bodenstelle. Der ermittelte Standort des Luftfahrzeuges wird jedoch so angegeben, als wäre die Messung auf der Erdoberfläche vorgenommen worden. Der dadurch entstehende Fehler ist bei den in der Praxis vorkommenden Fällen meist klein und zu vernachlässigen. Die Bestimmung der Flughöhe geschieht getrennt von der übrigen Ortungsaufgabe, und zwar an Bord des Luftfahrzeuges mit dem barometrischen oder elektrischen → Höhenmesser. Eine Ausnahme bildet der Landeanflug, bei dem eine echte dreidimensionale Ortung durchgeführt wird (→ Anflug- und Landesysteme).

Die in der Luft- und Seefahrt verwendeten Systeme der F. liefern Standlinien oder Standorte in einer Ebene. Der Standort ist stets der Schnittpunkt von zwei gleichen oder zwei verschiedenen Standlinien.

Die Funkortungssysteme können nach fünf verschiedenen Merkmalen klassifiziert werden. Die Klassifizierung kann erfolgen nach der Art der Standlinie: Gerade, Kreis, Hyperbel, Ellipse (letztere bisher technisch nicht angewendet) sowie Kombinationen; nach der Abhängigkeit von festen Bodenstationen (gilt nur für Eigenortung): bodenabhängige Systeme, bodenunabhängige (bordautonome) Systeme, Hybridsysteme; nach der Zusammenarbeit (gilt allgemein): kooperative Systeme und autonome Systeme; nach der Ortungsreichweite: kleine Entfernungen bis etwa 250 km, mittlere Entfernungen bis etwa 1000 km, große Entfernungen von mehr als 1000 km; nach dem Einsatzbereich (gilt nur für die Luftfahrt): Systeme für Streckennavigation, für Landenavigation und für Verkehrskontrolle.

1) **Kooperative Funkortungsverfahren für die Streckennavigation.** Die folgende Gliederung geht von der Art der Standlinie aus.

1) Standlinie Gerade. Das Prinzip dieser Verfahren ist die Bestimmung der Richtung in der Ebene, d. h. des Azimuts. Eine Richtungsbestimmung mit funktechnischen Mitteln läßt sich sowohl mit Richtempfangs- als auch mit Richtsendeverfahren durchführen.

Richtempfangsverfahren wenden Empfangseinrichtungen an, die eine Richtwirkung besitzen; sie umfassen alle Verfahren der → Funkpeilung. Als anzupeilender Sender eignet sich jeder Sender, der eine Rundstrahlung aufweist. Für die Eigenpeilung müssen die Standorte der Sender bekannt sein. Es ist im Prinzip möglich, für die Eigenpeilung Rundfunksender zu benutzen. Da aber diese Sender nicht immer an passenden Orten stehen und nicht zu allen Zeiten senden, werden an geeigneten Orten → Funkfeuer aufgestellt. Wegen ihrer Rundstrahlung werden sie als ungerichtete Funkfeuer oder **NDB** (Abk. für englisch **N**on **D**irectional **B**eacon) bezeichnet. Für die Luftfahrt arbeiten die Funkfeuer im Frequenzbereich von 255 bis 415 kHz mit einer Leistung von 100 bis 300 W, für die Seefahrt liegen die Frequenzen im Bereich von 285 bis 315 kHz, die Leistungen bei 10 bis 100 W.

Richtsendeverfahren beruhen auf der Ausstrahlung der Welle durch den Sender mit ganz bestimmter Richtwirkung. Die Richtwirkung wird durch entsprechend geeignete Antennenanlagen des Senders erzielt. Die Empfangsanlagen besitzen Antennen, die keine Richtwirkung aufweisen. Je nach Ausführungsart liefern die nach dem Richtsendeverfahren arbeitenden Anlagen entweder eine Richtung (z. B. Markierungsfunkfeuer) oder zwei bzw. vier Richtungen (z. B. Kursfunkfeuer) oder aber jede beliebige Richtung in der Ebene innerhalb des Umkreises von 360° (z. B. Drehfunkfeuer).

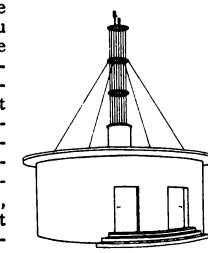
a) *Markierungsfunkfeuer* sind kleine, zur Navigation in der Luftfahrt bestimmte Sender, die einheitlich auf der Frequenz 75 MHz arbeiten und ihre hochfrequente Energie senkrecht nach oben strahlen. Bei Überfliegen eines Markierungsfunkfeuers spricht der Bordempfänger an, und eine Signallampe leuchtet auf. Damit ist es möglich, bestimmte Punkte auf dem Flugweg zu markieren. Bei Markierungsfunkfeuern unterscheidet man Z-Funkfeuer (englisch Zero ‚Null') zur Kennzeichnung des Standortes von Vierkursfunkfeuern, Fächerfunkfeuer zur Kennzeichnung von Luftstraßenkreuzungen sowie Pflichtmeldepunkten in Luftstraßen und Einflugzeichen (abg. **EZ**) in Instrumenten-Lande-Systemen (→ Anflug- und Landesysteme), um bestimmte Entfernungen bis zur Landebahnschwelle anzugeben.

b) *Kursfunkfeuer* sind Richtsendeanlagen, die einzelne und konstante, zur Kursführung in der Luft- und Seefahrt dienende Leitstrahlen erzeugen. Die Abstrahlung der Sendeleistung erfolgt mit Rahmenantennen oder mit paarweise angeordneten Stabantennen. Die Einspeisung der Antennen erfolgt dabei entweder mit periodischer Umtastung eines unmodulierten Trägers oder mit unterschiedlich moduliertem Träger, z. B. mit zwei verschiedenen Modulationsfrequenzen. Der Leitstrahl ist durch die Gleichheit der Amplituden der getasteten Trägerschwingung oder der Amplituden der beiden Modulationsspannungen gegeben; er stellt einen Kurs dar, den das Luftfahrzeug oder Schiff leicht einhalten kann. In der Praxis gibt es Zwei- und Vierkursfunkfeuer. *Vierkursfunkfeuer*, auch als **RNG** bezeichnet (Abk. für englisch **R**adio **R**anges), die im Frequenzbereich von 200 bis 400 kHz arbeiten, werden zur Kennzeichnung von Luftstraßenkreuzungen und -verzweigungen verwendet. Der Empfang dieser Vierkursfunkfeuer kann mit jedem beliebigen in diesem Frequenzgebiet arbeitenden Funkempfänger erfolgen. Die Doppeldeutigkeit der Leitstrahlen dieses Vierkursfunkfeuers und der Mangel an Frequenzen im Mittelwellenbereich führte zur Entwicklung der *UKW-Vierkursfunkfeuer*. Im Gegensatz zum Mittelwellen-Vierkursfunkfeuer sind die 4 Kurse paarweise durch Sichtanzeige und akustische Indikation zu unterscheiden, so daß eine Quadrantenkennung besteht und die Doppeldeutigkeit aufgehoben ist. Man bezeichnet diese Funkfeuer deshalb auch als **VAR** (Abk. für englisch **V**isual and **A**ural **R**anges ‚Kursfunkfeuer mit Sicht- und Höranzeige'). *Zweikursfunkfeuer* für die Seefahrt, die im Frequenzbereich von 300 kHz arbeiten und sehr schmale Leitstrahlen besitzen, sind speziell an Hafeneinfahrten aufgestellt.

c) *Drehfunkfeuer* ermöglichen die Bestimmung des Azimutes eines Luftfahrzeuges oder eines

Schiffes zum Funkfeuer in jeder beliebigen Richtung. Charakteristisch für ihre Wirkungsweise ist, daß das vom Funkfeuer erzeugte Strahlungsdiagramm nicht fest steht, sondern sich dreht. Die Drehung kann rein mechanisch durch Rotation der Antenne oder elektrisch durch Schwenkung des Strahls erfolgen. Zum Empfang der Signale dient ein Empfänger ohne Richtantenne. Im internationalen Maßstab werden zwei in ihrer Konzeption und im Gebrauch unterschiedliche Drehfunkfeuersysteme — VOR und CONSOL — verwendet. Das UKW-Drehfunkfeuer System **VOR** (Abk. für englisch **V**ery **H**igh **F**requency **O**mni **R**ange) ist für die Navigation über kleine Entfernungen (Nahbereich-Navigation) von der ICAO international empfohlen worden. Es arbeitet im Frequenzbereich von 112 bis 118 MHz (Wellenlänge etwa 2,5 bis 2,7 m) und gibt dem Luftfahrzeugführer auf dem Bordanzeigeinstrument die auf Nord bezogene Richtung zum Drehfunkfeuer an. Das Prinzip des Systems beruht auf einer Phasenmessung zwischen einer azimutunabhängigen Bezugsspannung und einer azimutabhängigen Meßspannung. Beide Spannungen haben die gleiche Frequenz von 30 Hz. Damit beide trotz der gleichen Frequenz im Empfänger getrennt werden können, wird mit zwei verschiedenen Modulationen gearbeitet. Der größere Teil der Senderleistung wird dazu mit einem Hilfsträger der Frequenz 9960 Hz in der Amplitude moduliert und dann ohne Richtwirkung ausgestrahlt. Der Hilfsträger ist dabei seinerseits mit der Bezugsspannung der Frequenz 30 Hz frequenzmoduliert. Der übrige Teil der Senderleistung bleibt unmoduliert, wird jedoch mit Richtwirkung ausgestrahlt. Die einseitige Richtcharakteristik, deren Form einer Kardioide gleicht, rotiert mit 30 U/s, z. B. dadurch, daß eine kleine Richtantenne gedreht wird. Die Rotation der Richtcharakteristik bewirkt, daß am Empfangsort eine periodische Schwankung der Amplitude auftritt, d. h., die Empfangsspannung ist in der Amplitude moduliert. Die Modulationsfrequenz ergibt sich aus der Umdrehungszahl der Richtantenne, sie beträgt also 30 Hz. Die Phasenlage dieser Amplitudenmodulation ist abhängig von der Richtung des Empfangsortes zum Drehfunkfeuer, d. h. vom Azimut. Im Empfangsgerät wird erstens die azimutunabhängige 30-Hz-Bezugsspannung gewonnen, die in dem 9960-Hz-Hilfsträger enthalten ist, und zweitens die azimutabhängige 30-Hz-Meßspannung, die sich aus der Amplitudenmodulation ergibt. Mit einem Phasenmesser wird die Phasendifferenz der beiden Spannungen gemessen. Da die Richtantenne des Senders so eingestellt ist, daß die Phasendifferenz für einen Empfangsort nördlich des Drehfunkfeuers gleich Null ist, entspricht die gemessene Phasendifferenz direkt dem Azimut. Die Anzeige erfolgt mit einem Zeigerinstrument. Mit einem weiteren Anzeigeinstrument kann auch beim Flug auf das Drehfunkfeuer zu oder beim Flug von ihm fort die Abweichung von einem mittels Kurswählers vorgewählten Kurs als Links-Rechts-Ausschlag angezeigt werden. Ein zusätzliches, am Kurswähler befindliches kleines Anzeigeinstrument mit der Bezeichnung VON/NACH läßt erkennen, ob der am Kurswähler angezeigte Winkel für den Flug vom Drehfunkfeuer weg oder nach dem Drehfunkfeuer hin gilt. Ist die Empfangsspannung so gering, daß der Phasenmesser nicht mehr sicher arbeitet, erscheint am Anzeigeinstrument ein Warnzeichen. Für die Standortbestimmung sind zwei Standlinien erforderlich, es müssen deshalb zwei Azimute zu zwei VOR-Bodenstationen ermittelt werden. Die handelsüblichen VOR-Bodenanlagen unterscheiden sich je nach Hersteller im wesentlichen durch die Ausführungsart der Antenne. Sehr verbreitet ist die Käfigantenne (Abb. 1). Die Sender haben Leistungen von 50 bis 200 W. Die erzielbaren Reichweiten entsprechen in Annäherung der optischen Sicht zuzüglich eines Prozentsatzes für die Brechung der Welle. Die Reichweite ist somit von der Flughöhe abhängig; sie beträgt bei einer Flughöhe von 300 m etwa 100 km, bei 6000 m etwa 350 km.

Nachteilig ist bei VOR, daß reflektierende Objekte in der Umgebung der Senderantenne zu Interferenzen führen und damit z. T. erhebliche Ortungsfehler verursachen. Mit dem **Doppler-VOR** lassen sich diese Einflüsse erheblich reduzieren. Die Antennenanlage des Senders besteht aus einer Mittelantenne und z. B. 39 Einzelantennen (Tafel 49), die auf einem Kreis angeordnet sind. Der Sender enthält zwei Hochfrequenzgeneratoren, die auf verschiedenen Frequenzen arbeiten. Die Frequenz des Generators, der zur Speisung der Einzelantennen dient, liegt um 9960 Hz oberhalb der Frequenz des Generators für die Speisung der Mittelantenne. Die Einzelantennen werden nacheinander und periodisch gespeist, indem jede Antenne in der Sekunde 30mal an den Generator geschaltet wird. Die elektrische Wirkung ist die gleiche wie bei einer einzigen, jedoch mit 30 Umdrehungen je Sekunde rotierenden Antenne. Diese Rotation entspricht einer Frequenz von 30 Hz. Infolge der Rotation entsteht durch den → Doppler-Effekt eine sinusförmige Frequenzänderung. Die vom Bordempfänger daraus gewonnene 30-Hz-Spannung besitzt wie beim einfachen VOR eine Phasendifferenz, die der Richtung des Empfangsortes zur Bodenstation entspricht. Die für das normale VOR bestimmten Bordempfänger sind ohne Änderung auch zur Aufnahme der Signale des Doppler-VOR geeignet.



1 Stationsgebäude mit Käfigantenne für UKW-Drehfunkfeuer System VOR

Das Lang-Mittelwellen-Drehfunkfeuer System **CONSOL**, das früher die Bezeichnung „Sonne" führte, dient in der Luft- und Seefahrt der Ortung für die Navigation über große Entfernungen, es arbeitet im Frequenzbereich von 200 bis 450 kHz. Sein großer Vorteil liegt darin, daß für eine Standortbestimmung an Bord nur ein einfaches Empfangsgerät und eine Spezialkarte erforderlich sind. Die Ermittlung des Azimuts geschieht durch Abhören einer Punkt- oder Strichfolge und durch Abzählen der Anzahl dieser Punkte bzw. Striche. Punkt- und Strichbereiche sind auf Landkarten aufgedruckt, so daß mit den gezählten Zeichen das dazugehörige Azimut aus der Karte abgelesen werden kann. Die Funktion des Drehfunkfeuers läßt sich in drei Teile gliedern: Erzeugung einer aufgefiederten Richtcharakteristik, periodische Schwenkung der Richtcharakteristik, Zeichengebung. Die aufgefiederte Richtcharakteristik wird durch zwei vertikale Antennen erzeugt, deren Abstand das Drei- bis Sechsfache der Wellenlänge beträgt (etwa 6 km). Diese beiden Antennen sind die Außenantennen der Anlage. Die Charakteristik hat die Form eines Fächers mit 15 bis 20 Strahlungskeulen. Die Einspeisung der Außenantennen erfolgt mit gleicher Amplitude, jedoch mit periodisch, langsam und kontinuierlich von 0 bis 360° sich ändernder Phasendifferenz; dadurch wird eine Schwenkung der Richtcharakteristik bewirkt. Für die Zeichengebung erfolgt zusätzlich im Punkt-Strich-Rhythmus eine Umtastung der Phase, d. h. ein Vorzeichenwechsel in der Einspeisung der beiden Außenantennen. Eine dritte, zwischen den Außenantennen stehende Vertikalantenne wird mit konstanter Amplitude und konstanter Phase gespeist; diese Mittelantenne erzeugt eine konstante Rundstrahlung. Das resultierende Feld setzt sich damit aus dem Feld der Rundstrahlung der Mittelantenne und dem Feld der Richtstrahlung der Außenantennen zusammen. Durch die Umtastung der Phase ergeben sich in einem Ort beliebigen Azimuts nach-

einander zwei Felder unterschiedlicher Größe. In bestimmten Richtungen überwiegt die Intensität während der Punkttastung, in anderen Richtungen dagegen die Intensität während der Strichtastung. Außerdem ergeben sich Richtungen, in denen beide Signale gleich stark sind und sich zu einem Dauerstrich ergänzen. Diese Richtungen sind wegen des steilen Feldstärkeanstiegs sehr gut hörbar, sie stellen die Leitstrahlen dar. Durch die langsame Schwenkung der Richtcharakteristik laufen die mit Punkten und Strichen gekennzeichneten Keulen, die als Sektoren bezeichnet werden, über einen Beobachtungspunkt hinweg. Wird mit der Punkt-Strich-Tastung bei einer bestimmten, bekannten Lage der Charakteristik begonnen, so gibt die Anzahl der über den Beobachtungspunkt hinweglaufenden und hörbaren Punkte bzw. Striche das Azimut des Beobachtungspunktes an. Da infolge der aufgefiederten Richtcharakteristik eine entsprechend große Anzahl von Sektoren mit Punkt- und Strichtastung auftritt, ist das Ergebnis mehrdeutig. Die Mehrdeutigkeit kann z. B. durch Anpeilen der CONSOL-Station aufgelöst werden. Für die Standortbestimmung müssen nacheinander zwei CONSOL-Stationen abgehört werden. Der Schnittpunkt der beiden durch die Azimute gegebenen Standlinien ist der gesuchte Standort. Die ausnutzbare Reichweite einer Station ist sehr unterschiedlich, je nachdem, ob sich die Welle über Land oder über See ausbreitet bzw. ob es Tag oder Nacht ist. Bei Senderleistungen von etwa 5 kW kann mit Reichweiten zwischen 1000 und 2500 km gerechnet werden. CONSOL-Stationen stehen in Europa, der UdSSR und den USA, eine weltweite Überdeckung ist nicht vorhanden.

2) Standlinie Kreis. Das Prinzip dieses Verfahrens besteht darin, mit funktechnischen Mitteln die Entfernung zwischen Fahrzeug und einer festen Station zu messen. Das Meßergebnis sagt aus, daß sich das Fahrzeug auf einem Kreis befinden muß, dessen Mittelpunkt die feste Station und dessen Radius die gemessene Entfernung ist. Dieser Kreis stellt die Standlinie dar. Für eine Standortbestimmung sind zwei Standlinien und daher zwei Entfernungsmessungen erforderlich. Der Schnittpunkt von zwei Standlinien ist der Standort. Da jedoch zwei sich schneidende Kreise zwei Schnittpunkte haben, ist das Ortungsergebnis zweideutig. Es muß daher mit anderen Mitteln festgestellt werden, welcher der beiden Schnittpunkte den tatsächlichen Standort darstellt. In der Praxis reichen meist die vorhergegangenen Ortungsergebnisse aus, um die Eindeutigkeit herzustellen.

Die funktechnischen **Entfernungsmeßsysteme**, auch als **DME** bezeichnet (Abk. für englisch **D**istance **M**easuring **E**quipment), arbeiten, soweit sie für die Ortung in der Luftfahrt über kleinere Entfernungen verwendet werden, mit dem Verfahren der aktiven Rückstrahlung und der Laufzeitmessung. In der technischen Ausführung besteht eine Ähnlichkeit mit dem Sekundär-Radar (→ Radar), jedoch sind die einzelnen Funktionen zwischen Bord und Boden vertauscht. Bei DME ist die Bordseite die abfragende Station (Interrogator), die Bodenstation die antwortende Station (Transponder). Um eine Entfernungsmessung von Bord aus durchführen zu können, sendet die Bordstation Abfrageimpulse auf einer Frequenz, die der betreffenden Bodenstation zugeteilt ist und von ihr somit empfangen wird. Aus den empfangenen Abfrageimpulsen leitet die Bodenstation Antwortimpulse ab und sendet diese auf einer anderen Frequenz. Die Antwortimpulse werden von der Bordstation aufgefangen, dann wird die Zeitdifferenz zwischen dem Senden des Abfrageimpulses und dem Empfang des Antwortimpulses gemessen. Diese Zeitdifferenz ist die Impulslaufzeit, die proportional der Entfernung zwischen Luftfahrzeug und Bodenstation ist. DME-Systeme arbeiten im Frequenzbereich von 960 bis 1215 MHz. Die Reichweite entspricht in Annäherung der optischen Sichtweite. Als selbständige Ortungssysteme werden keine neuen DME-Anlagen mehr aufgebaut, jedoch finden die Entfernungsmeßsysteme in Verbindung mit azimutmessenden Systemen in zunehmendem Maße Anwendung.

3) Standlinien Gerade und Kreis. Jeder Punkt in der Ebene läßt sich in einem Polarkoordinatensystem mit bekanntem Nullpunkt durch Winkel und Entfernung angeben. Da die Entfernung meist mit dem Buchstaben Rho (ϱ) und das Azimut mit Theta (Θ) bezeichnet wird, hat man das Ortungsverfahren nach Polarkoordinaten **Rho-Theta-Verfahren** genannt. In der Luftfahrt sind die zwei verschiedenen, im Prinzip aber sehr ähnlichen Systeme TACAN und VOR-DME in Gebrauch. Das System **TACAN** (Abk. für englisch **Tac**tical **A**ir **N**avigation ‚taktische Luftfahrtnavigation') stützt sich in den Grundprinzipien auf die bei VOR und DME angewandten Verfahren, faßt sie jedoch so zusammen, daß Azimut und Entfernung gleichzeitig und mit einem einzigen Bordgerät gemessen werden können. Während bei VOR der Sender ununterbrochene Hochfrequenzschwingungen ausstrahlt, muß bei TACAN wegen der gleichzeitigen Entfernungsmessung der Sender mit Impulsen arbeiten. Der Frequenzbereich für TACAN ist der gleiche wie für DME (960 bis 1215 MHz). Für die Entfernungsmessung brauchte die Antenne der Bodenstation keine Richtwirkung zu haben; da sie aber gleichzeitig die Aufgaben einer Drehfunkfeuer-Antenne zu erfüllen hat, muß sie eine Richtcharakteristik aufweisen. In Erweiterung des bei VOR angewandten Verfahrens, das als Richtcharakteristik eine Kardioide mit einem Maximum benutzt, ist bei TACAN zur Erhöhung der Azimutgenauigkeit eine Grob- und eine Fein-Richtcharakteristik vorhanden. Die Ortung mit der Grob-Charakteristik entspricht dem VOR-Schema. Die Fein-Charakteristik entsteht, indem der Grob-Charakteristik noch 9 Maxima und 9 Minima im Abstand von 40° überlagert sind. Damit wird der 360°-Meßbereich des Azimuts mit dem Faktor 9 unterteilt und eine höhere Azimutgenauigkeit erzielt. Die nutzbare Reichweite ist durch die quasioptischen Ausbreitungsbedingungen gegeben und beträgt bei einer Flughöhe von 3000 m etwa 200 km. Eine internationale Einführung des kompletten TACAN-Systems für die zivile Luftfahrt ist nicht zu erwarten.

Als Ortungssystem für kleine Entfernungen wurde von der ICAO das System **VOR-DME** empfohlen (ursprünglich **VORTAC** genannt), eine gerätetechnische Kombination von VOR mit dem Entfernungsmeßteil von TACAN.

Der Verbesserung der Ortungs- und Navigationsgenauigkeit soll das in der Projektierung befindliche System **VORDAC** (Abk. für englisch **V**ery **H**igh Frequency **O**mni directional **R**ange **D**istance **A**easuring **E**quipment for **A**rea **C**overage) dienen. Es besteht aus der gerätetechnischen Kombination eines verbesserten Doppler-VOR mit dem Entfernungsmeßteil von TACAN. Das System soll auch eine Datenübertragung ermöglichen, die in erster Linie für die Flugsicherungskontrolle von Bedeutung ist. Für das Fliegen beliebiger Kurse wird ein Analogrechenautomat mit Instrumentenanzeige vorgesehen.

4) Standlinie Hyperbel. Alle Orte, an denen die Differenz der Entfernungen zu zwei festen Punkten gleich ist, liegen auf einer Hyperbel. Dabei können die Differenzen sämtliche Werte von Null bis zum Betrag gleich dem Abstand der beiden festen Punkte annehmen. Es gibt somit theoretisch unendlich viele konfokale Hyperbeln,

die einer symmetrischen Schar angehören, deren Brennpunkte die beiden festen Punkte sind. Stehen an den beiden festen Punkten Sender, die zum gleichen Zeitpunkt je ein Signal senden, so können an Bord eines Fahrzeuges die beiden Signale empfangen werden. Die Zeitdifferenz, mit der die Signale eintreffen, ist proportional der Entfernungsdifferenz. Bei Berücksichtigung der Reihenfolge der beiden Signale gibt es für jeden Zahlenwert der Zeitdifferenz eine ganz bestimmte Hyperbel innerhalb der Hyperbelschar. Diese Hyperbel ist die Standlinie, auf der sich das Fahrzeug befindet. Die Hyperbelschar wird im voraus berechnet und auf Spezialkarten gedruckt. Durch Aufsuchen der zur gemessenen Zeitdifferenz gehörenden Hyperbel in der Karte läßt sich die geographische Standlinie leicht feststellen. Für eine Standortbestimmung müssen zwei Hyperbeln von verschiedenen Senderpaaren ermittelt werden, ihr Schnittpunkt ist der gesuchte Standort.

Bei der technischen Ausführung von Systemen, die nach dem Hyperbelverfahren arbeiten, kann man unterscheiden zwischen der unmittelbaren Messung der Laufzeitdifferenz von impulsförmigen Signalen und der Messung der Phasendifferenz von kontinuierlichen Hochfrequenzschwingungen. Da bei der Ausbreitung einer elektromagnetischen Welle konstante Zusammenhänge zwischen Entfernung, Zeit, Wellenlänge und Phasenwinkel bestehen, sind für beide Arten die Grundprinzipien des Hyperbelverfahrens gültig.

a) Hyperbelverfahren mit Messung der Laufzeitdifferenz. Das System **LORAN** (Abk. für englisch **Long Range Navigation** ‚Navigation über große Entfernungen') arbeitet nach dem Prinzip der Laufzeitdifferenzmessung mit Impulsen. Es ist ein Ortungssystem, das für größere Entfernungen bestimmt ist und den Frequenzbereich zwischen 1750 und 1950 MHz benutzt. Bisher gibt es drei Varianten des Systems. Die ursprüngliche und am meisten verwendete Ausführung, als **Standard-LORAN** bezeichnet, benötigt zur Erzeugung einer Schar konfokaler Hyperbeln eine Hauptstation A und eine Nebenstation B. Der Abstand der beiden Stationen liegt zwischen 300 und 800 km. In A befindet sich ein Sender, der ohne Richtwirkung periodisch Impulse ausstrahlt. Diese Impulse werden sowohl vom Bordempfänger des Luftfahrzeuges oder Schiffes als auch von einem in B befindlichen Empfänger aufgenommen. Die in B empfangenen Impulse dienen zur Auslösung von gleichartigen Impulsen, die der Sender in B ebenfalls ohne Richtwirkung ausstrahlt und die der Bordempfänger aufnimmt. Die Zeitdifferenz des Eintreffens der von A und B ausgestrahlten Impulse wird im Bordgerät gemessen. Die Tatsache, daß die Impulse nicht gleichzeitig von A und B ausgestrahlt werden, sondern der Impuls von B eine dem Abstand von A nach B entsprechende zusätzliche konstante Laufzeit besitzt, hat keinen Einfluß auf das Prinzip, weil sich dadurch nur der Zahlenwert aller Laufzeitdifferenzen um den gleichen Betrag erhöht. Diese zusätzliche konstante Laufzeit wird sogar noch um einen weiteren konstanten Betrag durch eine künstliche Laufzeitverzögerung in B erhöht, um die Messung der von A und B eintreffenden Impulse technisch zu erleichtern. Für die Messung der Laufzeitdifferenz wird eine Braunsche Röhre mit rechtwinkliger Ablenkung verwendet. Die Horizontalablenkung ist proportional der Zeit und eichbar. Die Vertikalablenkung ist angenähert proportional der Intensität der empfangenen Impulse. Auf dem Bildschirm der Braunschen Röhre erscheinen die Impulse von A und B als Zacken, ihr Abstand gibt auf der horizontalen Zeitskale die Laufzeitdifferenz einschließlich der zusätzlichen Verzögerung an. Auf einer geographischen Karte sind die den Laufzeitdifferenzen entsprechenden Hyperbeln aufgedruckt, wobei die zusätzlichen Laufzeiten berücksichtigt worden sind. Man kann also leicht mit dem Zahlenwert der abgelesenen Zeit auf der Karte die dazugehörige Hyperbel aufsuchen. Diese stellt die Standlinie dar, auf der sich das Luftfahrzeug oder das Schiff befinden muß. Für die Standortbestimmung sind zwei Hyperbeln aus zwei Hyperbelscharen erforderlich, die von zwei verschiedenen Stationspaaren erzeugt werden. Zur Gewährleistung einer Ortung sind somit zwei Haupt- und zwei Nebenstationen erforderlich. In der Praxis werden ohne Beeinträchtigung des Verfahrens die Hauptstationen mehrerer Stationspaare zu einer gemeinsamen Hauptstation zusammengefaßt. Eine derartige Hauptstation und zwei oder mehr Nebenstationen stellen eine *LORAN-Kette* dar. Alle Stationen einer Kette haben die gleiche Sendefrequenz, jedoch hat jedes von der gemeinsamen Hauptstation und einer Nebenstation gebildete Stationspaar eine bestimmte Impulsfolgefrequenz. Insgesamt stehen 4 Sendefrequenzen und 24 Impulsfolgefrequenzen zur Verfügung. Die Sender arbeiten mit Impulsleistungen von etwa 100 kW. Die nutzbare Reichweite über Land beträgt am Tage maximal 1000 km, über See 1500 km; nachts steigt die Reichweite etwa um den Faktor 2 an. Die Entfernungsangaben beziehen sich stets auf den Abstand von der Mitte der Verbindungslinie Hauptstation — Nebenstation bis zum Standort des Fahrzeuges. Standard-LORAN kommt für die Ortung über große Entfernungen in der Luftfahrt und in größerem Umfang in der Seefahrt zur Anwendung. Zur Zeit gibt es 13 LORAN-Ketten mit mehr als 50 Stationen, die eine vollständige Überdeckung des Nordatlantiks, des nördlichen Teils des Pazifischen Ozeans und des angrenzenden Festlandes ergeben. Ein Nachteil des Systems ist der Zeitaufwand, der bei dem Bordgerät mit Braunscher Röhre für eine Messung benötigt wird. Mit halbautomatisch arbeitenden Bordgeräten, die nur eine einmalige Einstellung für ein Stationspaar erfordern, lassen sich diese Nachteile verringern.

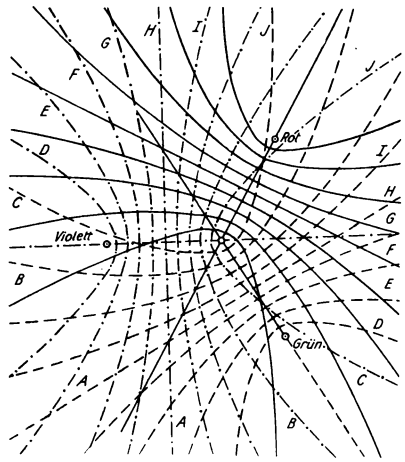
Das weiterentwickelte System **LORAN C** ist noch in Erprobung. Die Sendefrequenz beträgt etwa 100 kHz, damit ist eine größere Reichweite mit der Bodenwelle gegeben. Außer der Laufzeitdifferenz wird hierbei noch die Phasendifferenz gemessen, so daß sich eine Grob- und eine Feinortung durchführen lassen.

Die dritte Variante des Systems LORAN hatte nur militärische Bedeutung, sie wird jetzt nicht mehr verwendet.

b) Hyperbelverfahren mit Messung der Phasendifferenz. Hyperbelverfahren, die auf der Messung der Phasendifferenz beruhen, arbeiten mit kontinuierlichen Hochfrequenzschwingungen, die von den beiden Sendern eines Stationspaares ausgestrahlt werden. Die Messung der Phasendifferenz ergibt eine wesentlich größere Ortungsgenauigkeit, jedoch sind die Ergebnisse mehrdeutig. Ebenso wie bei den Hyperbelverfahren mit Impulsen muß auch bei dem mit kontinuierlichen Schwingungen arbeitenden Verfahren eine völlige Korrelation der von den beiden Sendern eines Stationspaares ausgehenden Signale vorhanden sein. Bei dem Verfahren mit kontinuierlichen Schwingungen wird dies durch eine frequenz- und phasenstarre Synchronisation zwischen Haupt- und Nebenstation erreicht.

Von den Hyperbelverfahren, die auf der Phasendifferenzmessung beruhen, hat das **DECCA-Navigator-System**, allgemein als **DECCA-System** bezeichnet, die größte Bedeutung. Bei diesem System strahlen die Sender kontinuierliche unmodulierte Hochfrequenzschwingungen aus, die im Frequenzbereich zwischen 70 und 130 kHz

(Langwellenbereich) liegen. Definitionsgemäß ist eine Hyperbel der geometrische Ort aller Punkte, an denen die Phasendifferenz von zwei Wellen gleicher Frequenz, die von zwei festen Punkten ausgehen, gleich ist. Die Hyperbel gehört einer Hyperbelschar an, deren Brennpunkte die beiden Bodenstationen sind, von denen die Wellen ausgehen. Voraussetzung zum Messen der Phasendifferenz ist, daß die beiden vom Bordempfänger empfangenen Wellen im Gerät getrennt werden können. Das ist bei Wellen gleicher Frequenz nicht möglich. Es muß deshalb eine Abwandlung des Verfahrens erfolgen, indem anstelle gleicher



2 Hyperbelnetz einer DECCA-Karte. Das Netz enthält nur die Zonen- oder Grobortungshyperbeln. Rot ———, grün – – –, violett –.–.–. Jede rote Zone hat 24 Streifen, jede grüne Zone 18 Streifen, jede violette Zone 30 Streifen. Für die rote Schar sind die Zonenbuchstaben eingetragen

Frequenzen korrelierte Frequenzen ausgestrahlt werden, z. B. Frequenzen, die aus einer gemeinsamen Grundfrequenz abgeleitet sind. Ist die Grundfrequenz z. B. $f_0 = 14$ kHz, dann können für die Sender der beiden Bodenstationen die Frequenzen $f_1 = 5 \cdot f_0 = 5 \cdot 14$ kHz $= 70$ kHz und $f_2 = 6 \cdot f_0 = 6 \cdot 14$ kHz $= 84$ kHz eingesetzt werden. Die Phasendifferenzmessung im Bordgerät muß selbstverständlich bei einer Frequenz stattfinden. Aus den Frequenzen f_1 und f_2 muß daher eine gemeinsame Frequenz gewonnen werden, und zwar entweder durch Teilung z. B. auf die Grundfrequenz f_0 oder durch Vervielfachung auf eine höhere Frequenz. Bei Vervielfachung kommt folgende Lösung in Frage: $f_v = 6 \cdot f_1 = 5 \cdot f_2 = 420$ kHz. Für diese gemeinsame Vielfache f_v der beiden Sendefrequenzen wird die Hyperbelschar berechnet und auf geographische Karten gedruckt. Im Gegensatz zu den Frequenzen der von den Sendern ausgestrahlten Wellen bezeichnet man die Frequenz, bei der gemessen wird und für die die aufgedruckten Hyperbeln gelten, auch als virtuelle Frequenz und die Hyperbeln als virtuelle Hyperbeln. Aus den Karten kann mit dem gemessenen Phasendifferenzwert die geographische Lage der Hyperbel leicht festgestellt werden. Abgesehen von der bestehenden Mehrdeutigkeit ist damit eine Standlinie gewonnen worden. Für eine Standortbestimmung sind zwei Standlinien, also zwei Hyperbeln von zwei Senderpaaren erforderlich; ihr Schnittpunkt ist der gesuchte Standort. Die Genauigkeit beim Schnitt von zwei Hyperbeln ist am größten, wenn sich die Hyperbeln rechtwinklig schneiden. Um über größere Flächen günstige Schnittwinkel zu erhalten, werden jeweils drei Senderpaare so angeordnet, daß sie etwa einen 120°-Stern bilden. Von den drei Senderpaaren wird je ein Sender zu einem gemeinsamen Sender zusammengefaßt, der sich in der Hauptstation befindet. Die übrigen drei Sender stehen in den Nebenstationen, die von der in der Mitte des Sterns liegenden Hauptstation Abstände von 120 bis 200 km haben. Die Hauptstation und die drei dazugehörigen Nebenstationen bilden eine *DECCA-Kette*. In Europa sind z. Z. (1968) 18 DECCA-Ketten in Betrieb bzw. im Aufbau oder in der Planung. Die auf die Karte aufgedruckten Hyperbelscharen (Abb. 2) sind zur besseren Unterscheidung in den Farben Rot, Grün und Violett gehalten. Es ist daher üblich, von einer Hyperbelschar Rot, Grün oder Violett zu sprechen. Die gleiche Farbbezeichnung wird auf die dazugehörigen Nebenstationen angewandt.

Während die Meßergebnisse bei den Hyperbelverfahren mit der Impulslaufzeitdifferenzmessung eindeutig sind, ist das bei der Phasendifferenzmessung nicht der Fall. Auf der Verbindungslinie zwischen Haupt- und Nebenstation ändert sich die Phasendifferenz im Abstand von einer halben Wellenlänge jeweils von 0° bis 360°. Es tritt daher n-mal die gleiche Phasendifferenz auf, wenn der Abstand Hauptstation — Nebenstation $d = n \cdot \lambda/2$ ist. Als Wellenlänge muß der Wert eingesetzt werden, der bei der Darstellung der Hyperbelschar zugrunde gelegt wurde. In der Praxis ist der Abstand stets groß gegen die Wellenlänge, so daß das Ergebnis der Phasendifferenzmessung auf alle Fälle mehrdeutig ist. Zwischen Haupt- und Nebenstation, die die Brennpunkte der Hyperbelschar darstellen, bestehen somit hyperbelförmige Streifen, die durch die Phasendifferenz 0° bzw. 360 ° begrenzt sind. Die Streifenbreite beträgt bei der genannten Frequenz von 420 kHz etwa 350 m. Dieser schmale Streifen erlaubt eine Ortung mit hoher Genauigkeit, d. h. eine Feinortung. Anderseits ist die Anzahl dieser schmalen Streifen sehr groß, so daß eine gleich große Mehrdeutigkeit besteht. Wird dagegen die Phasendifferenzmessung bei einer kleineren Frequenz vorgenommen, so läßt sich die Mehrdeutigkeit verringern. Da die Genauigkeit der Ortung dabei zurückgeht, wird diese Messung als Grobortung bezeichnet. Während die Feinortung die Vielfachen der Sendefrequenzen benutzt, erfolgt die Grobortung bei einem Bruchteil der Sendefrequenzen, und zwar im allgemeinen bei der Grundfrequenz f_0, z. B. 14 kHz. Um diese Frequenz im Bordempfangsgerät zu erhalten, strahlen die Sender von Hauptstation und Nebenstationen in zyklischer Folge paarweise je min je einmal für die Dauer von 0,5 Sekunden andere Frequenzen aus. Mit der niedrigeren Frequenz f_0 ergeben sich hyperbelförmige Zonen, die ebenfalls durch die Phasendifferenz 0° bzw. 360° begrenzt sind. Für eine DECCA-Kette besteht folgendes Sendefrequenzschema für die Feinortung: Hauptstation $6 \cdot f_0$, Nebenstation Rot $8 \cdot f_0$, Nebenstation Grün $9 \cdot f_0$, Nebenstation Violett $5 \cdot f_0$. Für die Grobortung gelten folgende Frequenzen: Hauptstation $5 \cdot f_0$ und $9 \cdot f_0$, sämtliche Nebenstationen in zyklischer Folge $8 \cdot f_0$ und $9 \cdot f_0$.

Das fehlerfreie Arbeiten des gesamten Systems setzt voraus, daß die Frequenzen und Phasen in Haupt- und Nebenstationen korreliert sind. Die Forderung wird dadurch erfüllt, daß sich in den Nebenstationen Empfangsanlagen befinden, die die Frequenz der Hauptstation empfangen, damit einen örtlichen Generator synchronisieren und daraus die Frequenzen für die Sender der Nebenstationen ableiten.

Die in der Seefahrt benutzten DECCA-Bordempfänger führen die Feinortung bei einem Vielfachen der Sendefrequenz durch, z. B. 420 kHz, und erreichen damit eine hohe Genauigkeit.

DECCA-Bordempfänger für die Luftfahrt verwenden für die Feinortung unmittelbar die Sendefrequenzen, z. B. 112 kHz; damit wird die Mehrdeutigkeit auf ein günstigeres Maß verringert. Phasenmessung und Anzeige der Ergebnisse erfolgen für die drei Sendepaare, d. h. für die drei Hyperbelscharen, getrennt. Die Anzeigeinstrumente heißen *Decometer* (Abb. 3). In den Karten mit den aufgedruckten Hyperbeln müssen nun die Hyperbeln aufgesucht werden, an denen die von den Decometern angezeigten Zahlenwerte stehen. Diese Hyperbeln sind die Standlinien, ihr Schnittpunkt ist der gesuchte Standort des Fahrzeuges. Für die Luftfahrt ist ein derartiges Verfahren zu langsam, und es wird statt dessen ein → Flugwegschreiber verwendet. Bei diesem werden die Anzeigewerte von jeweils zwei Decometern durch Drehmomentenverstärker zum Vorschub spezieller Karten in der einen Richtung und zum Vorschub eines Schreibgriffels in der anderen Richtung benutzt, so daß der Flugweg als ununterbrochener Linienzug erscheint.

Die Sender einer DECCA-Kette arbeiten mit einer Leistung von je 2,4 kW. Die nutzbare maximale Reichweite liegt im günstigsten Fall bei etwa 500 km, im ungünstigsten Fall bei etwa 150 km. Das DECCA-System wird z. Z. vor allem in der Seefahrt, z. T. auch in der Luftfahrt benutzt.

Eine Weiterentwicklung des DECCA-Systems mit der Bezeichnung **HARCO** (Abk. für englisch **H**yperbolic **A**rea **Co**verage Navigation System) ist geplant. Sein besonderer Vorteil ist die einbezogene automatische Datenübertragung.

Die dem DECCA-System zugrunde liegende Konzeption findet als Variante auch bei dem System **DECTRA** (Abk. für englisch **DECCA** Track and **R**ange ‚DECCA-Kurs- und -Entfernungsmeßsystem') Anwendung. Dieses System ist für die Ortung über eine größere Strecke bestimmt. An beiden Enden der Strecke befindet sich je ein Senderpaar mit der Hauptstation A bzw. C und der Nebenstation B bzw. D. Der Abstand von Haupt- und Nebenstation beträgt etwa 150 km, der Abstand der beiden Senderpaare etwa 3500 km. Die vier Stationen bilden eine Kette (DECTRA-Kette).

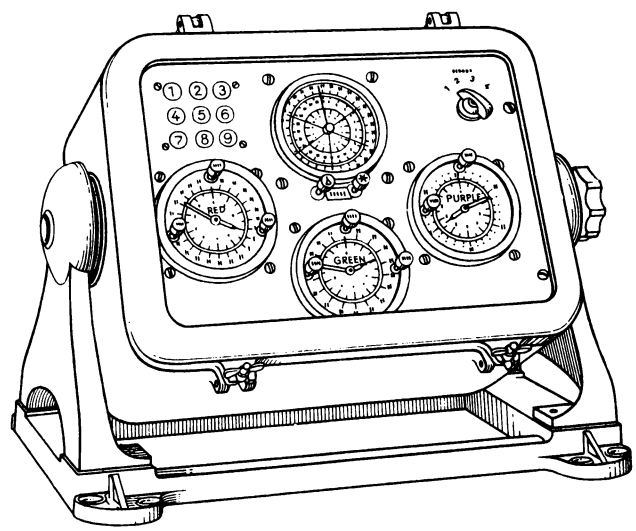
Weitere Systeme, die nach Hyperbelverfahren arbeiten und große Reichweiten aufweisen, sind **DELRAC** (Abk. für englisch **DECCA** **L**ong **R**ange **A**rea **C**overage), **OMEGA**, **Radio Mailles** und **NAVARHO-HH**. Die Entwicklungen sind bei diesen Systemen noch nicht abgeschlossen.

5) Standlinien Gerade und Hyperbel. Von den auf diesem Verfahren beruhenden Ortungssystemen bietet das noch in der Entwicklung befindliche System **NAVARHO-H** gewisse Vorteile. Das System arbeitet im Frequenzbereich von 100 kHz. Die nutzbare Reichweite liegt bei etwa 3500 km, wobei die erzielbare Ortungsgenauigkeit besser als bei anderen Systemen sein soll.

II) **Autonome Funkortungsverfahren für die Streckennavigation.** Die autonomen Funkortungsverfahren sind unabhängig von technischen Einrichtungen außerhalb der eigenen Anlage. Sofern die Ortung an Bord eines Luftfahrzeuges oder Schiffes erfolgt, bezeichnet man ein solches Ortungssystem als bordautonomes System. Für eine bordautonome Ortung bieten sich drei Möglichkeiten: astronomische Ortung, Doppler-Verfahren (Messen der Geschwindigkeit) und Trägheitsverfahren (Messen der Beschleunigung).

1) Astronomische Ortung. Eine Standortbestimmung läßt sich durch optisches Anpeilen von Gestirnen mit einem Sextanten durchführen. Nachteilig ist, daß bei fehlender optischer Sicht das Verfahren versagt. Günstiger, wenn auch wesentlich aufwendiger ist die radioastronomische Ortung mit dem → Radiosextanten.

2) Doppler-Verfahren. Mit dem Doppler-Navigations-Radar werden Geschwindigkeit über Grund und Abdriftwinkel gemessen. Durch zeitliche Integration der Geschwindigkeit ergibt sich die zurückgelegte Strecke. Unter Einbeziehung des Steuerkurswinkels, der vom Magnet- bzw. Kreiselkompaß geliefert wird, und der gegebenen geographischen Koordinaten des Startpunktes kann der momentane Standort berechnet werden. Im *Doppler-Navigator* wird das Ortungsergebnis zwar angezeigt, es ist jedoch nur ein Ergebnis von einer größeren Anzahl weiterer Ergebnisse, die in ihrer Gesamtheit alle Daten für die Navigation liefern. Ein Doppler-Navigator besteht aus Doppler-Navigations-Radar mit Antennenanlage, Frequenzmeßgerät, Analogrechner und Anzeigeeinrichtungen. Die in der zivilen Luftfahrt verwendeten Anlagen arbeiten mit einer Sendefrequenz von etwa 8800 MHz und Leistungen in der Größenordnung von 1 W (Dauerstrichleistung). Die am Ausgang des Empfängers auftretende Dopplerfrequenz wird einem gesonderten Frequenzmeßgerät zugeführt und durch Vergleich mit der von einem eingebauten Generator erzeugten Frequenz gemessen. Die Antennenanlage ist bei den einzelnen Fabrikaten verschieden. Bei einer viel benutzten Ausführung besteht die Antennenanlage aus vier parallelen Schlitzstrahlern. Je zwei Antennen sind für Senden und Empfang bestimmt. Durch eine Umschaltung werden die Antennen abwechselnd zur Erzeugung eines seitlichen und eines rückwärtigen Strahls ausgenutzt. Dem Rechengerät werden als Eingangsdaten die Geschwindigkeit über Grund, der Abdriftwinkel, die Koordinaten des Startortes und der Steuerkurs zugeführt. Am Ausgang des Standortrechners erscheint der Standort mit den Angaben von geographischer Länge und Breite. Diese Daten gelangen in den zweiten Rechner, dem außerdem der Sollkurs oder die Zielkoordinaten eingegeben werden. Am Ausgang erscheint die Abweichung vom Sollkurs bzw. die erforderliche Kurskorrektur, die bei Bedarf einer automatischen Steuerung zugeführt werden kann. Außerdem erfolgt die Berechnung der noch zu fliegenden Strecke, der bereits geflogenen Strecke und der noch fliegbaren Strecke entsprechend dem noch vorhandenen Kraftstoff un-



3 Bordanzeigeinstrumente des DECCA-Hyperbelsystems zur Funkortung (Decometer), Ausführung für die Seefahrt. Das obere Instrument dient der Grobortung, die drei unteren Instrumente dienen der Feinortung

ter Berücksichtigung der Windkomponenten. Die berechneten Werte werden in Ziffern angezeigt.
Der überragende Vorteil des Doppler-Navigators liegt darin, daß er eine bordautonome Ortung und Navigation ermöglicht. Er wird deshalb im Luftverkehr vor allem auf den Polarrouten, auf den ozeanischen Strecken und über Gebieten verwendet, in denen sich keine Ortungsbodenanlagen befinden. Nachteilig ist, daß sich durch die fortgesetzte Integration mit zunehmender Streckenlänge die Fehler der berechneten Größen erhöhen.

3) Trägheitsverfahren. Die Systeme der → Trägheitsnavigation gehören nicht zu den funktechnischen Verfahren, sie sind aber Bestandteil der Hybridsysteme (hybrid: lateinisch, ‚von zweierlei Herkunft'). Diese bestehen aus zwei sich ergänzenden, unterschiedlichen Systemen.

III) **Funkortungsverfahren für die Anflug- und Landenavigation,** → Anflug- und Landesysteme.

IV) **Funkortungsverfahren für die Verkehrskontrolle (Flugsicherungskontrolle).** In der Luftfahrt muß der gesamte Verkehr von der Flugsicherungskontrolle überwacht und geregelt werden. Die Lösung dieser Aufgabe setzt voraus, daß ein vollständiges und der momentanen Lage entsprechendes Luftverkehrsbild zur Verfügung steht und alle im betreffenden Luftraum vorhandenen Luftfahrzeuge erfaßt werden. Außerdem sind die erfaßten Luftfahrzeuge zu identifizieren und ihre Positionen zu ermitteln. Das z. Z. international übliche Flugsicherungssystem beruht unter anderem auf den Pflichtmeldungen der Luftfahrzeuge, die sie beim Überfliegen der Pflichtmeldepunkte über die Funksprechverbindung an die Flugsicherungskontrollstelle geben. Zur Ergänzung dieser in Zeitabständen eintreffenden Informationen setzt die Flugsicherungskontrolle noch Rundsicht-Radargeräte (→ Radar) mit Reichweiten von 100 bis 250 km ein. In einigen Fällen, insbesondere in der Nähe der Flughäfen, werden z. T. auch Höhenmeß-Radargeräte (→ Radar) verwendet, mit denen man die Flughöhe feststellen kann. Zur Identifizierung der Echozeichen auf dem Radarbildschirm dienen Sichtfunkpeiler (→ Funkpeiler) oder Sekundär-Radar (→ Radar).

Lit. Bärner: Flugsicherungstechnik, Bd 1, Navigationsanlagen (München 1957); Finkelstein u. Schusterowitsch: Funknavigation (dtsch Leipzig 1955); W. E. Meyer: Moderne F. (Wolfshagen-Scharbeutz 1958); Handb. für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker, Bd III (Berlin 1968).

Funkpeilboje, ein in der Seefischerei und im Walfang verwendeter Schwimmkörper, der Funksignale aussendet. Er dient zur Markierung des Standortes eines Fischschwarms, beim Walfang zur Bezeichnung der erlegten treibenden Wale. Die Funksignale der F. werden mit dem Funkpeiler angepeilt und in Zielfahrt angesteuert. Die F. ist mit einem programmgesteuerten Sender ausgerüstet, der durch Batterien gespeist wird.

Funkpeiler, eine zur Peilung (→ Funkpeilung) in See- und Luftfahrt sowie Raumfahrt bestimmte Funkempfangsanlage. F. bestehen aus Antenne mit Richtwirkung, Peilempfänger, Indikator und Vorrichtung zur Anzeige der Richtung.

F. werden je nach Art der Antennenanlage als Klein- oder Großbasispeiler bezeichnet.

1) Bei den **Kleinbasispeilern** sind die Antennenabmessungen wesentlich kleiner als eine Wellenlänge. Kleinbasispeiler sind alle F., die mit einer Rahmenantenne oder einer Adcock-Antenne ausgerüstet sind. Zu ihnen gehören Handpeiler, Zielfluggeräte und automatische F. a) Das Kennzeichen der **Handpeiler** ist die Notwendigkeit, die Rahmenantenne oder die ihr elektrisch entsprechende Suchspule des Goniometers zur Einstellung der Peillage von Hand zu drehen. Solche **Drehrahmenpeiler,** die ältesten und auch einfachsten F., kommen z. B. noch in der Seefahrt zur Anwendung. Zeigt die Senkrechte auf der Rahmenebene zum Sender, dessen Welle empfangen wird, so ist die Rahmenspannung theoretisch Null, praktisch hat sie ein Minimum. Die Spannung hat dagegen ihren Maximalwert, wenn der Sender in der Richtung der Rahmenebene liegt. Je nachdem, welcher Wert als Kriterium dient, muß die Rahmenantenne so gedreht werden, daß das Minimum bzw. Maximum auftritt (Minimumpeilung bzw. Maximumpeilung). Wegen der erreichbaren besseren Peilschärfe ist die Minimumpeilung gebräuchlich. Im Peilempfänger wird die Rahmenspannung verstärkt und am Ausgang hörbar (Kopfhörer) oder sichtbar (Zeigerinstrument) gemacht. Aus der Stellung des Rahmens, die bei der Wahrnehmung des Minimums vorhanden ist, läßt sich an der Peilscheibe die Richtung zum angepeilten Sender (Azimut) ablesen. Die Peilung mit der Rahmenantenne ist um 180° zweideutig, da ein Spannungsminimum sowohl auftritt, wenn die Welle von vorn auf die Rahmenebene fällt, als auch bei Einfall von rückwärts. Es muß daher noch die richtige Seite festgestellt werden. Für die Seitenbestimmung wird an Stelle der Doppelkreis-Charakteristik der Rahmenantenne eine einseitig gerichtete Antennencharakteristik benutzt, die sich durch Zuschalten der richtungsunabhängigen Spannung einer Stabantenne ergibt und die Form einer Kardioide besitzt. Beim **Goniometerpeiler** entfällt das Drehen der Rahmenantenne zum Peilen. Als Antenne dient ein Kreuzrahmen oder eine Adcock-Antenne. Der *Kreuzrahmen* besteht aus zwei festen, rechtwinklig zueinander stehenden Rahmenantennen. Jeder Rahmen ist mit einem festen Spulenpaar eines Goniometers verbunden; mit einer drehbaren Suchspule wird die Peilung in gleicher Weise vorgenommen wie mit dem Drehrahmen. Die *Adcock-Antenne* besteht aus mehreren, meist paarweise angeordneten vertikalen Stabantennen. Für den Kurzwellenbereich wird eine 4- oder 6-Mastanordnung verwendet, für den UKW-Bereich der H-Adcock (mit H-förmiger Anordnung der Dipole). Ebenfalls zur Gruppe der Goniometerpeiler gehören einige Umtastpeiler. Bei ihnen dient als Kriterium für die Peillage nicht das Minimum der Spannung der Rahmenantenne, sondern die Gleichheit von zwei Spannungen, die sich aus Rahmen- und Stabantennenspannung zusammensetzen. Die beiden Spannungen werden z. B. durch eine Umtastung (Umpolung) der Rahmenspannung gebildet. Für die Einstellung der Peillage muß auch hierbei die Suchspule des Goniometers gedreht werden.

b) Das in der Luftfahrt früher viel verwendete **Zielfluggerät** arbeitet nach dem Prinzip des Umtastpeilers. Man unterscheidet zwei verschiedene Umtastmethoden, die symmetrische und die komplementäre Umtastung. Bei symmetrischer Umtastung werden die beiden Spannungen auf ein Nullinstrument gegeben, dessen Polung ebenfalls umgetastet wird. Bei Gleichheit der beiden Spannungen bleibt das Anzeigeinstrument in seiner Nullage stehen. Erfolgt die Umtastung langsam im Rhythmus von komplementären Morsezeichen (z. B. „A" .– und „N" –.), so ist der Amplitudenvergleich durch Abhören der Morsezeichen möglich. In richtiger Peillage ergänzen sich die beiden Zeichen zu einem Dauerton. Links oder rechts davon sind die Zeichen „A" bzw. „N" zu hören. Wenn man die Rahmenantenne so anordnet, daß die Ebene senkrecht zur Längsachse des Luftfahrzeuges steht, kann ein Funkfeuer direkt angesteuert werden, indem nach dem Wert Null bei Instrumentenanzeige oder nach Dauerstrich beim Abhören geflogen wird (Zielflug).

c) Zu den **automatischen F.n** gehören Funkkompaß und Sichtfunkpeiler. Beim **Funkkompaß**

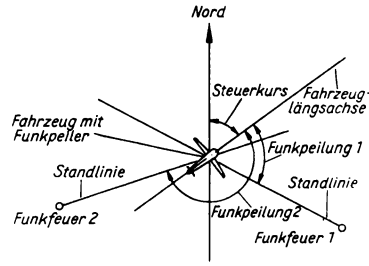
oder **Radiokompaß** sind zwei verschiedene Verfahren zur praktischen Anwendung gekommen, und zwar das Rotationsverfahren, bei dem die Rahmenantenne bzw. die Goniometer-Suchspule ständig rotiert, und das Verfahren mit Nachlaufsteuerung. Bevorzugt wird das technisch günstigere *Verfahren mit Nachlaufsteuerung*. Durch eine elektronische Umtastung wird eine Spannung am Ausgang des Empfängers erzeugt, deren Betrag und Vorzeichen von der Einfallrichtung der Welle abhängt. Diese Spannung steuert einen Motor, der den Rahmen bzw. die Goniometer-Suchspule in die Nullstellung dreht, die der Minimumpeilung entspricht. Die Stellung wird als Winkel, bezogen auf die Flugzeuglängsachse, über ein Drehfeldsystem an einer 360°-Skale angezeigt. Das Peilgerät kann sich daher abseits vom Anzeigeinstrument befinden, so daß mehrere Anzeigeinstrumente angeschlossen werden können. Unter Einbeziehung eines Magnetkompasses ist auch die Anzeige des Winkels gegenüber der Nordrichtung möglich. Das Überfliegen eines ständig gepeilten Senders zeigt der Funkkompaß dadurch an, daß die Peilung von 0° auf 180° umspringt. Der Funkkompaß gehört zur Pflichtausrüstung von Verkehrsflugzeugen.

Sichtfunkpeiler (Sichtpeiler) sind automatische F., bei denen der Peilwinkel aus der Richtung eines auf einer Katodenstrahlröhre abgebildeten Leuchtstriches abgelesen werden kann. Beim *Zweikanal*-Sichtfunkpeiler werden die von einem Kreuzrahmen oder von zwei Antennenpaaren einer Adcock-Antenne gelieferten Spannungen nach entsprechender Verstärkung auf je ein Ablenkplattensystem einer Katodenstrahlröhre gegeben. Der entstehende radiale Leuchtstrich besitzt eine Richtung, die von dem Verhältnis der beiden Spannungen abhängt und damit die Richtung der einfallenden Welle angibt. Zweikanal-Sichtfunkpeiler werden bevorzugt in der Seefahrt angewendet. Nachteilig ist, daß die beiden Verstärker, die die zwei Kanäle bilden, elektrisch völlig gleich sein müssen, weil andernfalls Peilfehler entstehen. Es ist deshalb, auch während des Betriebs, von Zeit zu Zeit eine Eichung erforderlich. Diesen Nachteil vermeidet der *Einkanal*-Sichtfunkpeiler, bei dem die beiden Spannungen über den gleichen Verstärker geführt werden. Um die Spannungen am Ausgang des Verstärkers wieder trennen zu können, müssen sie am Eingang des Verstärkers je einem Hilfsträger aufmoduliert werden. Da für die Peilung nur der Peilempfänger auf die Frequenz des Senders, dessen Richtung gepeilt werden soll, eingestellt zu werden braucht und darüber hinaus keine weiteren Einstellungen notwendig sind, benötigt diese Peilanlage keine manuelle Bedienung. Die Anzeigeeinrichtung mit der Katodenstrahlröhre kann weit entfernt von der Peilanlage aufgestellt werden, so daß man für die Peilanlage einen funktechnisch günstigen Aufstellungsort wählen kann. Die Frequenzeinstellung des Peilempfängers erfolgt in diesem Fall mit den Mitteln der Fernsteuertechnik. Einkanal-Sichtfunkpeiler mit H-Adcock-Antenne werden in der Luftfahrt verwendet, vor allem in der Flugsicherungskontrolle zur Unterstützung des Radarlotsen und in Notfällen, z. B. bei Ausfall der Bordgeräte.

2) Bei den **Großbasispeilern** sind die Antennenabmessungen größer als eine Wellenlänge. Diese F. haben den Vorteil, daß die durch Geländereflexionen oder Mehrwegeausbreitung entstehenden Peilfehler vermindert werden. Der Großbasispeiler mit aufgefiederter Richtcharakteristik hat ein der Adcock-Antenne ähnliches Antennensystem, der Abstand der Einzelantennen ist jedoch groß gegenüber der Wellenlänge. Der Großbasispeiler mit rotierender, schmalgebündelter Richtcharakteristik besitzt eine große Anzahl auf einem Kreis angeordneter Einzelantennen. Unter den mit Phasenmodulation arbeitenden Großbasispeilern hat sich der **UKW-Doppler-Peiler** in der Flugsicherung bewährt; er ermöglicht auch bei ungünstigen Geländeverhältnissen Peilungen mit Fehlern kleiner als 1°.

Das **Interferometer** gehört ebenfalls zur Gruppe der Großbasispeiler. Der Abstand der Einzelantennen ist etwa 10- bis 50mal größer als die Wellenlänge. Die Peilung erfolgt durch eine Phasendifferenzmessung. Mit derartigen Systemen sind Peilungen mit Genauigkeiten von Bogensekunden erreichbar, jedoch müssen die Antennenabstände sehr genau bekannt sein.

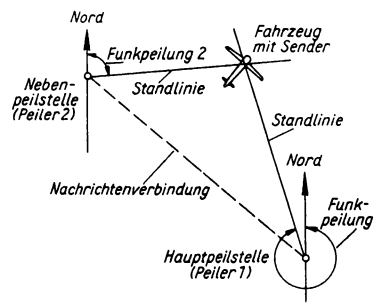
Funkpeilung, die Bestimmung der Richtung, in der sich ein Sender (→ Funkfeuer), vom Peilort aus gesehen, befindet, mit Hilfe einer Funk-



1 Funkpeilung: Eigenpeilung eines Fahrzeuges, hier Luftfahrzeug

empfangsanlage (→ Funkpeiler). Im allgemeinen wird bei der F. die Richtung in der Horizontalebene bestimmt, d. h. das Azimut. Mit zwei Peilungen läßt sich der Standort z. B. eines Schiffes oder Luftfahrzeuges ermitteln (Kreuzpeilung).

Bei der F. ist zwischen Eigen- und Fremdpeilung zu unterscheiden. 1) Die **Eigenpeilung** findet in der Seefahrt und in der Luftfahrt Anwendung. Bei ihr werden mit dem an Bord des Fahrzeuges befindlichen Funkpeiler die Richtungen zu zwei Funkfeuern, deren Standorte bekannt sein müssen, ermittelt (Abb. 1). Die



2 Funkpeilung: Fremdpeilung eines Fahrzeuges, hier Luftfahrzeug

sich ergebenden beiden Richtungsgeraden sind die für eine Ortung erforderlichen beiden Standlinien; ihr Schnittpunkt ist der gesuchte Standort des Fahrzeuges. Da die mit der F. ermittelten Winkel auf die Längsachse des Fahrzeuges bezogen sind, muß zusätzlich mit dem Magnetkompaß der Winkel zwischen der Nordrichtung und der Längsachse, d. i. der Steuerkurs, gemessen werden.

2) Die **Fremdpeilung** ist in der Seefahrt für Notfälle von Bedeutung, bei der Luftfahrt dient sie der Flugsicherungskontrolle zur Identifizierung der Luftfahrzeuge, insbesondere zur Unter-

stützung des Radarbeobachters, sowie als selbständiges Triangulierungssystem zur Standortermittlung von Luftfahrzeugen. Bei der Fremdpeilung erfolgt die Peilung von zwei festen Bodenstationen aus, in denen je ein Peiler steht (Abb. 2). Voraussetzung für die Fremdpeilung ist, daß der an Bord des Fahrzeuges befindliche Sender mindestens während der Dauer der Peilung in Betrieb ist. Für die Fremdpeilung ist eine Nachrichtenverbindung zwischen den beiden Peilstationen erforderlich. Bei einer der beiden Peilstationen, der Hauptpeilstelle, erfolgt die Berechnung des Standortes, indem aus dem Schnittpunkt der beiden ermittelten Standlinien der Standort des Fahrzeuges bestimmt wird; dieser kann anschließend über eine Funkverbindung dem Fahrzeug mitgeteilt werden.

Funkrelaislinie, → Richtfunkstrecke.

Funksprechgeräte, tragbare oder fahrbare Geräte geringer Masse und geringen Volumens, die im allgemeinen im Ultrakurzwellenbereich zwischen 31 und 174 MHz (Megahertz) eingesetzt werden. F. bestehen aus Sender und Empfänger, die im allgemeinen auf einer gemeinsamen Antenne arbeiten. Sie sind meist auf mehrere Betriebsfrequenzen umschaltbar. Die Stromversorgung erfolgt durch Batterien, die Sendeleistung beträgt weniger als ein Watt. Man setzt F. z. B. im → beweglichen Landfunk (Hafenfunk u. a.), für Rundfunkreportagen und für militärische Zwecke ein.

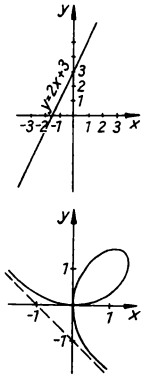
Unter **drahtlosen Reportagegeräten** versteht man transportable, meist tragbare Funksprechgeräte, die es in Verbindung mit einem Reportermikrophon oder einer Reporterkamera einem Reporter ermöglichen, unabhängig von Leitungen aktuelle Bild- oder Tonreportagen vorzunehmen.

Funksprechverkehr, svw. → Sprechfunk.

Funktechnik, Zweig der Nachrichtentechnik, der sich mit der Übermittlung von Information auf drahtlosem Wege mit Hilfe elektromagnetischer Wellen befaßt. Man unterscheidet im wesentlichen zwischen Rundfunktechnik und kommerzieller F., z. B. Telegrafie, Telefonie, Bildfunk.

Lit. Ramo u. Whinnery: Felder und Wellen in der modernen F. (dtsch Berlin 1960); Frühauf u. Wiegmann: Felder und Wellen in der modernen F., Lösungen der Aufgaben zu Ramo u. Whinnery (Berlin 1961); Fachkunde für Funkmechaniker, 3 Tle (Berlin, Tl 1 11. Aufl. 1967, Tl 2 9. Aufl. 1967, Tl 3 4. Aufl. 1965).

Funktion, einer der grundlegenden Begriffe der Mathematik, insbesondere der Analysis, und der modernen Naturwissenschaften. Die allgemeinste Definition einer F. lautet: Eine F. ordnet jedem Element einer Menge ein bestimmtes Element einer anderen Menge zu. Eine Größe y (meist abhängige Variable, Veränderliche) heißt F. einer anderen Größe x (meist unabhängige Variable, Argument der F.), wenn jedem (zulässigen) Wert von x genau ein Wert von y gesetzmäßig zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen x und y wird durch die **Funktionsgleichung** $y = f(x)$ ausgedrückt. Die Gesamtheit der Werte, die x annehmen kann, nennt man den Definitionsbereich, die zugeordnete Menge aller Elemente y den Wertevorrat (-bereich) der F. $y = f(x)$. Diese Zuordnung kann nun von sehr verschiedener Natur sein. Im allgemeinen, vor allem bei den in der Elementarmathematik behandelten F.en, ist die Zuordnungsvorschrift durch einen analytischen Ausdruck gegeben, d. h. durch eine Rechenvorschrift, die angibt, welche mathematischen Operationen man auf die unabhängige Veränderliche anwenden muß, damit man den zugehörigen Funktionswert erhält, z. B. $y = f(x) = 2x + 3$, $y = \frac{x}{1 + x^2}$, $y = \sqrt{x}$, $y = (1 + \lg x)^2$. Liegt die F., wie in diesen Beispielen, in der Form $y = f(x)$ vor, also nach y aufgelöst, so bezeichnet man die F. y als **explizite F.** von x. Dagegen ist y eine **implizite F.** von x, wenn ihre funktionale Abhängigkeit von x durch eine Gleichung der Form $F(x, y) = 0$ dargestellt wird, z. B. $y^3 + x^3 - 3xy = 0$. Die Umkehrfunktion (inverse F.) $y = \varphi(x)$ einer F. $y = f(x)$ erhält man durch Auflösen der Gleichung nach der unabhängigen Veränderlichen $x = \varphi(y)$ und gleichzeitiges formales Vertauschen der beiden Veränderlichen x und y; z. B. ist $y = \frac{1}{2}x$ die Umkehrfunktion zu $y = 2x$.



Darstellung der linearen Funktion $y = 2x + 3$ durch eine Gerade (oben) und Verlauf der durch $F(x, y) = y^3 + x^3 - 3xy = 0$ gegebenen Funktion (unten)

In der Praxis kommt es darauf an, zu einem gegebenen Wert des Arguments den zugehörigen Funktionswert zu berechnen. Man hat deshalb bei einer Reihe von F.en für eine große Anzahl spezieller Werte der unabhängigen Variablen die zugehörigen Funktionswerte berechnet und in Tafeln zusammengestellt (u. a. für die F.en $y = x^2$, $\sqrt{x}$, $\lg x$, einige trigonometrische und Exponentialfunktionen).

Es sei eine F. einer Variablen explizit durch $y = f(x)$ bzw. implizit durch $F(x, y) = 0$ gegeben. Ordnet man dann unter Zugrundelegung eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems jedem Paar zusammengehöriger Werte der unabhängigen und abhängigen Variablen denjenigen Punkt in der Ebene zu, dessen Abszisse gleich dem Wert des Arguments und dessen Ordinate gleich dem zugehörigen Funktionswert ist, so bezeichnet man die Gesamtheit der auf diese Weise erhaltenen Punkte (die im allgemeinen eine Kurve bilden) als graphische Darstellung (Bildkurve, Schaubild) der F.

Die einfachsten F.en sind die **ganz rationalen F.en** $y = f(x) = a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_n$ (n positive ganze Zahl) und unter diesen wiederum die **linearen F.en** $y = ax + b$. Das geometrische Bild einer linearen F. ist eine Gerade. Eine **gebrochen rationale F.** hat die Form

$$y = \frac{a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_n}{b_0x^m + b_1x^{m-1} + \cdots + b_m}$$

(m, n positive ganze Zahlen). Die ganz rationalen und die gebrochen rationalen F.en sind spezielle **algebraische F.en.** Allgemein nennt man eine (gewissen Stetigkeits- und Differenzierbarkeitsbedingungen genügende) F. algebraisch, wenn sie implizit durch eine algebraische Gleichung $F(x, y) = a_0(x)y^n + a_1(x)y^{n-1} + \cdots + a_n(x) = 0$ definiert ist, wobei die Koeffizienten $a_i(x)$ Polynome in x sind. Die F. $y = \sqrt{x}$ z. B. ist algebraisch. Jede F., die nicht algebraisch ist, heißt transzendent. So sind z. B. die → Exponentialfunktionen $y = a^x$ ($a > 0, \neq 1$), die Logarithmusfunktion $y = \log_a x$, die trigonometrischen F.en und die → zyklometrischen F.en **transzendente F.en.**

Besonders wichtig in der Mathematik sowie in den Naturwissenschaften sind die **analytischen F.en.** Eine in einem gewissen Gebiet der komplexen Zahlenebene definierte F. $w = f(z)$ der komplexen Veränderlichen $z = x + iy$ heißt analytisch (oder auch **regulär analytisch** oder auch **regulär**) in diesem Gebiet, wenn sie sich an jeder Stelle z_0 dieses Gebietes in eine nach Potenzen von $z - z_0$ fortschreitende Potenzreihe entwickeln läßt, die für eine gewisse Umgebung von z_0 konvergiert und dort $f(z)$ darstellt. Notwendige (und bei weiteren Voraussetzungen auch hinreichende) Bedingung dafür, daß eine F. $w = f(x + iy) = u(x, y) + iv(x, y)$ analytisch ist, ist das Bestehen der Cauchy-Riemannschen Differentialgleichungen $\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y}$; $\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}$ für Realteil $u(x, y)$ und Imaginärteil $v(x, y)$ der F. $w = f(z)$. Die F.en $w = \sin z$ und $w = \cos z$ z. B. sind in der ganzen z-Ebene regulär.

Lit. Kratzer und Franz: Transzendente F.en (2. Aufl. Leipzig 1963); v. Mangoldt-Knoop: Einführung in die höhere Mathematik, Bd 1 (12. Aufl. Leipzig 1965); Natanson: Theorie der F.en einer reellen Veränderlichen (dtsch 2. Aufl. Berlin 1961).

funktionelle Gruppe, Atomgruppierung in organischen Verbindungen, die deren typische Eigenschaften bedingt und die für sich charakteristische Reaktionen eingeht, z. B. die Hydroxylgruppe —OH, die Aminogruppe —NH_2, die Sulfogruppe —SO_3H, die Karbonylgruppe $\rangle CO$ und die Karboxylgruppe —COOH.

Funktionentheorie, wichtiges Teilgebiet der höheren Mathematik, das die Funktionen komplexer Veränderlicher, insbesondere die analytischen → Funktionen, zum Gegenstand hat. Die F. steht nicht nur zu den verschiedensten Zweigen der Mathematik in vielseitiger Beziehung, sondern ist auch ein wichtiges Hilfsmittel für viele physikalisch-technische Disziplinen.

Lit. v. Mangoldt-Knoop: Einführung in die höhere Mathematik, Bd 2 u. 3 (12. Aufl. Leipzig 1964 u. 1965); Priwalow: Einführung in die F., 3 Tle (dtsch Leipzig 1959–64); Rühs: F. (Berlin 1962).

Funkwagen, → Polizeifunk.

Furan, Furfuran, eine heterozyklische Verbindung. F. ist eine farblose, chloroformähnlich riechende Flüssigkeit (Kp. 32 °C), die aus Furfural gewonnen werden kann. Von Bedeutung ist die Tetrahydroverbindung des F.s, das **Tetrahydrofuran,** abg. **THF.** Es wird technisch durch Dehydratisierung von Butan-1,4-diol hergestellt und ist ein wichtiges Lösungsmittel für die Kunststoff-, Lack-, Druckfarben- und Klebstoffindustrie.

Furanosen, Bezeichnung für alle Monosacharide, die wie Furan ein fünfgliedriges Ringsystem enthalten.

Furfural, inkorrekte Bezeichnung **Furfurol,** Furfuryl-(2)-alkohol, ein farbloses, stark schleimhautreizendes Öl (Kp. 162 °C), das durch Licht und Luft braun verfärbt wird und langsam verharzt. F. findet sich in Pentosanen von Stroh, Kleie, Schilf, Maiskolben, Getreide- und Baumwollsamenschalen u. ä. und wird aus diesen Rohstoffen durch Erhitzen mit Mineralsäuren gewonnen. F. dient als Lösungsmittel, zur Reinigung tierischer, pflanzlicher und mineralischer Öle und ist Ausgangsprodukt für Kunstharze und Chemiefaserstoffe.

Furfurol, inkorrekte Bezeichnung für → Furfural.

Furniere, Holzblätter bis 3,6 mm Dicke, die durch spanendes oder spanloses Schneiden aus Rohholz hergestellt werden (TGL 8537). Sie werden nach der Herstellung in **Säge-, Messer-** und **Schälfurniere,** nach der Verwendung im wesentlichen in **Absperr-, Unter-, Gegen-** und **Deckfurniere** eingeteilt. Lange Zeit dienten F. vorwiegend dekorativen Zwecken. Heute werden über 90 % der hergestellten F. für technische Zwecke verarbeitet, z. B. zu **Furnierplatten** (→ Holz). 0,1 mm dicke F., auf Gewebe und Zellulosefilm gepreßt, dienen als Werkstoff für kunsthandwerkliche Arbeiten und als Deckstoff für Holzfaserplatten.

Fuselöl, ein in der Hauptsache aus n-Propanol, Isobutanol und Pentanolen bestehendes Alkoholgemisch, das bei der alkoholischen Gärung als Nebenprodukt aus den Eiweißstoffen der Hefe entsteht. F. ist ein Lösungsmittel für Fette und Harze, dient zur Herstellung von Fruchtestern und vor allem als Ausgangsstoff für die Gewinnung von n-Propanol.

Fusion, beim Sehvorgang die Verschmelzung der Seheindrücke beider Augen zu einem einzigen Bild. Diese Verschmelzung kann nur dann stattfinden, wenn die Blicklinien beider Augen auf ein und dasselbe Objekt gerichtet sind; andernfalls entstehen Doppelbilder. Da gegen Doppelbilder ein Widerwillen besteht, vollzieht sich die F. zwangsweise **(Fusionszwang).**

Futter, 1) Metallurgie: svw. → Zustellung. 2) Fertigungstechnik: → Spannfutter.

Futterarbeit, die Bearbeitung von Werkstückrohlingen, die im → Backenfutter eingespannt sind.

Futtermauer, bei einer Böschung, einem Tunneleingang usw. eine Mauer, die im Gegensatz zur Stützmauer keinen oder nur ganz geringen Erddruck aufzunehmen hat und nur den anstehenden Boden vor Verwitterung und Auswaschen durch Regen schützen soll.

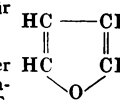
g, 1) Kurzz. für → Gramm. 2) *g,* Zeichen für die Fallbeschleunigung, → Fall.

9, Kurzz. für Neugrad.

G, 1) Kurzz. für → Gauß. 2) Kurzz. für → Giga. 3) *G,* Zeichen für → Gewicht. 4) *G,* Zeichen für elektrischer → Leitwert.

Ga, Symbol für → Gallium.

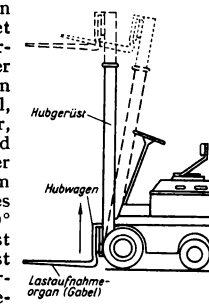
Gabbro, ein körniges Tiefengestein von dunkler Farbe, das sich aus basischem Plagioklas (Labrador), monoklinem Pyroxen (Diallag) und z. T. Olivin **(Olivingabbro)** zusammensetzt. G. mit rhombischem Pyroxen heißt **Norit.** Im Vergleich zu den Ergußgesteinen mit gleichem Chemismus (z. B. Feldspatbasalt) tritt G. nur in geringen Mengen auf. Er wird als Straßenbaumaterial verwendet.



Furan

Gabelhubwagen, → Flurförderer.

Gabelstapler, veraltet **Hubstapler,** ein Flurförderer, der im innerbetrieblichen Transportverkehr zum Stapeln, Heben und Verfahren von Stückgütern, Paletten und Behältern verwendet wird. Der G. ist mit einem Elektro- oder Verbrennungsmotor ausgerüstet und trägt an der Stirnseite ein Hubgerüst. In diesem wird ein Hubwagen mit dem Lastaufnahmemittel (Gabel, Schaufel, Greifzange für Ballen, Rollen, Fässer, geschichtete Steine o. a.) hydraulisch auf- und abbewegt. Das Aufnehmen und Absetzen der Last wird durch Neigen des Hubgerüstes um etwa 3° nach vorn erleichtert. Während des Transports wird das Hubgerüst um etwa 10° nach hinten geneigt, um ein Abgleiten der Last von der Gabel zu verhindern. Das Hubgerüst ist für größere Hubhöhen teleskopartig ausfahrbar. Ist das Hubgerüst seitlich angeordnet, bezeichnet man den G. als Seiten- oder Querstapler. Die maximale Hubhöhe von G.n beträgt etwa 5 m, die maximale Tragfähigkeit 10 Mp, die Fahrgeschwindigkeit bis zu 25 km/h.



Gabelstapler

Gadolinium, Symbol **Gd,** chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Schwermetall; Ordnungszahl 64, Massenzahlen der Isotope 152, 154 bis 158, 160, Atomgewicht 157,25 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 7,8 bis 7,9 g cm^{-3}, F. 1312 °C, Kp. ≈ 3000 °C; 1880 von Marignac entdeckt. G. ist schwach gelblich. Es hat von allen Elementen den größten Absorptionsquerschnitt für thermische Neutronen. Durch adiabatische Entmagnetisierung von Gadoliniumsalzen konnte man sich dem absoluten Nullpunkt bis auf einige hundertstel Grad nähern. In der Natur kommt G. in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Aus dem Mineral Gadolinit (Ytterbit) $(Y_2FeO_2][BeSiO_4]_2$ kann G. nach Überführung in Chlorid und anschließender Reduktion mit Kalzium gewonnen werden. Man verwendet G. hauptsächlich in Form von → Zer-Mischmetall,

in geringem Umfang auch als Legierungsbestandteil rostfreier Spezialstähle.

Gaffel *f*, ein oben am Schiffsmast schräg angebrachtes Rundholz. Die G. trägt die Oberkante eines **Gaffelsegels** (→ Segel), eine Flaggleine u. a.

Gahnit, → Spinelle.

Gal, Kurzz. **Gal,** nach dem italienischen Physiker Galileo Galilei benannte, gesetzliche Einheit der Beschleunigung. Sie wird vor allem in der Geophysik verwendet. $1\ \mathrm{Gal} = 10^{-2}\ \mathrm{m\,s^{-2}} = 1\ \mathrm{cm\,s^{-2}}$. **Milligal,** Kurzz. mGal, $= 10^{-3}$ Gal.

galaktisch, auf das Milchstraßensystem (Galaxis) bezüglich.

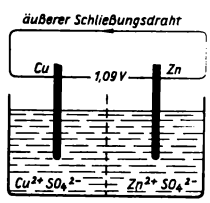
D-Galaktose, $C_6H_{12}O_6$, eine Aldohexose (→ Kohlenhydrate), die der Glukose stereoisomer ist. D-G. bildet Kristalle (F. 167 °C), kommt in der Natur weit verbreitet als Baustein von Oligo- und Polysacchariden vor und wird aus Laktose durch Hydrolyse gewonnen.

Galalith, → Kunsthorn, → Plaste, Übers.

Galaxis *f*, svw. → Milchstraßensystem.

Galenit, Bleiglanz, ein Mineral, das wichtigste Bleierz, PbS, meist mit geringen Gehalten an Silber und häufig Wismut und Antimon sowie anderen Spurenelementen; kubisch, grau, silberweiß, Härte nach Mohs 2,5, D. 7,2 bis 7,6 g cm^{-3}. G. ist weit verbreitet und tritt meist in hydrothermalen oder sedimentären Lagerstätten, häufig gemeinsam mit Chalkopyrit (Kupfererz), Sphalerit (Zinkblende), Fahlerzen oder edlen Silbererzen auf. Außer zur Gewinnung von Blei und Silber wird er zur Herstellung von Detektorkristallen und von Bleiglas (Kristallglas) verwendet.

Galilei-Transformation, Umrechnungsbeziehung zwischen den räumlichen Koordinaten x, y, z und x', y', z' zweier mit der Geschwindigkeit v gleichförmig gegeneinander bewegter physikalischer Bezugssysteme, im einfachsten Falle (bei Bewegung in x-Richtung) $x' = x - vt$, $y' = y$, $z' = z$. Die G.-T. ist die theoretische Grundlage der klassischen Mechanik. In dieser läuft die Zeit in allen Bezugssystemen in gleicher Weise ab: $t' = t$. Weiteres → Lorentz-Transformation.



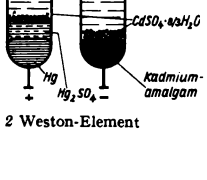
1 Daniell-Element

Gallenfarbstoffe, Abbaustoffe des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin. G. bilden sich größtenteils in, aber auch außerhalb der Leber. Der erste Gallenfarbstoff aus Hämoglobin ist das blaugrün gefärbte **Biliverdin.** Durch Aufnahme von zwei Wasserstoffatomen geht es in das orangerot gefärbte **Bilirubin** über, das die Gelbfärbung der Haut bei Gelbsucht mit verursacht.

Gallensäuren, Hydroxykarbonsäuren, die zur Klasse der Steroide gehören. Grundkörper der G. ist die Cholansäure $C_{24}H_{40}O_2$, von der sich die Cholsäure (3,7,12-Trihydroxy-5-cholansäure), Desoxycholsäure (3,12-Dihydroxy-5-cholansäure) und die Lithocholsäure (3-Monohydroxy-5-cholansäure) ableiten. Die G. werden in der Leber aus dem **Cholesterin** gebildet und sind in der Gallenflüssigkeit von Mensch und Wirbeltieren enthalten, wo sie meist an die Aminosäuren Glykokoll oder Taurin gebunden sind. Die Alkalisalze der G. vermögen wasserunlösliche Stoffe, z. B. Fette, zu emulgieren, damit sie von der Darmwand resorbiert werden können.

Gallerte, svw. Lyogel, → Gel.

Gallium, Symbol **Ga,** chemisches Element aus der III. Hauptgruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 31, Massenzahlen der Isotope 69 und 71, Atomgewicht 69,72 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III, seltener I, II, D. 5,904 g cm^{-3} (fest) und 6,095 g cm^{-3} (flüssig), F. 29,78 °C, Kp. 2344 °C; Mendelejew sagte 1871 die Existenz dieses Elementes voraus, Lecoq de Boisbaudran entdeckte es 1875. G. ist glänzendweiß, weich und dehnbar; beim Schmelzen erleidet es Volumenkontraktion. In der Natur kommt G. nur in sehr geringen Mengen vor, z. B. als Begleiter des Zinks und im Mansfelder Kupferschiefer. Technisch gewinnt man es u. a. aus Aluminatlaugen der Tonerdegewinnung. Wegen seines hohen Siedepunktes dient G. zur Füllung von Hochtemperaturthermometern, ferner als Kontaktmetall für Feuerwarnanlagen, für Galliumdampflampen, als Sperrflüssigkeit für Gasvolumenmessungen und als Wärmeaustauscher in Kernreaktoren.



2 Weston-Element

Gallusgerbsäure, svw. → Tannin.

Gallussäure, $C_6H_2(OH)_3$—COOH, 3,4,5-Trihydroxybenzoesäure, eine weit verbreitete Pflanzensäure, die z. B. in den Galläpfeln und im Tee vorkommt. Ihre Alkalisalze dienen als Absorptionsmittel für Sauerstoff. Eine wäßrige Lösung von G. mit Eisen(II)-sulfat, etwas Schwefelsäure und Gummi wurde früher als Tinte (*Eisengallustinte*) verwendet.

Galmei, bergmännische Bezeichnung für verschiedene oxidische Zinkerze, z. B. Smithsonit und Hemimorphit.

Galoissche Theorie, nach dem französischen Mathematiker Galois, dem Begründer der modernen Algebra, benannte algebraische Theorie. Sie untersucht die Eigenschaften algebraischer Gleichungen, insbesondere deren Auflösung, mit den Methoden der Gruppentheorie. Die G. T. ermöglicht es, Fragen nach der Auflösbarkeit algebraischer Gleichungen durch Radikale zu beantworten und qualitative Aussagen über die Lösungen zu machen. Auch eine Reihe geometrischer Probleme werden — mit Hilfe der analytischen Geometrie in algebraische Fragestellungen übersetzt — durch die G. T. geklärt, so z. B. die Frage der Dreiteilung eines Winkels (→ Winkeldreiteilung) oder die Verdoppelung des Würfels (→ Delisches Problem) mit Hilfe von Zirkel und Lineal.

galvanische Elemente, galvanische Ketten, galvanische Zellen, nach L. Galvani bezeichnete Anordnungen, die chemische Energie direkt in elektrische Energie umwandeln **(Galvanismus).** Die g.n E. besitzen große praktische Bedeutung als Gleichstromquellen. Die stromerzeugenden elektrochemischen Reaktionen sind prinzipiell Redoxreaktionen.

In der Praxis haben sich nur die galvanischen E. eingeführt, die etwa folgenden Anforderungen entsprechen: Lieferung einer möglichst großen EMK, kleiner innerer Widerstand, um hohe Klemmenspannungen zu erhalten, und geringe Polarisation. Von Bedeutung sind weiterhin lange Lebensdauer (d. h., es darf keine Selbstentladung stattfinden) und Aufbau aus billigen Grundstoffen. Meist muß dafür gesorgt werden, daß die Teilreaktionen — Reduktion des einen Stoffes, Oxydation des anderen — örtlich getrennt, z. B. durch ein Diaphragma, vor sich gehen.

Am bekanntesten ist das 1835 von J. F. Daniell erfundene **Daniell-Element** (Abb. 1), das aus einer in Kupfersulfatlösung $CuSO_4$ tauchenden Kupferelektrode und einer in Zinksulfatlösung $ZnSO_4$ tauchenden Zinkelektrode besteht. Wenn man beide Elektroden elektrisch leitend verbindet, löst sich an der Zinkelektrode Zink, und an der Kupferelektrode scheiden sich äquivalente Mengen Kupfer ab. Der Strom wird also durch Entladung der Cu^{2+}-Ionen und Bildung der äquivalenten Menge an Zn^{2+}-Ionen geliefert. Die dabei entstehende EMK beträgt,wenn man gesättigte Lösungen verwendet, 1,09 V.

Die Energie der Knallgasreaktion $2H_2 + O_2 \rightleftharpoons 2H_2O$ wird im **Bacon-Element** (poröse Nickelelektroden in 33 %iger Kalilauge; EMK = 0,79 V) und im **Dartyan-Element** (poröse Kohle-Elektroden in 35 %iger Kalilauge; EMK = 0,75 V) ausgenutzt (→ Brennstoffzelle). — Große praktische Bedeutung haben die häufig verwendeten **Trok-**

kenelemente, in denen die Elektrolytlösung durch Zusatz geeigneter Quellungsmittel, z. B. Weizenmehl, Sägespäne, Asbest, Gips, verdickt wird. Das bekannteste Trockenelement ist das von Leclanch 1868 entwickelte **Leclanché-Element** (EMK = 1,5 V), das heute vor allem für Taschenlampen- und Anodenbatterien verwendet wird. Der negative Pol besteht aus einem Zinkblechzylinder, der positive Pol aus einem Kohlestab, der von einem Gemisch aus Braunstein MnO_2 und etwas Graphit umgeben ist. Als Elektrolytlösung dient 10- bis 20%ige Ammoniumchloridlösung NH_4Cl. Die **Luftsauerstoffelemente** bestehen aus einer Sauerstoffelektrode (poröses Kohlerohr, durch das Luft oder Sauerstoff diffundiert), einer Zinkelektrode und Kalilauge. Vorteilhaft ist ihre gute Spannungskonstanz über einen größeren Zeitraum und ihre sehr große Kapazität.

Normalelemente dienen als Eichmaß zur genauen Messung unbekannter Spannungen. Man verlangt von ihnen eine, vollkommen reproduzierbare, genau definierte sowie möglichst wenig von der Temperatur abhängige EMK. Heute wird ausschließlich das *Weston-Element* (*Kadmium-Normalelement*, Abb. 2) benutzt. Den positiven Pol bildet eine Quecksilber(I)-sulfat-Elektrode, die aus reinstem Quecksilber Hg und einer darüber befindlichen Schicht von Quecksilbersulfat Hg_2SO_4 aufgebaut ist. Der negative Pol besteht aus 12,5%igem Kadmiumamalgam mit einer Schicht von Kadmiumsulfatkristallen $CdSO_4 \cdot {}^8/_3 H_2O$ darüber. Als Elektrolytlösung dient eine gesättigte Kadmiumsulfatlösung $CdSO_4$.

Für eine genaue EMK-Reproduzierbarkeit müssen an die Ausgangsstoffe extreme Reinheitsforderungen gestellt werden. Die EMK des Weston-Elementes wurde durch internationale Übereinkunft (Washington 1911) für 20 °C auf 1,01830 V festgelegt. Das Element besitzt einen äußerst geringen Temperaturkoeffizienten, als Korrekturformel für die EMK bei der Temperatur t gilt: $EMK_t = 1{,}01830 - 4{,}06 \cdot 10^{-5} (t - 20) - 9{,}5 \cdot 10^{-7} (t - 20)^2$ [int. Volt]. Normalelemente müssen sehr vorsichtig behandelt werden. Man darf ihnen einen Strom von höchstens $5 \cdot 10^{-5}$ A entnehmen. Sie werden daher nur in Kompensationsschaltungen (→ Kompensator 3) verwendet.

Galvanisieren, → Galvanotechnik.

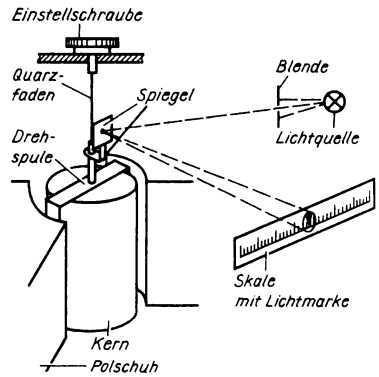
Galvano *n*, eine metallische Duplikatdruckplatte (→ Klischee) von einem Schriftsatz oder einer Druckplatte, die durch einen galvanischen Niederschlag auf eine geprägte Matrize und anschließendes Hintergießen mit einer Bleilegierung, neuerdings auch Plast, gewonnen wird, → Galvanotechnik.

Galvanokaustik, 1) graphische Technik: das galvanische Gravieren mittels Ätzverfahren. In einen auf die zu behandelnde Metallfläche aufgebrachten Deckgrund werden Zeichnungen radiert. Die so vorbehandelte Metallplatte wird in eine Lösung von Kupfer(II)-sulfat oder in stark verdünnte Schwefelsäure getaucht und mit der Anode der galvanischen Anlage verbunden, so daß alle vom Deckgrund freien Stellen der Platte geätzt werden. Anwendung zur Herstellung von Walzen für Zeugdruck, Tapetendruck u. dgl.

2) medizinische Elektronik: die Verwendung des elektrischen Glühdrahtes für chirurgische Zwecke. Das Gewebe wird mit einem Platindraht durchtrennt, der infolge Stromdurchflusses zum Glühen gebracht ist. Man verwendet dazu niederfrequenten Strom hoher Stromstärke bei niedriger Spannung.

Galvanometer, ein elektrisches Meßinstrument oder Meßgerät zum Nachweis kleinster Gleich- und Wechselströme. Es nutzt das Wirkungsprinzip des → Drehspulinstrumentes oder des → Drehmagnetinstrumentes aus und ist für hohe Stromempfindlichkeit unter Verzicht auf Genauigkeit ausgelegt. Das G. wird hauptsächlich als Nullindikator für Meßbrücken (→ Brückenschaltung) und Kompensatoren verwendet. Es hat einen Lichtzeiger, d. h., auf dem beweglichen Organ ist ein Spiegel befestigt, auf den aus einer festen Lichtquelle ein Lichtstrahl fällt. Der Spiegel reflektiert den Strahl auf die Skale. Bei großem Abstand zwischen Spiegel und Skale rufen bereits kleine Drehungen des Spiegels große Auslenkungen der Lichtmarke auf der Skale hervor. Das bewegliche Organ ist spannbandgelagert oder nur an einem Faden (meist aus Quarz) einseitig aufgehängt.

Das **Spiegelgalvanometer** ist ein Drehspulgalvanometer mit Fadenaufhängung. Lichtquelle, Meßwerk und Skale sind voneinander getrennte Baugruppen. Es besitzt die höchste



Spiegelgalvanometer

Stromempfindlichkeit. Gleichströme bis hinab zu 10^{-12} A lassen sich unter Umständen damit nachweisen. Das **Lichtmarkengalvanometer** ist die etwas robustere und unempfindlichere Ausführung des Spiegelgalvanometers. Es hat Spannbandlagerung. Lichtquelle, Meßwerk und Skale sind in einem transportablen Gehäuse vereinigt. Es können Gleichströme bis hinab zu 10^{-9} A gemessen werden. Als **ballistisches G.** kann man ein Spiegel- oder Lichtmarkengalvanometer auslegen, wenn das Trägheitsmoment des beweglichen Organs so weit vergrößert wird, daß die Eigenschwingungsdauer sehr groß gegen die Dauer eines zu messenden Stromimpulses wird. Der erste Maximalausschlag ist dann proportional der durchgeflossenen Ladungsmenge. Das **Vibrationsgalvanometer** wird bei Wechselstrom verwendet. Es benutzt meist das Prinzip des Drehmagnetinstrumentes. Der Strom regt über das Spulenfeld einen kleinen Dauermagneten zu Schwingungen an. Besonders große Auslenkungen erhält man, wenn sich das schwingende System in mechanischer Resonanz mit der Frequenz des Wechselstroms befindet. Auf der Skale wird durch die raschen Vibrationen ein Lichtband geschrieben, dessen Breite der Amplitude des Wechselstroms proportional ist.

Galvanoplastik, → Galvanotechnik.

Galvanostegie, → Galvanotechnik.

Galvanotechnik, die Technik der Oberflächenbehandlung von Metallen und Nichtmetallen einschließlich der erforderlichen Vor-, Zwischen- und Nachbehandlung auf elektrolytischem Wege (→ Elektrolyse). Hauptgebiet der G. ist die **Galvanostegie,** d. i. die Herstellung metallischer Überzüge auf elektrochemischem Wege zu Zwecken des Oberflächenschutzes (→ Korrosionsschutz), der Oberflächenvergütung (→ Fertigungsverfahren) und aus dekorativen Gründen. Wichtige

galvanisch abgeschiedene Metalle sind Zink, Kupfer, Nickel, Kadmium, Chrom, Zinn, Silber, Gold, aber auch Legierungen, z. B. Messing. Die Herstellung der Überzüge (*Galvanisieren*) erfolgt meist in Eisen- oder Stahlwannen, die mit einer widerstandsfähigen Schicht aus Emaille, Plastwerkstoff, Blei u. a. ausgekleidet sind. Die Wannen sind mit dem Galvanisierbad gefüllt, das als Elektrolyt das jeweilige Metallsalz und weitere Zusatzstoffe enthält. Die zu galvanisierenden Gegenstände werden als Katode geschaltet, die Anode besteht meistens aus dem Überzugsmetall in reinster Form. Dieses geht durch anodische Oxydation in Lösung, während sich im Idealfall die gleiche Menge Metall durch Reduktion an der Katode niederschlägt. Von Bedeutung für die Reinheit, Haftfestigkeit, die physikalischen Eigenschaften der Überzüge und für die Dauer des Galvanisierens sind die Temperatur des Bades (20 bis 90 °C), die Spannung (0,5 bis 2,5 V), die Stromdichte (0,5 bis 5, in Extremfällen bis 100 A dm^{-2}) sowie die Zusammensetzung des Bades und die Bewegung der Badflüssigkeit. Die Dicke der Auflage beträgt im allgemeinen zwischen 0,3 und 60 μm.

Zur Galvanostegie im weiteren Sinne zählen auch zwei Arten des stromlosen Metallabscheidens, das Kontakt- und das Tauchverfahren; die Elektrolyse erfolgt hierbei ohne äußere Spannungsquelle.

Unter **Galvanoplastik** versteht man das Herstellen metallischer Kopien von einem Gegenstand auf galvanischem Wege. Bestehen die nachzubildenden Gegenstände aus Nichtmetallen, so wird die Oberfläche durch Bestauben mit Graphit oder durch chemisches Versilbern für den elektrischen Strom leitend gemacht. Nach Beendigung der Elektrolyse kann die Metallschicht vom Modell abgehoben werden. So werden z. B. von den Wachsplatten die Urmatrizen für die Schallplattenherstellung und von Druckstöcken die Galvanos für den Druck angefertigt.

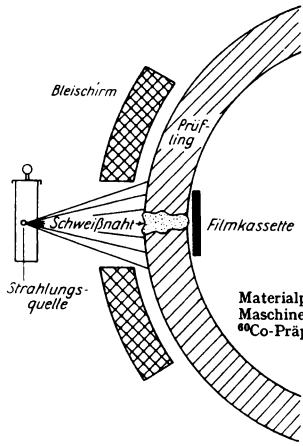
Das wichtigste Verfahren der Herstellung nichtmetallischer Schichten ist die anodische Oxydation des Aluminiums (Eloxal-Verfahren).

Neben diesen Verfahren ist auch elektrolytisches Polieren, Beizen, Entmetallisieren und Ätzen möglich. Der zu bearbeitende Gegenstand wird als Anode geschaltet. Beim elektrolytischen Ätzen sind die nicht abzutragenden Stellen durch eine Lackschicht zu schützen. Beim elektrolytischen Entfetten wird der Gegenstand als Katode geschaltet und als Elektrolyt z. B. Kalilauge verwendet. An der Katode entstehen durch Elektrolyse des Wassers Hydroxidionen und Wasserstoff. Die Hydroxidionen bewirken eine Verseifung, die Wasserstoffbläschen reißen die Schmutzteilchen nach oben.

Lit. Bilfinger: Leitfaden für Galvaniseure (2. Aufl. Leipzig 1959); Handb. G. (2. Aufl. Berlin 1967); → Stereotypie.

Gamma, 1) Kurzz. γ, alte, nicht mehr zulässige Masseeinheit der Chemie und Pharmakologie. $1\gamma = 10^{-6}$ g = 1 μg (Mikrogramm). 2) Kurzz. Γ, γ, → Gauß.

Gammadefektoskopie (Tafel 45), ein Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung. Dabei werden Werkstücke, vor allem Gußteile, mit Gammastrahlung durchstrahlt. Als Strahlungsquelle verwendet man Radionuklide, vor allem Kobalt-60 (^{60}Co), Iridium-192 (^{192}Ir), Zäsium-137 (^{137}Cs) und Thulium-170 (^{170}Tm). Die G. dient zum Feststellen von inneren Fehlern des Werkstückes, z. B. von Rissen, Lunkern und Gasblasen, sowie zur Kontrolle von Schweißnähten. Mit ^{60}Co läßt sich der Stahl bis zu einer Dicke von etwa 200 mm durchstrahlen. An den Stellen des Werkstückes, an denen sich Hohlräume befinden, wird die Strahlung weniger geschwächt. Die verminderte Strahlungsschwächung ist an einer stärkeren Schwärzung der hier meist als Detektor verwendeten photographischen Emulsion erkennbar.



Materialprüfung an einem Maschinenteil mit einem ^{60}Co-Präparat

Gammafunktion, eine in der höheren Mathematik (insbesondere in der Funktionentheorie) und deren Anwendungen vielgebrauchte Funktion, die eine Verallgemeinerung des Begriffs der → Fakultät auf nichtnatürliche (reelle und komplexe) Zahlen darstellt. Für ganzzahlige positive x-Werte gilt speziell $\Gamma(x) = (x-1)!$. Eine Integraldarstellung der G. ist das Eulersche Integral $\Gamma(x) = \int_0^\infty e^{-t} t^{x-1}\,dt$.

Gammastrahlung, γ-**Strahlung,** eine bei der natürlichen und künstlichen Radioaktivität und bei erzwungenen Kernumwandlungen auftretende elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen von 10^{-9} bis 10^{-14} cm, d. s. 10^{-3} bis 10^{2} XE (X-Einheit). Die kurzen Wellenlängen der G. bringen die Quantennatur dieser Strahlung schon stark zur Geltung, so daß man auch von **Gammaquanten** spricht. Die G. ist vor allem durch ihre Entstehungsweise und weniger durch ihre Wellenlänge gekennzeichnet, denn man kann heute elektromagnetische Strahlung dieser Wellenlänge künstlich auch in Form von Röntgenstrahlung erzeugen. Bei der Radioaktivität geht ein instabiler Kern in einen Folgekern über, und es bleibt dabei oft ein Teil der Umwandlungsenergie im Kern zurück, die dann als G. abgegeben wird. Die Gammaemission aus angeregten Kernen verläuft ähnlich wie die Emission von Licht oder Röntgenstrahlung aus der angeregten Elektronenhülle. Auf Grund der verschiedenen Energieniveaus des Kerns enthält das Gammaspektrum wenige scharfe Linien verschiedener Energie und Intensität. Ferner entsteht G. als Vernichtungsstrahlung bei der Zerstrahlung eines Elektron-Positron-Paares (→ Paarbildung). Da G. infolge ihrer kürzeren Wellenlänge energiereicher als Röntgenstrahlung ist, können mit ihr auch größere Schichtdicken durchstrahlt werden. Die G. erfährt beim Durchgang durch Materie eine Schwächung; die wichtigsten Wechselwirkungsprozesse sind der Photoeffekt, der Compton-Effekt und die Paarbildung. Der Nachweis der G. erfolgt durch die von ihr ausgelösten Compton- oder Photoelektronen. Eine Präzisions-Wellenlängenmessung kann, ähnlich wie bei Röntgenstrahlung, mit Hilfe von Interferenzerscheinungen an Kristallgittern erfolgen. Das Verfahren versagt, wenn die Energie der G. zu groß und, damit verbunden, die Wellenlänge zu klein wird. Man verwendet die G. des Radiums

und künstlicher Radionuklide (besonders von Kobalt-60) z. B. in der Technik zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (→ Gammadefektoskopie) und in der Medizin zur Geschwulstbehandlung (→ Gammatherapieeinrichtung).

Gammatherapieeinrichtung (Tafel 45), eine Einrichtung zur Bestrahlung eines Patienten von außen zur Behandlung von Geschwülsten im Körperinnern mit ionisierender Strahlung einer radioaktiven Gammastrahlungsquelle. Als Quellenmaterial werden die Radionuklide ^{60}Co oder ^{137}Cs mit Aktivitäten von etwa 10^3 Ci (Curie) bis etwa 10^4 Ci verwendet; die G.en werden entsprechend auch als **Kobaltkanone** (oder **Telekobalttherapiegerät**) bzw. **Zäsiumkanone** bezeichnet. Die Gammastrahlungsquellen befinden sich in einem allseitig mit Blei oder auch mit Wolfram und Uran abgeschirmten Schutzgehäuse (Strahlerkopf). Durch eine verschließbare Öffnung kann ein durch einstellbare Blenden begrenztes Strahlungsbündel austreten. Um eine gewisse Fokussierung der Strahlung auf den Krankheitsherd zu erhalten, rotiert bei vielen G.en die Strahlungsquelle mit dem Schutzgehäuse um den Herd (Bewegungsbestrahlung); damit wird eine weitgehende Schonung gesunder Körperteile erreicht. Je nach gewünschter Dosisverteilung im Körper kann Voll- oder Teilrotation (Pendelbestrahlung) gewählt werden. Spezialfälle sind tangentiale und konvergente Pendelbestrahlung (das Strahlungsbündel tangiert mit der Patientenoberfläche bzw. ist bei allen möglichen Bewegungen des Strahlerkopfes stets auf einen bestimmten Punkt der Rotationsachse ausgerichtet). In der Rotationsachse liegt die Dosisleistung (in Luft gemessen) für ^{60}Co je nach den genannten Aktivitäten und dem jeweiligen Abstand zwischen Strahlungsquelle und Rotationsachse zwischen etwa 60 und 600 R/min (Röntgen/Minute). Die Quantenenergie liegt bei ^{60}Co im Mittel um 1,25 MeV (Megaelektronenvolt), bei ^{137}Cs um 0,66 MeV; sie ist damit weit größer als die therapeutisch wirksame Quantenenergie der bisher üblichen Röntgenstrahlung mit etwa 0,1 MeV. Daraus ergeben sich Vorteile wie große Durchdringungsfähigkeit, gute Hautschonung, geringe Strahlungsbelastung durch seitliche Streustrahlung und gute Verträglichkeit.

Gammexan, → HCH-Mittel.

Gamow-Modell, ein Kernmodell, → Kernphysik.

Gang, 1) aus Gestein oder Mineralen bestehende Ausfüllung einer Spalte in einem anderen (älteren) Gestein. Die meisten Gänge sind plattenförmige Körper von größerer Längs- als Breitenausdehnung. Selten liegt ein G. waagerecht (im Unterschied zum Lager), meistens geneigt oder senkrecht.

An Erzmineralen reiche Gangfüllungen (Ganglagerstätten) heißen bergmännisch **Gangmittel** oder **reiche Mittel**, arme oder erzfreie Partien **taube Mittel** oder **Bergemittel**. Besonders reiche Konzentrationen heißen **Erzfälle**. Den Wechsel der Erzgesellschaften in einem Erzgang, hervorgerufen durch die Differentiation des Magmas, aus dem die Gangfüllung entstand, und durch Unterschiede in der Abscheidungstemperatur, bezeichnet man als *primären Teufenunterschied*. In Bereichen eines Erzganges, die der Verwitterung ausgesetzt sind, kommt es zu Umbildungen und neuen Anreicherungen der Erzminerale. Man bezeichnet diese Veränderungen als *sekundären Teufenunterschied*.

2) → Kraftwagen.

3) svw. Gewindegang, → Gewinde.

Gangart, svw. → Nichterz.

Gangordner, → Uhr.

Gangunterschied, → Interferenz.

Ganzstoff, Ganzzeug, die zur Herstellung der Papierbahn fertige Masse. Unterschied: → Halbstoff.

Ganzzeug, svw. → Ganzstoff.

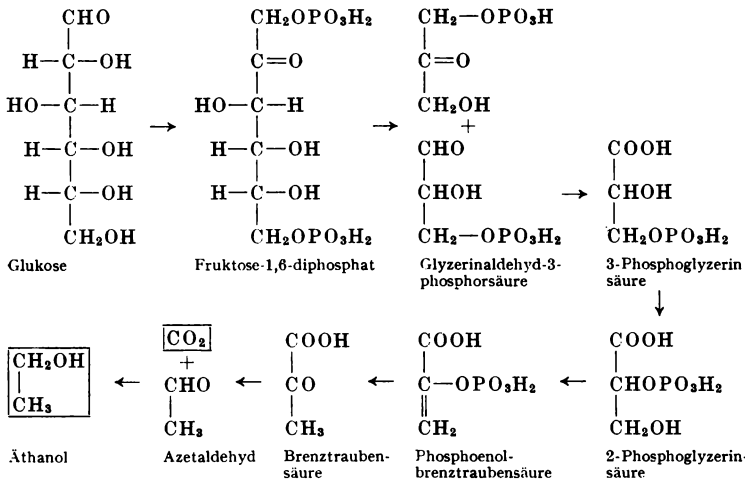
Garbenbinder, svw. → Mähbinder.

Garn, ein durch Verspinnen (→ Spinnerei) von Fasern hergestellter Faden. Die Kennzeichnung erfolgt durch Angabe der Faserstoffart, des Spinnverfahrens, der Anzahl der Drehungen/cm und der Feinheit. Durch Zusammendrehen von zwei oder mehr Garnfäden entsteht → Zwirn. **Vorgarn** (veraltet **Lunte**) ist ein auf der Vorspinnmaschine (Flyer) oder der Vorspinnkrempel entstandener Faden als Vorprodukt für das G.

Garnierit, ein Mineral, wichtiges Nickelerz, Varietät des Serpentins, $(Ni, Mg)_6[(OH)_8Si_4O_{10}]$, monoklin, grünlich, Härte nach Mohs 2 bis 4, D. 2,2 bis 2,7 g cm^{-3}.

Gärung, ein über viele Stufen verlaufender, durch Mikroorganismen bewirkter fermentativer Abbau von Kohlenhydraten. Man unterscheidet zwischen *anaeroben G.en* (z. B. alkoholische G., Glyzerin-, Milchsäure-, Buttersäuregärung), die

Vereinfachtes Schema der alkoholischen Gärung



in Abwesenheit von Luftsauerstoff verlaufen, und *aeroben G.en* (z. B. Essigsäure- und Zitronensäuregärung), die in Gegenwart von Luftsauerstoff stattfinden. Durch Einwirkung spezifischer Fermente oder bestimmter Mikroorganismen können die G.en so gelenkt werden, daß aus Kohlenhydraten Äthanol, Glyzerin, Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure u. a. erhalten werden können.

Bei der **alkoholischen G.** werden Hexosen, vor allem Glukose, zu Äthanol und Kohlendioxid abgebaut, wobei mehrere Stufen durchlaufen werden und verschiedene Fermente wirksam sind.

Der gleiche Prozeß bis zur Stufe der Brenztraubensäure vollzieht sich beim anaeroben Kohlenhydratstoffwechsel im Muskel. Durch das Fehlen des Fermentes Karboxylase wird diese nicht dekarboxyliert, sondern zu Milchsäure hydriert.

Gas, ein Aggregatzustand, in dem der Energieinhalt der einzelnen Moleküle größer ist als die Bindungsenergie zwischen den Molekülen, so daß sich nicht nur ihre gegenseitige Anordnung, sondern auch der Abstand zwischen ihnen beliebig verändern kann. Eine Gasmenge besitzt deshalb keine feste Gestalt und kann ein beliebig großes Volumen einnehmen. Die Beziehungen zwischen der Temperatur, dem Druck und dem Volumen einer Gasmenge werden durch die Gasgesetze (→ Zustandsgleichung, → Gasentartung) beschrieben. Unterhalb einer für jeden Stoff charakteristischen Temperatur, der kritischen Temperatur (→ kritische Daten), können die Gase durch Kompression verflüssigt werden. Die chemische Zusammensetzung von Gasgemischen wird durch die → Gasanalyse bestimmt.

Da das Volumen der G.e nach ihrer Zusammensetzung sich unter dem Einfluß sowohl der Temperatur als auch des äußeren Druckes ändert, hat man als einheitliche Rechnungsgrundlage den *Normzustand*, abg. N., geschaffen, bei dem das Volumen der technischen G.e auf eine Temperatur von 0 °C und einen barometrischen Druck von 760 Torr bezogen wird.

Bei der Beschreibung der thermodynamischen Eigenschaften der G.e in der physikalischen Chemie unterscheidet man **ideale G.e,** die streng den Gasgesetzen gehorchen, und **reale G.e,** die mehr oder weniger vom idealen Verhalten abweichen und zu deren mathematischer Erfassung viele empirische und halbempirische Gleichungen dienen, z. B. die van der Waalssche Zustandsgleichung.

Über Gase in der Technik → technische Gase.

Gasanalyse, die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Gasgemischen.

1) Durch **qualitative G.** wird ermittelt, welche Gase in einem Gasgemisch enthalten sind. Man unterscheidet alkalische Gase (z. B. Ammoniak und gasförmige Amine), saure Gase (z. B. Kohlendioxid, Chlorwasserstoff, Chlor, Schwefeldioxid, Schwefelwasserstoff, Stickstoffoxide) und neutrale Gase (z. B. Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, gasförmige Kohlenwasserstoffe, Phosgen). Die alkalischen Gase, bereits an ihrem charakteristischen Geruch erkennbar, werden durch Schütteln des Gemisches mit verdünnter Schwefelsäure gebunden; die sauren Gase werden durch Kalilauge gebunden und anschließend einzeln identifiziert; die neutralen Gase werden in die für sie spezifische Absorptionsflüssigkeit gedrückt.

2) Durch **quantitative G.** wird der prozentuale Anteil der Gase am Gasgemisch mittels chemischer, physikalischer und physikalisch-chemischer Verfahren ermittelt. a) Die *chemischen Verfahren* beruhen auf der spezifischen Absorption der einzelnen Komponenten des Gasgemisches in verschiedenen Reaktionslösungen, wobei aus der Volumenabnahme des Gases die Menge der einzelnen Komponenten bestimmt wird (**volumetrische G.**). Dazu verwendet man meist den → Orsat-Apparat, in neuerer Zeit auch vollautomatische Apparaturen. b) Zu den *physikalischen Verfahren* gehören die fraktionierte Kondensation zur Trennung von Gasgemischen, bei denen die Siedepunkte der Komponenten um mehr als 20 °C differieren, die fraktionierte Destillation für Gasgemische mit Siedepunktsdifferenzen von weniger als 20 °C, die fraktionierte Adsorption und Desorption, die heute vielfach in der Gaschromatographie (→ Chromatographie) angewendet und auch mit Hilfe von → Molekularsieben durchgeführt wird, sowie spezielle Methoden, z. B. mit dem → Rauchgasprüfer. c) Die *physikalisch-chemischen Verfahren* beruhen auf der Messung der Leitfähigkeitsänderung von Absorptionsflüssigkeiten.

Gasaufbereitung, früher auch als **Gasreinigung** bezeichnet, eine Reihe von Verfahren zur Beseitigung von Feuchtigkeit, Fremdgasen, Dämpfen und Stauben aus technischen Gasen. Die erste Stufe der G. bilden *Kühlung* und *Kondensation.* Dadurch werden einerseits unerwünschte Beimengungen, wie Wasserdampf und Kohlenwasserstoffe, weitgehend aus dem Gas ausgeschieden, und andererseits wird das Gas auf eine für die weiteren Verfahrensschritte der G. benötigte bestimmte Temperatur abgekühlt. Bei der *indirekten Kühlung* (*Oberflächenkondensation*) wird das zu kühlende Gas an Rohren (z. B. Reutterkühler und Querrohrkühler), in denen ein Kühlmittel (z. B. Wasser) fließt, entlanggeleitet und gibt dabei die Wärme durch die Rohrwandungen ab. Auf diese Art werden Gase gekühlt, die wertvolle Kondensate enthalten. Bei der *direkten Kühlung* (*Mischkondensation*) erfolgt der Wärmeentzug durch Einspritzen von Wasser in den Kühlraum (z. B. Hordenkühler und Regenkühler), wobei sich das zu kühlende Gas und das Kühlmittel mischen. Sie wird vor allem bei teerfreien Gasen, die nur von Wasserdampf und Flugstaub zu reinigen sind, angewandt.

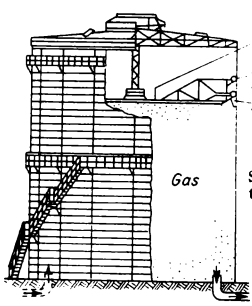
Die nach Kühlung und Kondensation im Gas verbleibenden Beimengungen und ungewünschten Bestandteile werden je nach dem Verwendungszweck des Gases durch folgende Verfahren entfernt: Zur *Entstaubung* werden verschiedenartige Entstaubungsanlagen verwendet (→ Entstaubung), zur *Entteerung* Stoßglockenteerscheider, Elektrofilter, Zentrifugalwascher mit Teer als Waschflüssigkeit oder Venturiwascher mit Teeröl als Waschflüssigkeit, zur *Entfernung von Naphthalin* statische oder dynamische Wascher für Betrieb mit Steinkohlenteeröl (Anthrazenöl) und Wascher mit Schockwirkung (Einspritzen kalten Wassers in das heiße Gas), zur *Entfernung von Schwefeloxiden* Wascher mit Frisch- oder Kreislaufwasser (gegebenenfalls unter Zugabe von Lauge), zur *Entfernung von Ruß* Wascher mit Frisch- oder Kreislaufwasser oder Öl. Zur *Entfernung von Ammoniak* dienen verschiedene Typen von mit Wasser betriebenen Waschern sowie im Gasstrom befindliche Sättiger und Sprühwascher mit Schwefelsäure als Waschflüssigkeit. Zur *Entfernung von Schwefelwasserstoff* sind Trockenreinigeranlagen mit eisen- oder kohlenstoffhaltigen → Gasreinigungsmassen im Einsatz. Für große Leistungen wendet man Naßreinigungsverfahren an, und zwar entweder Extraktionsverfahren oder physikalische Verfahren, z. B. die Druckwasserwäsche, die z. T. auch zur *Entfernung von Kohlendioxid* eingesetzt werden (→ Haber-Bosch-Verfahren). Die *Entfernung von Zyanwasserstoff* erfolgt wie bei der Trocken- oder Naßreinigung für Schwefelwasserstoff oder mit Wasser als Waschflüssigkeit, die *Abtrennung von Benzol und Benzin* durch Wascher

mit Benzolwaschöl als Absorptionsmittel, durch Aktivkohleadsorber und bei der Aufbereitung von Brenngasen unter Druck im Tiefkühlverfahren. Die *Gastrocknung* erreicht man durch Kühlung des Gases auf 2 bis 3 °C mittels Kompressions- und Absorptionskälteanlagen oder durch Absorptions- oder Adsorptionsmittel. Die *Teilentfernung der organischen Schwefelverbindungen* aus Brenngasen erfolgt z. B. durch Ölwäsche (Absorption bei erhöhter Ölbeaufschlagung der Benzolwäsche unter Niederdruck und Hochdruck), im Aktivkohleverfahren oder nach chemischen Verfahren, z. B. mit Natronlauge. Die *Teilentfernung des Kohlenmonoxids* (*Gasentgiftung*) wird durch → Konvertierung vorgenommen. Die *Teilentfernung des Stickstoffoxids* erfolgt z. B. als Nebenreaktion der Konvertierung, der Benzolgewinnung mittels Aktivkohle, der trokkenen Gasentschwefelung und der Entteerung mittels Elektrofiltern.

Lit. Schmidt: Technologie der Gaserzeugung, Bd 1 Entgasung und Verkokung von Stein- und Braunkohlen (Leipzig 1964); Simon: Gitteraufbau und Katalyse bei der Gasentschwefelung (Berlin 1961); Witte: Handb. der Energiewirtschaft, Bd IV Gasversorgung (Leipzig 1965).

Gasballastpumpen, → Vakuumpumpe.

Gasbehälter, Anlagen und Geräte zum Aufbewahren von Gasen. 1) In Gaswerken u. dgl. dienen große runde Tanks, die früher auch zur Gasmessung verwendet und daher oft als **Gasometer** bezeichnet wurden, zur Gasspeicherung. Der **Glockengasbehälter (nasser G.)** besteht aus einer unten offenen, in Rollen geführten Blechglocke, die in einen mit Wasser gefüllten Behälter taucht, mit einem Eintritts- und Austrittsrohr für das Gas. Das eintretende Gas hebt die Glocke, die den Gasraum bildet, an. Dichtungsmittel ist das Wasser. Meist besteht die Glocke aus 2 oder 3 Teilen, die sich teleskopartig ineinanderschieben. Die Abdichtung der einzelnen Teile gegeneinander erfolgt in den „Wassertassen" ebenfalls durch Wasser. Das Fassungsvermögen beträgt bis 100000 m³. Im wasserlosen **Scheibengasbehälter** (Abb.) bewegt das Gas eine Scheibe im Innern eines Stahlblechzylinders; die Abdichtung zwischen Zylinderinnenwand und Scheibenaußenrand erfolgt durch Teeröl oder Spezialfette. Die größten Scheibengasbehälter fassen



Scheibengasbehälter, teilweise aufgeschnitten

bis zu 600000 m³ und mehr Gas. Zur Speicherung von Hochdruckgas werden meist **Kugelbehälter** verwendet, die infolge des Hochdruckes wenig Raum benötigen. Bei 33,75 m lichter Weite können z. B. bei 5 at 100000 m³ Gas gespeichert werden. 2) Zur unterirdischen Gasspeicherung dienen die Ferngasleitungen, die bei ständiger Entnahme unter Druck gehalten werden, die Röhrenspeicher, d. s. Systeme einzelner Röhren, die untereinander verbunden sind und in denen das Gas unter hohem Druck steht, und die Erdspeicher, in denen das Gas entweder in porösen wasserfreien Sandschichten, die allseitig von undurchlässigem Berg umgeben sein müssen, oder in tiefliegenden porösen wasserführenden Schichten gespeichert wird. 3) In Laboratorien benutzt man G. von 5 bis 10 l Fassungsvermögen aus Glas oder Metall zum Aufbewahren von Gasen.

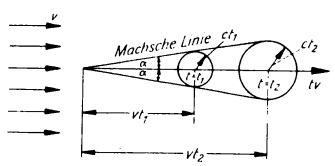
Gaschromatographie, → Chromatographie.

Gasdichtewaage, Gaswaage, ein Gerät zur Bestimmung der Dichte von Gasen durch Ermittlung des Auftriebs. In einem evakuierten Glasgehäuse befindet sich an dem Balken einer kleinen Quarzwaage eine geschlossene, evakuierte Hohlkugel mit einem offenen Hohlkörper gleicher Oberfläche im Gleichgewicht. Außerdem trägt der Waagebalken einen kleinen Permanentmagneten. Beim Einströmen des zu untersuchenden Gases in das Glasgehäuse erleidet die evakuierte Hohlkugel einen Auftrieb, der auf elektromagnetischem Wege kompensiert wird. Aus der zur Gleichgewichtseinstellung erforderlichen Stromstärke läßt sich die Gasdichte errechnen.

Gasdiffusionsverfahren, → Isotopentrennung.

Gasdruckpumpe, svw. → Pulsometer.

Gasdynamik, ein Teilgebiet der Strömungslehre. Die G. ist die Lehre von den Bewegungsgesetzen strömender Gase mit Änderungen der Dichte. Sobald die Strömungsgeschwindigkeiten v nicht mehr klein gegenüber der Schallgeschwindigkeit c sind (Machzahl $M \gtrapprox 0{,}2$), treten so große Druckänderungen auf, daß nach den Gesetzen der Thermodynamik der Gase entsprechend starke Dichteänderungen folgen. Die entscheidende



Ausbreitungsbereich einer mit der Strömung wegschwimmenden Störungsquelle (Machscher Kegel)

Ähnlichkeitskennzahl der G. ist die → Machzahl $M = v/c$. $M < 1$ bedeutet Unterschallgeschwindigkeit, $M > 1$ Überschallgeschwindigkeit. Die mathematische Behandlung beider Gebiete ist entsprechend dem verschiedenen physikalischen Charakter grundsätzlich unterschiedlich. Das Produkt aus Strömungsgeschwindigkeit v und Dichte ϱ wird *Stromdichte* genannt: $\Theta = \varrho v$. Diese besitzt bei Strömung mit Schallgeschwindigkeit ($M = 1$) ein Maximum. Daraus folgt, daß zur Beschleunigung eines strömenden Mediums im Unterschallgebiet eine Querschnittsverengung und im Überschallgebiet eine Querschnittserweiterung in Strömungsrichtung notwendig ist (→ Lavaldüse).

Während in einer Unterschallströmung die Zustandsgrößen des strömenden Gases sich nur stetig ändern, sind bei → Überschallströmungen auch unstetige Änderungen der charakteristischen Strömungsgrößen (Druck, Geschwindigkeit, Dichte und Temperatur) möglich. Befindet sich z. B. in einer Überschallströmung eine Störungsquelle, so legen die Störfronten in der Zeit t_1 bzw. t_2 im Strömungsmedium den Weg ct_1 bzw. ct_2 zurück, während das Medium selbst sich um den Weg vt_1 bzw. vt_2 stromab bewegt (Abb.). An den so entstehenden resultierenden Störungslinien, den *Machschen Linien*, ändern sich die charakteristischen Strömungsgrößen sprungartig. Die Störungen sind nur innerhalb des *Machschen Kegels* (gebildet aus den Machschen Linien) wahrnehmbar. Der Winkel zwischen Machscher Linie und Strömungsrichtung wird als *Machscher Winkel* α_M bezeichnet: $\sin\alpha = \frac{c}{v} = \frac{1}{M}$. Bei stärkeren Störungen wird die Machsche Linie

zur Verdichtungsfront (→ Verdichtungsstoß). Die Machschen Linien in Expansionsströmungen werden auch *Verdünnungslinien* genannt. Der bei vollständiger isentroper Verdichtung eines Gases auftretende Druck ist der *Ruhedruck*.

Lit. Abramowitsch: Angewandte G. (dtsch Berlin 1958); Sauer: Einführung in die theoretische G. (3. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960).

Gasentartung, ein vom normalen Verhalten abweichendes Verhalten eines Gases. Eine bestimmte G. tritt erst bei um so tieferen Temperaturen auf, je größer die Masse der Teilchen und je kleiner ihre Anzahl in der Volumeneinheit ist, deshalb konnte sie bisher nur bei den leichtesten Gasen Helium und Wasserstoff beobachtet werden. Dagegen zeigt das Elektronengas in den Metallen auf Grund der geringen Masse der Elektronen bis zu etwa 10^4 grd G.

Gasentladung, ein meist mit Leuchterscheinungen verbundenes Fließen elektrischer Ströme durch Gase und Dämpfe. Die Gase und Dämpfe werden leitend durch die Erzeugung von verschiedenen elektrischen Ladungsträgerarten in ihrem Innern. Bei den **unselbständigen G.en** werden die Ladungsträger durch äußere, von Strom und Spannung der Entladung unabhängige Einwirkungen erzeugt, z. B. durch Ionisierung infolge einfallender Strahlung oder durch Elektronenemission aus Glüh- oder Photokatoden. Hört dieser äußere Einfluß auf, so findet im Gas auch kein Stromtransport mehr statt. Die **selbständigen G.en** erzeugen die notwendigen Ladungsträger selbst durch Stoßionisation, durch Ionisierung infolge der entstehenden Stromwärme oder durch elektronenbefreiende Vorgänge an der Katode.

Die Art der G. hängt stark von Gasdruck, Stromstärke und Spannung sowie vom Elektrodenabstand ab. Bei der Glimm-, Bogen- und Funkenentladung (s. u.) wird gleichzeitig Licht ausgesandt, bei der Dunkelentladung nicht. Beim Übergang von Dunkelentladung zu Glimm- und dann zu Bogenentladung steigt die Entladungsstromstärke ständig.

Legt man an die beiden Elektroden einer mit Gas gefüllten allseitig geschlossenen → Gasentladungsröhre eine Gleichspannung, so wandern — durch das elektrische Feld beschleunigt — Ionen und Elektronen, die sich zufällig in der Röhre befinden, nach den Elektroden und treffen auf ihrem Wege zur Anode auf Gasatome oder -moleküle. Da sie auf Grund ihrer geringen Masse eine hohe Geschwindigkeit haben, reißen sie beim Auftreffen auf die Gasatome aus deren Verband jeweils ein Hüllenelektron heraus, so daß die Zahl der Ladungsträger lawinenartig wachsen kann. Die verbleibenden positiv geladenen Atomreste, die Ionen, wandern zur negativen Elektrode, der Katode, hin. Der ganze Vorgang heißt *Stoßionisation*. Die Elektronen bewegen sich viel schneller zur Anode, als die Ionen zur Katode. Dadurch entsteht eine positive Raumladung zwischen den Elektroden. Sie bewirkt ein stärkeres Spannungsgefälle nach der Katode hin, schafft in ihrer Nähe besonders günstige Ionisierungsverhältnisse und beschleunigt vor allem die positiven Ionen so stark, daß ihre kinetische Energie beim Aufprall auf die Katode ausreicht, um aus dieser neue Elektronen in großer Zahl herauszuschlagen. Dadurch geht die unselbständige Entladung in eine selbständige über. Der Wert der dabei für jede Entladungsstrecke auftretenden charakteristischen Spannung, der *Zündspannung*, wird unter anderem bestimmt durch die Abmessungen des Rohres, das Katodenmaterial, die Art des Gases und dessen Fülldruck. Die nach Einstellung des endgültigen Entladungszustandes am Entladungsrohr abfallende Spannung ist die *Brennspannung*.

Bei der **Glimmentladung** ist die Temperatur der Katode im allgemeinen nicht wesentlich erhöht. Die Glimmentladung ist von Lichterscheinungen begleitet und erfolgt in Gasen von geringem Druck (etwa 10^{-3} bis 10^2 Torr) bei Anlegen einer hinreichend hohen Spannung (mehrere hundert oder tausend Volt). Die Form der Glimmentladung ist stark vom Gasdruck abhängig. Ist der Druck höher als 10^2 Torr, so stoßen die Ionen zu oft mit Molekülen zusammen und erhalten dadurch nicht die erforderliche Geschwindigkeit. In Gasen von Atmosphärendruck treten deshalb erst bei sehr hohen Spannungen Entladungserscheinungen auf. Die Ladungsträger werden vorwiegend im Gasraum durch Stoßionisation und an der Katode durch den Aufprall der Ionen erzeugt. Ein Gleichgewichtszustand tritt schließlich ein, wenn die an der Katode freigemachten Elektronen ausreichen, um die zu ihrer Bildung nötigen Ionen zu erzeugen, d. h., wenn die Ladungsträgererzeugung die Ladungsträgerverluste (z. B. durch → Diffusion an den Wänden, → Rekombination usw.) ersetzt.

Bei der **Bogenentladung**, die sich wesentlich von der Glimmentladung unterscheidet, liefert die Katode, insbesondere durch thermische Emission (→ glühelektrischer Effekt), den größten Teil der Ladungsträger. Dadurch wird der Katodenfall sehr viel kleiner. Die Erhitzung der Katode erfolgt entweder durch die Entladung selbst (entladungsgeheizt, d. h. durch ein besonders heftiges Ionenbombardement auf die Katode) oder durch einen zusätzlichen Heizstrom (fremdgeheizt). Die Bogenentladung, z. B. beim Lichtbogen, entsteht, wenn man zwei Elektroden, z. B. zwei Kohlestäbe, kurz miteinander in Berührung bringt und dann wieder ein Stück auseinanderzieht. Da die Elektroden bei der Berührung nur an einigen Unebenheiten zusammenstoßen, fließt der ganze Strom über diese Stellen. Dabei erhitzen sie sich so stark, daß nach dem Auseinanderziehen die auf der Katode befindlichen Stellen genügend Elektronen emittieren, um die Bogenentladung zu unterhalten. Die Anode wird durch die aufprallenden Elektronen noch mehr erhitzt (bis auf etwa 4000 °K) und kraterförmig ausgehöhlt. Der Bogen selbst erreicht Temperaturen zwischen 3000 und 6000 °K, der Hochstrombogen, ein Lichtbogen mit besonders hoher Stromdichte, über 15000 °K, in Einzelfällen sogar 50000 °K (Oberfläche der Sonne etwa 6000 °K).

Eine **Funkenentladung** kann man auffassen als einen kurz andauernden, häufig mit Licht- und Schallerscheinungen verbundenen Entladungsdurchbruch, z. B. in Form eines Funkens (bei Funkeninduktoren). Zwischen Elektroden hoher Spannung werden Ionen, die sich zufällig dort befinden, so stark beschleunigt, daß sie andere Atome, mit denen sie zusammenstoßen, ebenfalls ionisieren. So entstehen zunächst unmittelbar an den Elektroden, an denen die Feldstärke meist am größten ist, Korona- und Büschelentladungen. Haben sich schließlich im Raum zwischen den Elektroden genügend viele Ionen (Träger) gebildet, so bricht, indem sehr viele neue Träger entstehen, die Entladung plötzlich von einer Elektrode unter Bildung eines Funkens zur anderen durch. Die Erscheinung der Funkenentladung benutzt man bei der *Funkenstrecke* zum Messen von Spannungen. Als Elektroden dienen hier zwei Kugeln, deren Abstand meßbar verändert werden kann. Von diesem Abstand hängt bei gegebenem Elektrodendurchmesser die Durchbruchspannung ab.

Die wichtigsten Lichterscheinungen in den Gasentladungsröhren sind das in der Nähe der Katode liegende *negative Glimmlicht* und die *positive Säule*, die unter der Voraussetzung eines hochionisierten Gases, bei dem die Konzentrationen

der Träger beider Polarität annähernd gleich sind, als → Plasma bezeichnet wird. Das Leuchten der Atome rührt daher, daß durch Stöße von Elektronen mit im Grundzustand befindlichen Neutralteilchen diese in einen höheren Energiezustand (→ Anregung) versetzt werden, dann in den Grundzustand zurückkehren und dabei die vorher aufgenommene Energie abstrahlen. Ferner spielt noch das bei der Wiedervereinigung auftretende *Rekombinationsleuchten* eine Rolle.

Das Glimmlicht und die positive Säule werden technisch in den → Gasentladungslampen ausgenutzt. Die Bogenentladung wird technisch angewendet als Lichtquelle der Bogenlampen (zwischen Kohle- oder Quecksilberelektroden), beim Schweißen und Schneiden, in Schmelzöfen (→ Elektroofen), in der Chemie vor allem zur NO-Darstellung für die Salpetersäure-Synthese. Eine Art Lichtbogenentladung benutzt man auch bei der Kernfusion zur Herstellung des Gasplasmas.

Allen G.en muß ein Widerstand vorgeschaltet werden, da ihr innerer Widerstand mit wachsender Stromstärke abnimmt, bei gegebener Spannung also kein bestimmter Wert der Stromstärke erreicht wird, sondern diese so große Werte annehmen kann, daß die Röhre zerstört wird. Bei Wechselstrombetrieb kann man den Widerstand durch eine Drosselspule ersetzen.

Lit. Flügge: Handb. der Physik, Bd 21 und 22 (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1956); Kapzow: Elektrische Vorgänge in Gasen und im Vakuum (dtsch Berlin 1955).

Gasentladungslampen, Lampen, in denen die sichtbare oder unsichtbare Strahlung ausgenutzt wird, die beim Stromdurchgang durch Gase entsteht, → Gasentladung. Sie bestehen im wesentlichen aus einem evakuierten Glasrohr, in das 2 Elektroden eingeschmolzen sind und das mit einem Edelgas oder leicht verdampfbarem Metall (Natrium, Quecksilber) gefüllt ist. Form, Aufbau, Füllung und Druck sind bei den G. entsprechend dem Verwendungszweck sehr verschieden. Hinsichtlich des Druckes unterscheidet man Niederdruck-, Hochdruck- und Höchstdrucklampen, hinsichtlich der Betriebsspannung Nieder-, Mittel- und Hochspannungsröhren, hinsichtlich der Elektrodenart G. mit Kaltelektroden und G. mit Glühelektroden (ohne oder mit Vorheizung). In bezug auf die Füllung spricht man von → Metalldampflampen und → Edelgaslampen. Auch nach der Art der ausgenutzten Leuchterscheinung kann man die G. einteilen. In den → Glimmlampen ist das negative Glimmlicht der Lichtträger. Bei → Bogenlampen geht die Strahlung von den hocherhitzten Elektroden aus. Die technisch wichtigste Leuchterscheinung ist die positive Säule, die in → Leuchtröhren und Metalldampflampen ausgenutzt wird.

Gasentladungsröhre, ein evakuierbares Gefäß aus Glas, Quarz, Keramik oder Metall, in das zwei oder mehr Elektroden eingeschmolzen sind. G.n dienen zur Untersuchung elektrischer Entladungen in Gasen und im Hochvakuum (→ Gasentladung) und zur Erzeugung von Katodenstrahlen. Sonderformen der G. sind die → Gasentladungslampen; eine technisch wichtige G. ist das → Thyratron. Die ersten, nach ihrem Hersteller benannten G.n waren die **Geißlersche Röhre** (zu Demonstrationszwecken und zur Erzeugung von Gas- und Metalldampfspektren für spektroskopische Untersuchungen) und die **Crookessche Röhre** (zur Demonstration der Eigenschaften von Katodenstrahlen).

Gasfeuerung, eine Feuerungsart unter Verwendung von Brenngasen. Die G. dient zum Beheizen in Industrie (besonders Hüttenwerken und Schwereien), Gewerbe und Haushalt. Sie besitzt neben Vorteilen hinsichtlich Transport, Sauberkeit, Vorratshaltung und Messung vor allen Dingen den Vorteil, daß das Gas-Luft-Gemisch genau geregelt und damit der Verbrennungsvorgang unveränderlich eingestellt werden kann.

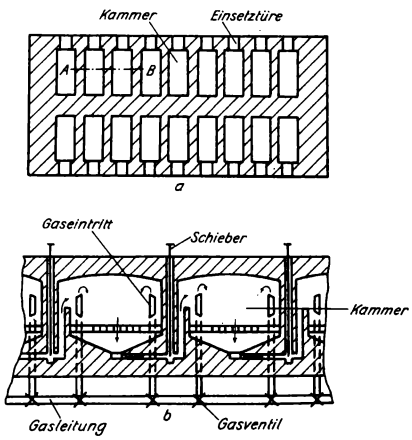
Gasfilter, → Filter 1), → Atemschutzfilter.

Gasgesetze, Gesetze der Thermodynamik, die die thermischen und kalorischen Wechselbeziehungen der Gase beschreiben. Hierzu gehören die thermische und kalorische → Zustandsgleichung der Gase, das → Boyle-Mariottesche Gesetz, das → Amontonssche Gesetz, die → Gay-Lussacschen Gesetze, der → Joule-Thomson-Effekt u. a.

Unter **Gasgesetz** im engeren Sinne versteht man die thermische Zustandsgleichung idealer Gase: $pV = n\,R\,T$, wobei p = Druck, V = Volumen, T = absolute Temperatur und R = von der Gasart unabhängige **Gaskonstante.** R hat den Wert 8,314 Joule $grd^{-1}\ mol^{-1} = 1{,}99$ cal $grd^{-1}\ mol^{-1} = 0{,}082$ l atm $grd^{-1}\ mol^{-1}$ und ist die Arbeit, die von einem Mol des Gases unter konstantem Druck bei Erwärmung um 1 °C geleistet wird. V beträgt bei 0 °C und 1 at für alle Gase 22,4 l mol^{-1}.

Gasieren, das → Sengen von Garnen.

Gaskammerringofen, ein kontinuierlich arbeitender, mit Gas betriebener keramischer → Brennofen zum Brennen von Steingut, Steinzeug, Elektroporzellan, Schamotte u. a. Der G. vereinigt in sich Rund- und Ringofen. Sein Brennraum besteht aus bis zu 28 Kammern, die zu einem Ofenblock zusammengebaut und mit Verbindungskanälen versehen sind, so daß ein kontinuierlicher Betrieb möglich ist. Das Gas strömt durch Öffnungen in der Ofensohle oder in der Seitenwand in die Kammer ein und verbrennt dort. Die Rauchgase gelangen durch Abzugslöcher in die nächste Kammer, wo sie die dort fertig gesetzte Ware vorwärmen. Feinkeramische Ware steht zum Schutz vor dem direkten Einwirken der Flamme in Kapseln. Die zur Verbrennung notwendige Luft strömt durch die bereits abgebrannten Kammern, kühlt die Ware und erhitzt sich dabei selbst. Das Feuer wandert so durch sämtliche Kammern. Jede Kammer kann für sich oxydierend (z. B. bei Steingut) oder reduzierend (z. B. bei Porzellan, um die Eisenoxide im Scherben zu reduzieren) gebrannt werden. Der G. arbeitet wirtschaftlicher als der Rundofen.



Gaskammerringofen: *a* Grundriß, *b* Schnitt A–B durch zwei Kammern

Gasmaschine, svw. → Gasmotor.

Gasmaske, unexakte Bezeichnung für ein Atemschutzfiltergerät (→ Atemschutzgeräte) mit Atemanschluß in Form von Halb- oder Vollmasken.

Gasmesser, svw. → Gaszähler.

Gasmotor, Gasmaschine, ein mit Brenngasen betriebener Verbrennungsmotor (Ottomotor). Er wird besonders in Hüttenwerken verwendet, in denen große Mengen Gichtgas zur Verfügung stehen; die Leistung der Einzelmaschinen beträgt hier 500 bis 10000 PS. Auch Kraftfahrzeugmotoren wurden früher mit Brenngas (Generatorgas) betrieben.

Gasöl, eine mittlere Erdölfraktion mit den Siedegrenzen 250 und 400 °C. Der Heizwert beträgt 10000 kcal kg^{-1}. G. wird heute als Dieselkraftstoff und leichtes Heizöl verwendet.

Gasometer, → Gasbehälter.

Gasreinigung, → Gasaufbereitung.

Gasreinigungsmasse, ein Produkt zum Entfernen von Schwefelwasserstoff aus technischen Gasen bei Temperaturen zwischen 20 und 60 °C und von organischen Schwefelverbindungen aus Synthesegas bei Temperaturen um 300 °C. Als G.n zum Binden von Schwefelwasserstoff verwendet man Raseneisenerz, Eisenhydroxidschlämme aus der Wasserenteisenung, Beizschlämme, aktivierte kohlenstoffhaltige Substanzen (z. B. Aktivkohle) und aktivierte Schwefelkiesabbrände. Zur Entfernung der organischen Schwefelverbindungen dienen eisenoxidhaltige Massen. Aus der schwefelbeladenen G. kann man Schwefelsäure, Sulfitlauge und Schwefel gewinnen.

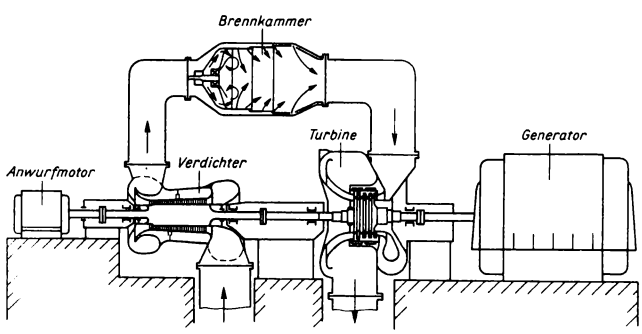
Gasringofen, → Ringofen.

Gasstrahlpumpe, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

Gastroskop, ein → Endoskop.

Gasturbinenanlage (Tafel 9), kurz **Gasturbine,** → Wärmekraftmaschine, die die kinetische und thermische Energie heißer Verbrennungsgase zur Leistung mechanischer Arbeit ausnutzt. G.n werden als Luftfahrttriebwerk (Gasturbinentriebwerk, → Luftstrahltriebwerk) verwendet, sie haben außerdem auf Grund ihrer einfachen Gestaltung und Regelung große Bedeutung als Antriebsmaschinen für verschiedene Verwendungszwecke erlangt. G.n werden hauptsächlich zur Elektroenergieerzeugung als Spitzenlastanlage (Antrieb von Generatoren in Gasturbinenkraftwerken, → Wärmekraftwerk) und als Notstromaggregat, aber auch zum Antrieb von Kraftfahrzeugen, Lokomotiven, Schiffen, Pumpen, Gebläsen u. a. eingesetzt.

Eine G. setzt sich aus den Hauptaggregaten Verdichter, Brennkammer und Turbine zusammen. Im *Verdichter* (Radial-, Axialverdichter) wird das Arbeitsmedium (Luft, Helium, Kohlendioxid und andere Gase) verdichtet. In der nachgeschalteten *Brennkammer* (s. u.) wird dann durch Verbrennung eines Brennstoffes Energie zugeführt und damit die Temperatur des Arbeitsmediums erhöht. Die heißen Verbrennungsgase werden zur *Turbine* (*Gasturbine*: Axialturbine, für kleinere Leistungen auch Radialturbine) geführt, in der sie sich entspannen und dabei mechanische Arbeit leisten. Die Verbrennungsgase werden nach der Turbine in die Atmosphäre ausgestoßen.



Schema einer einwelligen, offenen Gasturbinenanlage mit Gleichdruckverbrennung zur Elektroenergieerzeugung

Die Nutzleistung der G. ist die Differenz von Turbinen- und Verdichterleistungen. Die Nutzleistung verhält sich zur Turbinenleistung ungefähr wie 1:2 bis 1:3. Durch einen Anwurfmotor wird die Drehzahl der Gasturbine vom Stillstand bis zum Freilauf gesteigert. Bei Freilaufdrehzahl wird keine zusätzliche Energie des Anwurfmotors mehr benötigt, und die in der Turbine sich entspannenden Arbeitsgase leisten eine ausreichende mechanische Arbeit, um die Drehzahl der Gasturbine allein bis zur Nenndrehzahl zu erhöhen. Das größte Anfahrmoment beträgt ungefähr 10% des Nenndrehmomentes.

G.n werden mit geschlossenem und offenem Prozeß ausgeführt. a) Beim geschlossenen Prozeß wird die Wärmeenergie der Verbrennungsgase über einen nach dem Verdichter geschalteten Wärmeübertrager an das Arbeitsmedium in einem in sich geschlossenen Kreislauf übertragen. Durch die Verbindung der Erzeugung von elektrischer Energie und Heizwärme ergeben sich gute Wirkungsgrade. Vorteile sind Verwendung beliebiger Brennstoffe, hoher Kreislaufdruck, geringe Maschinenabmessungen, keine Verschmutzung der Turbine. Nachteilig sind die großen Abmessungen des Wärmeübertragers und der Kühlwasserbedarf. Die bisher ausgeführten G.n mit geschlossenem Prozeß liegen im mittleren Leistungsbereich von 15 MW (Megawatt). b) Beim offenen Prozeß saugt der Verdichter Luft aus der Atmosphäre an. Gasturbinen größerer Leistung mit größerem Luftdurchsatz bevorzugen mehrstufige Axialverdichter. Radialverdichter sind zweckmäßigerweise für Gasturbinen mit kleinerer Leistung und kleinem Luftdurchsatz einzusetzen, da sie hohe Stufendrücke haben. Durch ihre schnelle Einsatzbereitschaft, ihr geringes Bauvolumen, ihre geringe Masse und ihre einfache Bauweise hat sich die Gasturbine mit offenem Prozeß gegenüber der Gasturbine mit geschlossenem Prozeß durchsetzen können. Zur Zeit werden G.n mit offenem Prozeß im Leistungsbereich bis 50 MW gefertigt; G.n mit größeren Leistungen sind projektiert.

Bei beiden Prozessen wird dem verdichteten Luftstrom in der Brennkammer der flüssige, gasförmige oder feste Brennstoff direkt zugeführt, bei flüssigen Brennstoffen meist durch Düsen (Dralldüsen, rotierende Düsen) zerteilt und nach dem Vermischen bei konstantem Druck verbrannt. Die Brennkammern werden nach ihrer Durchströmungsrichtung in Gleich- und Gegenstrombrennkammern eingeteilt, nach ihrer geometrischen Form in Rohrbrennkammern, Ringbrennkammern und Ring-Rohr-Brennkammern. Die Verbrennung erfolgt im allgemeinen als Gleichdruckverbrennung, bei der sich der Druck nicht erhöht. Daneben hat eine gewisse Bedeutung die *Gleichraumverbrennung* erlangt, bei der die Verbrennungsgase durch aufeinanderfolgende Explosionen in einem Raum mit gleichem oder annähernd gleichem Volumen erzeugt werden.

Um höhere Wirkungsgrade und auch bessere Regelmöglichkeiten zu erreichen, schaltet man oft mehrere Verdichter, Brennkammern und Turbinen einer G. parallel oder hintereinander zusammen und verteilt Verdichter und Turbinen auf mehrere Wellen. Ein Teil der Wärme der Abgase, die mit noch hoher Temperatur aus der Turbine austreten, kann durch einen Wärmeübertrager zur Vorwärmung der verdichteten Luft zurückgewonnen werden.

Besondere Bedeutung hat das Luftfahrttriebwerk als Gaserzeuger für G.n zur Erzeugung von elektrischer Energie in Spitzenlastanlagen gewonnen. Arbeiten einige Luftfahrttriebwerke als

Gaserzeuger auf eine oder auf mehrere auf einer Welle angeordnete Turbinen, so sind auch größere Leistungen zu erreichen (150 MW). Für diese G.n ist die geringe Baugröße und Wartung sowie die schnelle Einsatzbereitschaft charakteristisch.

Durch die Verbindung eines Freikolbengenerators (→ Freikolbenmaschine) als Gaserzeuger mit einer G. entsteht die **Freikolben-Gasturbinenanlage** oder **Freikolben-Turboanlage**, die z. B. als Schiffsantrieb verwendet wird. Sie zeichnet sich durch einen dem Dieselmotor annähernd gleich hohen Wirkungsgrad aus.

Lit. Inosemzew: Wärmekraftmaschinen, Bd 3 (dtsch Berlin 1953); Handb. der Energiewirtschaft, Bd I (2. Aufl. Leipzig 1965).

Gasturbinentriebwerk, ein → Luftstrahltriebwerk.

Gasverflüssigung, die Überführung eines Gases oder Gasgemisches in den flüssigen Aggregatzustand. Die G. wird im Prinzip durch Abkühlung eines Gases, z. B. Luft **(Luftverflüssigung)**, bis unter die kritische Temperatur bei gleichzeitiger Einwirkung des kritischen Druckes erreicht. Die kritische Temperatur beträgt z. B. für Luft −140,7 °C, der kritische Druck 38,4 at. Ist die Temperatur niedriger als −140,7 °C, so ist der zur G. nötige Druck entsprechend geringer, z. B. bei −194,4 °C nur 1 at.

Die wichtigsten Verfahren zur technischen Durchführung der Luftverflüssigung sind 1) das klassische Verfahren nach Linde durch Kompression des Gases oder der Luft bis auf 200 at, Abkühlung in einem Wärmeaustauscher und anschließende Drosselentspannung (Ausnutzung des Joule-Thomson-Effektes); 2) das Verfahren nach Claude-Heylandt, bei dem nach Kompression ein Teil des Gases durch Entspannung in einer Entspannungsmaschine stark abgekühlt wird und der Abkühlung des restlichen Druckgases dient. Dieses wird anschließend in einem Drosselventil entspannt, wobei ein Teil Flüssigkeit entsteht.

Flüssige Luft ist wasserklar bis bläulich; sie wird in Dewarschen Gefäßen aufbewahrt und dient zum Arbeiten bei tiefen Temperaturen.

Auf G. beruht die Gaszerlegung, insbesondere die *Luftzerlegung* zur Gewinnung von Sauerstoff, Stickstoff und Edelgasen; dabei werden bei Verarbeitung großer Gasmengen an Stelle von Rohrwärmeaustauschern, wie beim Verfahren von Linde und Claude-Heylandt, Regeneratoren verwendet (Linde-Fränkel-Verfahren).

Gaswaage, svw. → Gasdichtewaage.

Gaszähler, Gasmesser, ein Gerät, das ein durchtretendes Gasvolumen laufend zählt und die verbrauchten Liter oder Kubikmeter anzeigt. 1) Der **trockene G.** wird für Haushalt, Gewerbe und Industrie (Kleinverbrauch) verwendet: Beim **Zweibalgenzähler** mit Schiebersteuerung ist in zwei Meßkästen je eine Ledermembran mit steifer Kolbenplatte gasdicht eingefaßt, so daß insgesamt vier Meßräume entstehen. Das in einen vorderen Meßraum eintretende Gas drückt die Membran nach hinten und damit das im hinteren Meßraum enthaltene Gas hinaus. Der Schieber, ein Absperrelement, regelt den Ein- bzw. Auslaß des strömenden Gases. Die Bewegung wird auf ein Uhrzeiger- oder ein Rollenzählwerk übertragen. Beim **Einbalgenzähler** mit Ventilsteuerung wird über eine Kippschaltvorrichtung das gleichzeitige, plötzliche Umschalten von Ventilen ausgelöst, so daß nur zwei Membrankammern, getrennt durch eine Membran, für den Zählvorgang notwendig sind. 2) Der **nasse G.**, der älteste G. überhaupt, bei dem das Gas eine in Wasser laufende Trommel dreht, hat eine genaue Anzeige und wird heute noch als Experimentiergaszähler in Laboratorien verwendet. 3) **Drehkolbengaszähler** und **Schraubenradgaszähler** für den Großverbrauch können auch bei Hochdruck betrieben werden, wobei die Umrechnung auf m^3 i. N. automatisch durch besondere Mengenumwerter durchgeführt werden kann. 4) Gaszählung nach strömungstechnischen Verfahren: Beim **Durchflußmeßverfahren** wird mit Hilfe von Drosselgeräten (Drosselblende, -düse oder Venturirohr) ein Differenzdruck (Wirkdruck) hervorgerufen, dessen Höhe ein Maß für die durchfließende Gasmenge darstellt. Als anzeigende und registrierende Geräte werden meist → Ringwaagen verwendet. Bei den **Schwimmermessern (Rota-Messer)** wird bei gleichbleibendem Wirkdruck ein Schwebekörper entsprechend der durchfließenden Gasmenge gehoben, bei der Staudruckmessung (→ Prandtlrohr) ergibt sich die durchfließende Gasmenge aus der Höhe des Staudrucks.

Gatsch *m*, **Fischer-Gatsch,** ein Gemisch höherer Paraffinkohlenwasserstoffe etwa der Kettenlänge $C_{18}H_{38}$ bis $C_{30}H_{62}$ von salbenartiger Konsistenz. G. fällt z. B. bei der Verarbeitung von Braunkohlenteer auf Hartparaffin, bei der Fischer-Tropsch-Synthese und bei der Schmierölentparaffinierung an.

Gatter, → Sägen.

Gaufrieren, das Einprägen von Mustern in textile Stoffe, Papier, Pappe und Karton. Es erfolgt mittels eines Gaufrier- oder Prägekalanders, → Kalander.

Gauge, Kurzz. **gg**, Einheit für die Maschenfeinheit von Damenstrümpfen. Das G. gibt die Anzahl der Nadeln in der Flachkulierwirkmaschine (Cottonwirkmaschine) an bzw. die Anzahl der Maschen auf $1^1/_2$ englische Zoll (37,5 mm) Warenbreite. Feine Damenstrümpfe haben 51 gg, feinste 60 gg.

Gauß, Kurzz. **G** oder **Gs**, nach dem deutschen Mathematiker und Physiker K. F. Gauß benannte alte Einheit der magnetischen Flußdichte oder der magnetischen Induktion. $1\ G = 10^{-4}\ Wb\ m^{-2}$ (Weber/Quadratmeter) $= 10^{-8}\ Vs\ cm^{-2}$ (Voltsekunde/Quadratzentimeter) $= 10^{-4}\ T$ (Tesla). **Kilogauß,** Kurzz. **kG**, $= 10^3$ G.

In der Geophysik benutzte man die Kurzz. Γ **(Großgauß)** und γ **(Kleingauß)** für die Einheit der magnetischen Feldstärke. $1\ \Gamma = 10^5\gamma$ = 0,795 8 Aw/cm (Amperewindung/Zentimeter) = 0,795 8 A/cm (Ampere/Zentimeter) = 1 Oe (Oersted).

Gauß-Krüger-Koordinatensystem, das die Berechnungsgrundlage aller amtlichen Vermessungsarbeiten bildende Koordinatensystem. Das G.-K.-K. fußt auf dem von dem Mathematiker Gauß angegebenen und von dem Geodäten Krüger für praktische Zwecke ausgearbeiteten konformen → Kartennetzentwurf (querachsige Zylinderprojektion). Da bei größerer Ost-West-Ausdehnung des abzubildenden Gebietes die Randverzerrungen zu stark werden, beschränkt man sich je nach Verwendungszweck auf Streifen von 3° bzw. 6°, deren Mittelmeridian jeweils die Hochachse und deren Äquator die Rechtsachse bildet. Somit entstehen rings um die Erde zahlreiche Koordinatensysteme, deren Nullpunkte sämtlich auf dem Äquator liegen. Um eindeutig festzulegen, zu welchem System ein Punkt gehört, erhalten die Rechtswerte Kennzahlen.

Gaußsches Fehlerverteilungsgesetz, → Fehler.

Gaußsche Zahlenebene, → Zahlenebene von Gauß.

Gay-Lussacsche Gesetze. Als 1. **Gay-Lussacsches Gesetz** bezeichnet man das 1802 von J. L. Gay-Lussac gefundene Gesetz der Wärmeausdehnung der Gase bei konstantem Druck p. Bei Temperaturerhöhung um 1 °C dehnen sich die Gase um $\alpha = 1/273{,}15$ des Volumens V_0 bei 0 °C aus: $V_t = V_0\ (1 + \alpha\ t)$. α ist der kubische oder thermische Ausdehnungskoeffizient und t die Celsius-Temperatur, die mit der absoluten

Temperatur T in folgendem Zusammenhang steht: $T = (t + 273{,}15)$ °K.

Als **2. Gay-Lussacsches Gesetz** (aufgestellt 1807) bezeichnet man die Tatsache, daß bei idealen Gasen die innere Energie U nur von der Temperatur und nicht von den übrigen thermischen Zustandsgrößen abhängt. So tritt bei adiabatischer Expansion eines idealen Gases ohne Arbeitsleistung, z. B. in ein Vakuum, keine Temperaturänderung ein.

G.-L. G. der einfachen Gasvolumina: Gasförmige Elemente verbinden sich in einfachen ganzzahligen Volumenverhältnissen. *Beispiele*: 1 l Wasserstoff H_2 verbindet sich mit 1 l Chlor Cl_2 zu 2 l Salzsäuregas HCl: $1\,l\ H_2 + 1\,l\ Cl_2 \rightarrow 2\,l$ HCl, oder 1 l Sauerstoff O_2 und 2 l Wasserstoff H_2 zu 2 l Wasserdampf H_2O: $1\,l\ O_2 + 2\,l\ H_2 \rightarrow 2\,l\ H_2O$. Dies läßt sich erklären mit dem Avogadroschen Gesetz, wonach gleiche Volumina verschiedener Gase bei gleicher Temperatur und gleichem Druck gleich viele Moleküle enthalten.

Gaze, ein weitmaschiges, feinfädiges Gewebe in Leinwand- oder Dreherbindung (→ Bindung).

Gb, Kurzz. für → Gilbert.

GCA, ein → Anflug- und Landesystem.

gcal, Kurzz. für → Grammkalorie.

Gd, Symbol für → Gadolinium.

Ge, Symbol für → Germanium.

Geantiklinale, → Gecsynklinale.

Gebinde, 1) ein Sparrenpaar bei Dachkonstruktionen aus Holz mit den dazugehörigen Verbandshölzern, → Dach, Abschn. I 1.

2) eine Reihe von Dachschiefern, parallel zur Traufe oder im Winkel zur Traufe verlegt, → Dach.

Gebirge, 1) Geographie: zusammenfassender Begriff für ausgedehnte hochgelegene, in Berge, Hochflächen und Täler gegliederte Gebiete der Erdoberfläche, die zum Vorland durch einen deutlichen Gebirgsfuß abgegrenzt sind oder in ein Hügelland übergehen.

Nach der Reliefenergie unterscheidet man **Mittelgebirge** (z. B. Thüringer Wald) und **Hochgebirge** (z. B. Alpen), nach der Gliederung **Kammgebirge,** die sich von einem Gebirgskamm aus nach beiden Seiten abdachen (z. B. Riesengebirge), **Kettengebirge,** die durch Täler in einzelne Ketten gegliedert sind (z. B. Alpen), und **Plateaugebirge** mit ausgedehnten Hochflächen (z. B. Schwäbische Alb).

Nach der Entstehung gliedert man in tektonische und vulkanische G. 1) **Tektonische G.** werden durch tektonische Vorgänge gebildet. Man unterscheidet a) **Faltengebirge,** die durch Faltung plastischer Gesteinsschichten in Geosynklinalmeeren und durch Heraushebung der gefalteten Teile aus dem Meer entstehen (z. B. Schweizer Jura); b) **Deckengebirge,** durch Überschiebungen und Überfaltungen von Krustenteilen bei sehr starkem einseitigem Druck im Gefolge einer Faltung entstanden (z. B. Alpen); c) **Bruchfaltengebirge,** gebildet durch Faltung und Bruchbildung (Eggegebirge); d) **Block-, Schollen-** oder **Bruchgebirge,** durch Hebungen, Senkungen und Kippungen größerer Schollenteile an steilen Verwerfungen entstanden (z. B. Oberfränkisches Schollenland); e) **Rumpfgebirge,** allgemein ein tektonisches G., dessen ursprüngliche Formen durch Verwitterung und Abtragung zerstört worden sind (z. B. die variszischen Kerne der Mittelgebirge in der DDR). 2) **Vulkanische G.** sind durch Bildung mehrerer Vulkanberge um verschiedene Eruptionspunkte entstanden (z. B. Vogelsberg und Siebengebirge).

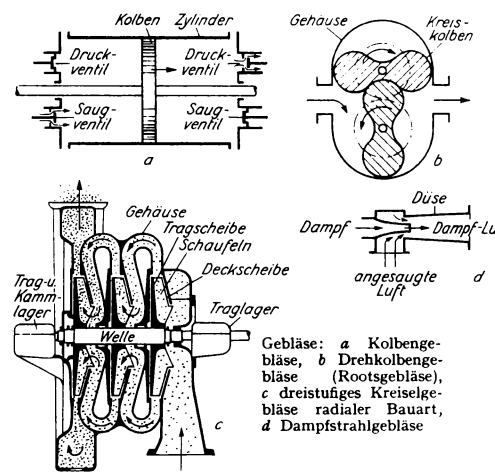
2) Bergbau: das eine Lagerstätte umgebende anstehende Gestein. Die über einem Kohlen- oder Erzflöz oder auch über einer Lagerstätte liegenden Teile des G.s nennt man **Deckgebirge.** Als **Gebirgsdruck** bezeichnet man die Druckerscheinungen, die im G. entstehen, wenn es durch Auffahren von Grubenbauen gestört wird. Durch den Gebirgsdruck können das Hangende abgesenkt werden oder hereinbrechen, die Sohle emporgepreßt werden (quellen), die Stöße eingedrückt werden und Stein- oder Gebirgsschläge entstehen. Letztere sind großräumige Entspannungen des G.s, die zu starken Zerstörungen bzw. zum Einsturz von Grubenbauen führen können. Der Gebirgsdruck wird vielfach, besonders im Steinkohlenbergbau, zur Erleichterung des Abbaus ausgenutzt.

Gebirgsbildung, svw. → Tektogenese.

Gebläse, eine Arbeitsmaschine zum Verdichten von Luft und anderen Gasen mit einem Druckverhältnis (Enddruck : Anfangsdruck) von über 1,1 bis 3,0 (im Gegensatz zu → Lüfter und → Verdichter). Man unterscheidet Kolben-, Drehkolben-, Kreisel- und Strahlgebläse.

1) Bei **Kolbengebläsen** (Abb.) saugt ein sich in einem Zylinder hin- und herbewegender Kolben beim ersten Hub das Gas durch Saugventile an, verdichtet es während des zweiten Hubes und fördert es nach Öffnen des Druckventils in die Druckleitung. Kolbengebläse werden z. B. verwendet zum Farbspritzen, zum Einstampfen von Modellen in der Formerei, zur Spänebeseitigung, in Laboratorien.

2) Bei **Drehkolbengebläsen** strömt das Gas aus dem Saugstutzen in den von den Drehkolben oder Schiebern freigegebenen Arbeitsraum und wird entweder während der Förderung zum



Gebläse: *a* Kolbengebläse, *b* Drehkolbengebläse (Rootsgebläse), *c* dreistufiges Kreiselgebläse radialer Bauart, *d* Dampfstrahlgebläse

Druckstutzen hin im Arbeitsraum oder erst beim Ausstoß in den Druckstutzen verdichtet. Zu den Drehkolbengebläsen gehören G. verschiedener Systeme (z. B. Roots, Jäger, Enke), Zellen-, Schrauben- und Flüssigkeitsringgebläse. Rootsgebläse (Abb.) werden mit Förderströmen bis zu 20000 m³/h und einem Druckverhältnis bis zu 2,0 zur Erzeugung von Druckluft oder als Vakuumpumpe zur Erzeugung eines Unterdruckes verwendet. Dabei fördern zwei durch ein Zahnradpaar angetriebene Kreiskolben mit lemniskatenähnlichen Abwälzkurven die Luft von der Saug- auf die Druckseite. Dort erfolgt die Druckerhöhung schlagartig (irreversible Zustandsänderung) durch den Gegendruck, der sich durch die bei jeder Umdrehung erfolgte Luftzuführung im Druckraum aufgebaut hat. Kreiskolbengebläse werden unter anderem in Gießereien für Kupolöfen zur Erzeugung des Gebläsewindes oder als Spül- und Ladegebläse für Verbrennungsmotoren eingesetzt, Zellengebläse z. B. in der polygraphischen Industrie zur Erzeugung von

Blasluft bei Bogenanlegermaschinen und Druckautomaten oder in der Landwirtschaft für Melkanlagen.

3) Bei **Kreiselgebläsen** oder **Turbogebläsen** (Abb.) erfolgt die Energieübertragung auf das Gas durch umlaufende, mit Schaufeln besetzte Räder, wobei eine Steigerung von Druck und Geschwindigkeit eintritt. Nach der Hauptströmungsrichtung des Fördermittels unterscheidet man Radial- und Axialgebläse. Kreiselgebläse werden je nach gefordertem Verwendungszweck, Enddruck und Fördermittel ein- oder mehrstufig ausgeführt. Der Förderstrom beträgt bis zu 120000 m³/h für Radialgebläse und bis zu 300000 m³/h für Axialgebläse. Kreiselgebläse werden z. B. bei Dampfkesseln als Saugzug- und Unterwindgebläse eingesetzt, um bessere Kesselwirkungsgrade zu erzielen, als Spül- und Ladegebläse für Flugmotoren zur Aufrechterhaltung der Leistung in größerer Höhe und (besonders in der Landwirtschaft) zur pneumatischen Förderung (→ pneumatische Förderer). Bei Fördergebläsen wird das Fördergut, z. B. Spreu, Häcksel, direkt durch das Gebläselaufrad geleitet (Schleuderradgebläse). Nachteilig ist, daß das Material durch die Schlagwirkung der Schaufeln beschädigt werden kann. Bei empfindlichem Fördergut, z. B. Körnern, verwendet man deshalb G., die nur Luft ansaugen und hinter denen ein Trichter (Injektorschleuse) angeordnet ist, durch den das Fördergut in den Luftstrom geleitet wird.

4) Bei **Strahlgebläsen** (Abb.) tritt ein Dampf- oder Wasserstrahl aus einer Düse in ein erweitertes Rohr, erzeugt dabei einen Unterdruck und saugt das Fördermittel an. Sie erreichen Druckverhältnisse bis 3,0. Strahlgebläse werden beim mittelbaren Saugzug von Kesselfeuerungen sowie zur Grubenbewetterung eingesetzt.

Der Antrieb von Kolben-, Drehkolben- und Kreiselgebläsen erfolgt durch Elektromotoren, bei höheren Drehzahlen unter Verwendung eines Getriebes, ferner durch Dampf- oder Gasturbinen sowie Dieselmotoren.

Lit. Kluge: Kreiselgebläse und Kreiselverdichter radialer Bauart (dtsch Berlin 1953).

gedruckte Schaltung, der Aufbau einer Schaltung in einer Ebene unter Verwendung von Leitungszügen aus Kupferfolie, die sich auf einem Isolierträger befinden. Als Isolierträger wird vorwiegend kupferkaschiertes Hartpapier verwendet. Das Aufbringen der Schaltung erfolgt meistens im Offset- oder Siebdruckverfahren. Auch photographische Methoden sind möglich. Die eigentliche Herstellung der Leitungszüge geschieht vorwiegend im Ätzverfahren. Dabei bildet die Druckfarbe eine ätzfeste Abdeckung, so daß die nicht bedruckten Stellen im Ätzbad (z. B. Eisenchloridlösung) entfernt werden. Danach erfolgt die Bestückung der Leiterplatten, wobei automatische Verfahren seit längerer Zeit im Einsatz sind. Die Herstellung der Verbindung erfolgt mit Hilfe des Tauchlötverfahrens. Diese Schaltungstechnologie ermöglicht vor allem in der Funk- und Fernmeldetechnik automatische Herstellungsmethoden und eine Steigerung der Zuverlässigkeit.

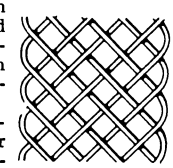
Lit. Seidel: G. S. (Berlin 1959).

Gefach, im Fachwerk- und Skelettbau Bezeichnung für ein durch Stiele und Riegel begrenztes Wandfeld.

Gefälle, der Höhenunterschied zweier Punkte (**absolutes G.**) oder das Verhältnis dieses Unterschiedes zur waagerechten Entfernung der beiden Punkte (**relatives G.,** → Neigung). Das G. im Straßenbau wird in Prozent (%) angegeben, das G. im Eisenbahnbau sowie im Fluß- und Kanalbau in Promille (‰), d. i. der Höhenunterschied in m bezogen auf 100 m (Prozent) bzw. auf 1000 m (Promille). Bei Wasserkraftanlagen spricht man statt von G. von → Fallhöhe.

Gefäßöfen, Industrieöfen, in denen sich das Reaktionsgut in feuerfest ausgekleideten Gefäßen befindet, z. B. in Muffeln (→ Muffelofen), Häfen (Hafenofen, → Glas), Tiegeln (→ Tiegelofen), Röhren (Röhrenofen, → Reaktionsöfen).

Geflecht, ein schmaler textiler Stoff aus sich kreuzenden Fäden, die diagonal von einem Rand zum anderen laufen und dann umkehren. Einfachstes G. ist der Zopf. Nach der Zahl der Fäden unterscheidet man drei-, fünf-, sieben-, zehn- usw. fädige G.e, nach Art der Überkreuzung ein-zwei-, dreiflechtige G.e, d. h. ein Faden überkreuzt einen, ein Faden überkreuzt zwei, einer drei usw. oder zwei überkreuzen zwei, drei überkreuzen drei usw. G.e werden von Hand oder auf **Flechtmaschinen** hergestellt, bei denen die Träger der Spulen (Klöppel) auf sich kreuzenden Bahnen bewegt werden. Wichtige G.e sind Litzen, geflochtene Schnüre, Schnürriemen.



Geflecht

Gefrierschutzmittel, Frostschutzmittel, chemische Stoffe, die den Gefrierpunkt von Wasser herabsetzen. G. sind z. B. Natrium- und Kaliumchlorid, Methanol, Glykol, Glyzerin, Glyzerin-Methanol-Gemische. Man verwendet sie bei Kraftwagenkühlern, Gasuhren und Sammelheizungen, neuerdings vor allem Magnesiumchloridlauge im Straßen-Winterdienst. Über G. im Bauwesen → Zusatzstoffe.

Gefriertrocknung, → Trocknung.

Gefrierverfahren, → Gründung.

Gefüge, die Anordnung von Gemengteilen gleicher oder unterschiedlicher stofflicher Zusammensetzung, von gleichen oder unterschiedlichen Größen und Formen in einem betrachteten Bereich. Nicht ganz einheitlich unterscheidet man zwischen *Struktur*, die sich auf die Formentwicklung, Größe und gegenseitige Abgrenzung der Gemengteile bezieht, und *Textur*, die die räumliche Anordnung und Verteilung der Gemengteile und ihre Raumerfüllung betrifft. Die Gemengteile können locker oder dicht aneinandergelagert oder lose oder fest untereinander verbunden sein. Der Bereich kann von unterschiedlicher Ausdehnung sein. Man spricht von einem **Großgefüge**, z. B. bei der säuligen Absonderung von Basalt, von einem **Kleingefüge**, wenn es mit Hilfe einer Lupe möglich ist, das G. zu charakterisieren, und von einem **Mikrogefüge**, wenn zur Deutung des G.s ein Mikroskop, ein Elektronenmikroskop oder röntgenographische Verfahren erforderlich sind. Die G. selbst repräsentieren zum Zeitpunkt ihrer Betrachtung den Zustand vorangegangener Bildungsvorgänge. So unterscheidet man nach genetischen Gesichtspunkten Primärgefüge und Sekundärgefüge. Die **Primärgefüge** sind als *erstmalige Bildungen* aus Schmelzen oder Lösungen entstanden. Zu ihnen gehören sämtliche Wachstumsgefüge der Stadien von Auskristallisationen aus einer Gesteinsschmelze sowie auch aus technischen Schmelzprozessen. Die **Sekundärgefüge** sind aus *Umbildungen* im festen Zustand — mit oder ohne Vermittlung einer Flüssigkeitsphase, mit oder ohne Änderung des Gesamtchemismus — oder aus *Umformungen* durch mechanische Einwirkungen — mit oder ohne thermischen Einfluß — entstanden. Zu ihnen gehören z. B. bei Gesteinen Anordnungen und Ausbildungen der Gemengteile, die durch → Verwitterung, → Diagenese und → Metamorphose verursacht wurden, bei plastischen Werkstoffen die z. B. durch Walzen entstandenen Walzgefüge.

Die Bestimmungen der G. greifen in die verschiedenartigsten Gebiete ein, z. B. in folgende: 1) In der Geologie werden Großgefüge charakterisiert, z. B. durch → Absonderung oder durch Faltungen (→ Falte).

2) In der Petrographie und Lagerstättenkunde hat die Mannigfaltigkeit von Gefügeausbildungen zu einer großen Anzahl von Gefügebezeichnungen für Eruptivgesteine, klastische Sedimentgesteine, Metamorphite und Erze geführt. Das G. von Erzen ist für die Aufbereitung von großer Bedeutung. Für die technische Verwendung von Gesteinen, z. B. für Talsperren- und Straßenbau, sind die vom G. abhängigen Eigenschaften, z. B. Festigkeit, Abnutzbarkeit, Porosität und Frostbeständigkeit, von ausschlaggebender Bedeutung. Auch bei Untersuchungen an Braun- und Steinkohlen sowie Flözuntersuchungen wird die unterschiedliche Gefügeausbildung berücksichtigt.

3) In der Metallkunde faßt man unter G. die Phasen zusammen, die bei Zusammenschmelzen von Metallen und Zugaben von Nichtmetallen in verschiedenen Mengenverhältnissen entstehen, sowie Form, Größe und Orientierung der Kristallite. Da die Vorbehandlung eines Werkstoffes als Guß- oder Knetlegierung unter regelbaren Bedingungen durchführbar ist, kann man mit Hilfe von Gefügeänderungen, z. B. durch Umformung oder Wärmebehandlung, Eigenschaftsänderungen am gleichen Metall oder an der gleichen Legierung erreichen. Beim Gußeisen z. B. gelingt es, die spitz zulaufenden Graphitlamellen morphologisch durch Zusätze von Magnesium oder Zer zu abgerundeten Gebilden umzuformen, wodurch die Festigkeit und das Verformungsvermögen gesteigert werden. Bei der Stahlhärtung oder bei der mannigfachen Anlaßbehandlung von Stählen ist die Existenz einer ganzen Reihe von **Gefügeungleichgewichten** von entscheidender Bedeutung. Hier liegen der Gefügeausbildung nach instabile Zustände insofern vor, als neue Kristallarten, z. B. Ferrit, Austenit, Martensit und Zementit, zwar bereits in ihrer endgültigen Struktur vorhanden sind, jedoch Korngröße und Verteilung beider Kristallarten noch nicht dem stabilen Zustand entsprechen. Die Gefügeungleichgewichte sind mit ihren hohen Härte- und Zähigkeitseigenschaften bei Raumtemperatur praktisch unveränderlich. Die Untersuchung des G.s erfolgt an Bruchproben mikroskopisch oder elektronenmikroskopisch sowie durch Kristallstrukturanalyse. Die Gefügeuntersuchung gibt Hinweise auf den Bearbeitungszustand und die Gebrauchseigenschaften des Werkstoffs. Sie ist weiterhin zur Aufklärung von Schadensfällen wichtig.

Das Bestreben, G. zu typisieren, hat zur Aufstellung von **Gefügerichtreihen** geführt, die jeweils eine Serie von Gefügebildern mit zweckmäßiger Abstufung der zu messenden Gefügeeigenschaft enthalten. So gibt es z. B. Reihen für Stähle zur Bestimmung der Kristallgröße, des Gehaltes an Schlackeneinschlüssen und der Kristallseigerungen.

Gegeninduktivität, → Induktion 2).

Gegenkolbenmotor, → Verbrennungsmotor.

Gegenkopplung, → Rückkopplung.

Gegenschlaghammer, ein → Maschinenhammer.

Gegensprechen, Fernsprechen zwischen zwei Teilnehmern, bei dem beide Seiten voneinander unabhängig und gleichzeitig sprechen und hören können. Normalform des Verkehrs in öffentlichen Netzen. → Zweidrahtbetrieb und → Vierdrahtbetrieb.

Gegenstromprozeß, eine Methode der Verfahrenstechnik zum Stoffaustausch und zur Wärmeübertragung. Die beiden austauschenden Medien werden unter möglichst inniger Berührung in entgegengesetzter Richtung aneinander vorbeigeführt. Bei reinem Wärmeaustausch sind die Medien durch stoffundurchlässige, aber gut wärmeleitende Wände getrennt. Diese Prozesse erfolgen technisch in Wärmetauschern, Kühlern, Kondensatoren, Verdampfern und ähnlichen Apparaten. Bei reinem Stoffaustausch (z. B. bei der Extraktion) oder beim gekoppelten Stoff- und Wärmeaustausch (z. B. bei der Destillation und Sorption) werden die Austauschpartner direkt ohne Zwischenwände in Kontakt gebracht. Dasselbe gilt für solche Prozesse, bei denen die beiden Medien so große Dichteunterschiede aufweisen, daß dadurch eine Prozeßführung gewährleistet ist, z. B. beim Dekantieren.

Den Gegensatz zum G. bildet der → Gleichstromprozeß. Beide Prozesse sind **Triebkraftprozesse,** d. h. sie laufen durch das Vorhandensein von Triebkräften ab.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Gehänge, ein → Lastaufnahmemittel.

Geheimtinten, sympathetische Tinten, farblose Lösungen organischer oder anorganischer chemischer Verbindungen oder Emulsionen tierischer oder pflanzlicher Fette, die nach dem Schreiben eine unsichtbare Schrift hinterlassen. Diese kann durch physikalische oder chemische Verfahren auf dem Papier wieder sichtbar gemacht werden. Man verwendet als G. z. B. Kaliumnitrat, Aluminiumchlorid, Kobaltchlorid, Milch (Sichtbarmachung durch Wärmebehandlung), Kaliumrhodanid, Salizylsäure (Sichtbarmachung durch Behandlung mit Eisen(III)-chlorid), Speichel, Obst- und Zwiebelsaft (Sichtbarmachung durch UV-Bestrahlung).

Gehrung, 1) im engeren Sinne ein zur Verbindung mit einem gleichartigen Werkstück winklig (meist 45°) zugeschnittenes Ende eines Rahmen- oder Kastenteils, eines Metall- oder Plastprofils, einer Leiste u. dgl. Das Gehren von Holz erfolgt mit der *Gehrungssäge,* die sich auf jeden Winkel einstellen läßt, das Gehren von Stahl auf der Maschinenschere. 2) im weiteren Sinne die Verbindung so zugearbeiteter Hölzer, Profile oder auch Steine.

Geiger-Müller-Zählrohr, Geigerzähler, Auslösezählrohr, ein 1928 von den deutschen Physikern H. Geiger und W. Müller entwickelter → Strahlungsdetektor aus der Gruppe der Gasentladungsdetektoren. Die elektrische Feldstärke im G.-M.-Z. ist infolge einer hohen Betriebsspannung und eines sehr geringen Durchmessers der Anode (dünner Draht) so groß, daß die von der einfallenden Strahlung erzeugten freien Elektronen durch Stoßionisation eine Elektronenlawine auslösen, die schließlich zu einer selbständigen Entladung führt. Die Ladungsmenge, die während einer durch ein auftreffendes Teilchen ausgelösten Entladung fließt, hängt beim G.-M.-Z. nur von der Spannung und den geometrischen Abmessungen ab, ist also im Gegensatz zum Proportionalzählrohr unabhängig von Art und Energie des auslösenden Teilchens.

Man unterscheidet beim G.-M.-Z. die nichtselbstlöschende und die selbstlöschende Ausführung. In den heute kaum noch verwendeten nichtselbstlöschenden G.-M.-Z.en muß die Entladung von außen wieder gelöscht werden, z. B. durch einen großen Arbeitswiderstand von etwa $10^9\ \Omega$. Die selbstlöschenden G.-M.-Z.e haben ein besseres zeitliches Auflösungsvermögen und gestatten damit höhere Zählgeschwindigkeiten. Die Löschung wird durch geeignete Zusammensetzung des Zählgases, z. B. Argon mit Alkoholdampf als Löschzusatz, erreicht. Die Ionisierung der Alkoholdämpfe bewirkt die selbsttätige Löschung der Entladung; der Arbeitswiderstand kann klein gehalten werden, er beträgt etwa 1 MΩ (Megaohm). Bei den **Halogenzählrohren,** die sich unter anderem durch eine niedrige Arbeitsspannung auszeichnen, wird als Löschzusatz ein Halogen, z. B. Brom, verwendet. Das Ansprechvermögen des G.-M.-Z.s beträgt für Beta-Strahlung und für schwerere Teilchen nahezu 100 %. Gammaquanten werden mit wesentlich geringerer Wahr-

scheinlichkeit gezählt, sie beläuft sich bei der Quantenstrahlung des radioaktiven Kobaltisotops ^{60}Co im allgemeinen auf weniger als 1 %. Die Typen des G.-M.-Z.s, die auch zum Nachweis sehr energiearmer Teilchen und Quanten geeignet sind, haben ein Eintrittsfenster, das z. B. mit einer dünnen Glimmerfolie von einigen Mikrometern Stärke bedeckt ist. Diese werden wegen ihrer äußeren Form gewöhnlich als **Glockenzählrohre** bezeichnet.

Die am Arbeitswiderstand entstehenden Spannungsimpulse werden in geeigneten Geräten weiter verarbeitet. Sie können z. B. nach geringer Verstärkung in einem elektronischen Zählgerät gezählt werden, oder es kann in einem Impulsdichtemesser ihre zeitliche Dichte angezeigt werden. Vielfach werden auch zwei oder mehrere Zählrohre in Koinzidenzschaltungen kombiniert.

Lit. Weibrecht: Das Geiger-Zählrohr und andere Strahlennachweisgeräte (Leipzig 1960).

Geigersches Reichweitengesetz, → Radioaktivität.

Geigerzähler, svw. → Geiger-Müller-Zählrohr.

Geiser, svw. → Geysir.

Geislerpumpe, svw. → Toeplerpumpe.

Geißfuß, eine → Holzverbindung.

Geißlersche Röhre, eine → Gasentladungsröhre.

Geisterbild, svw. → Moiré 3).

Gel, ein disperses System, bei dem die dispersen Bestandteile netz- oder wabenartig im Dispersionsmittel angeordnet und z. T. an den Berührungsstellen miteinander verbunden sind. Ist der dazwischen befindliche Kapillarraum mit Flüssigkeit gefüllt, so liegt ein **Lyogel (Gallerte)** vor. Der Anteil der Flüssigkeit kann dabei über 99 % betragen, weshalb sich die Lyogele in vielen Beziehungen wie Sole verhalten. Durch Erwärmen, Schütteln oder Behandeln mit Ultraschall (Thixotropie) lassen sich die Lyogele verflüssigen. Durch Trocknen bilden sie feste Produkte, die **Xerogele,** von denen z. B. Leim, Gelatine, Agar-Agar bei Zugabe des Dispersionsmittels durch Quellung wieder gelöst werden können, während andere unlöslich sind, z. B. Kieselxerogel. Die Lyogele schrumpfen jedoch nicht nur beim Eintrocknen, sondern auch beim Aufbewahren an feuchter Luft; dabei tritt verdünnte kolloide Lösung von selbst aus dem Lyogel aus (Synärese). — Die G.e dienen besonders im Haushalt zur Herstellung gelierter Speisen. Xerogele, z. B. Kieselxerogele, natürlich vorkommende tonähnliche Alumosilikat-Xerogele (Bleicherden), werden als Adsorbentien benutzt.

Gelände, zusammenfassende Bezeichnung für die Gesamtheit der Erscheinungen der → Erdoberfläche ohne regionalen Bezug.

Geländemodell, svw. → Relief 2).

Geländeskizze, eine unmaßstäbliche, meist perspektivische Ansichtsskizze eines Erdoberflächenstücks.

Gelatine, ein Xerogel. G. ist ein Gemisch von Eiweißstoffen, die durch Hydrolyse von Kollagenen aus Knochen und Haut gewonnen werden. Sie unterscheidet sich von Leim nur durch ihren höheren Reinheitsgrad. G. dient vor allem als Binde-, Emulgier- und Verdickungsmittel zum Gelieren von Lebensmitteln **(Speisegelatine),** ferner zur Herstellung lichtempfindlicher Papiere, Platten und Filme **(Photogelatine).**

Gelbbleierz, svw. → Wulfenit.

Gelbeisenerz, → Limonit.

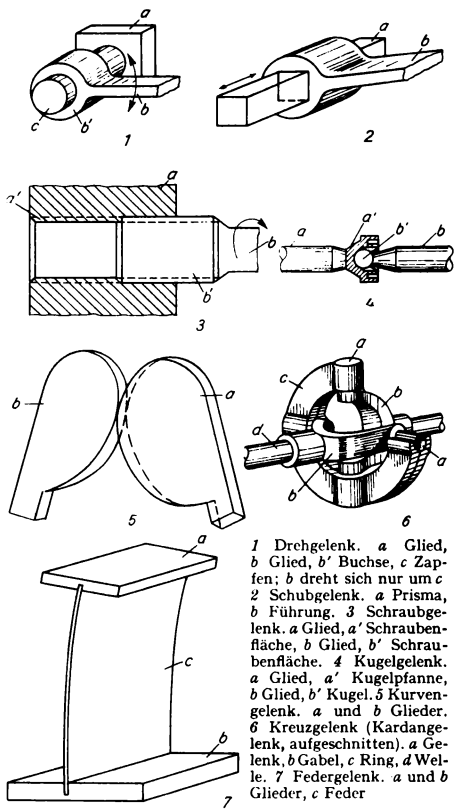
gelber Ocker, → Limonit.

gelbes Ultramarin, → Barium.

Gelbguß, Sammelbezeichnung für Gußlegierungen auf Kupfer-Zink-Basis, → Messing.

Gelbstich, ein → Farbstich.

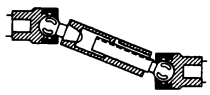
Gelenk, im engeren Sinne ein → Elementenpaar, stellt die Verbindung zweier Glieder dar. Durch das G. wird die Beweglichkeit der Glieder gegeneinander eingeschränkt, aber nicht aufgehoben. Im weiteren Sinne versteht man unter G. mechanische Einrichtungen, die zwei Teile miteinander verbinden, aber kein Elementenpaar (z. B. Federgelenk) oder mehrere Elementenpaare (z. B. Kreuzgelenk) besitzen. Die wichtigsten G.e sind: 1) **Drehgelenk** (Rundlingspaar), bei dem nur Drehung der Glieder gegeneinander möglich ist,



1 Drehgelenk. *a* Glied, *b* Glied, *b'* Buchse, *c* Zapfen; *b* dreht sich nur um *c* *2* Schubgelenk. *a* Prisma, *b* Führung. *3* Schraubgelenk. *a* Glied, *a'* Schraubenfläche, *b* Glied, *b'* Schraubenfläche. *4* Kugelgelenk. *a* Glied, *a'* Kugelpfanne, *b* Glied, *b'* Kugel. *5* Kurvengelenk. *a* und *b* Glieder. *6* Kreuzgelenk (Kardangelenk, aufgeschnitten). *a* Gelenk, *b* Gabel, *c* Ring, *d* Welle. *7* Federgelenk. *a* und *b* Glieder, *c* Feder

z. B. Zapfen in Buchse ohne Schiebung; 2) **Schubgelenk** (Schiebe- oder Prismenpaar), bei dem nur eine Schiebung möglich ist; 3) **Schraubgelenk,** bei dem nur Schraubung der Glieder gegeneinander möglich ist; 4) **Kugelgelenk,** das drei Drehungen der Glieder gegeneinander um sich schneidende Achsen gestattet, z. B. Kugelzapfen in Kugelpfanne (Abb. → Gelenkwelle); 5) **Kurvengelenk (Wälzgelenk),** bei dem die Elemente aufeinander rollgleiten, rollen oder gleiten (z. B. → Wälzhebelgetriebe); 6) **Kreuzgelenk (Kardangelenk),** das zwei Drehungen um sich kreuzende oder schneidende Achsen ermöglicht; 7) **Federgelenk,** bei dem ohne Elementenpaar eine Bewegung zweier Teile durch elastische Verformung möglich ist; 8) **Doppelgelenk,** bei dem drei gegeneinander bewegliche Glieder durch zwei Elementenpaare miteinander verbunden sind, die identische Bewegungsmöglichkeiten aufweisen (z. B. zwei Hebel sind beweglich auf einer gemeinsamen Achse angeordnet).

Gelenkgetriebe, ein Getriebe, dessen → Glieder durch Elementenpaare miteinander verbunden werden. G. können ebene, räumliche oder sphärische Getriebe sein. Hauptvertreter sind die → Kurbelgetriebe und die → Kurvengetriebe. Bei den Kurbelgetrieben dienen niedere Elementenpaare, bei den Kurvengetrieben das Kurvengelenk (→ Gelenk) zur Bewegungsübertragung.



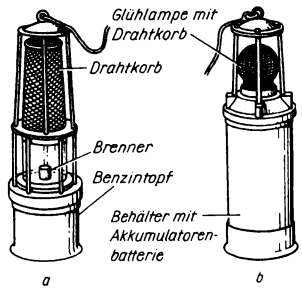
Gelenkwelle

Zu den G.n gehören ferner Räderkurbelgetriebe (→ Rädergetriebe) und Kombinationen von Kurbel- mit Kurvengetrieben.

Gelenkviereck, → Viergelenkkette.

Gelenkwelle, ein Maschinenelement zur Übertragung geringer Drehmomente bei ortsveränderlichem An- oder Abtrieb. Die G. besteht aus einer Hülse, in der ein gegen Drehung gesicherter Bolzen längsbeweglich angeordnet ist, und zwei Kugeln, in deren Nuten entsprechende Zapfen der Kugelpfanne eingreifen und so die Drehbewegung übertragen (Kugelgelenke, → Gelenk). G.n werden z. B. bei Mehrspindelbohrmaschinen verwendet.

Geleucht, bergmännische Bezeichnung für Leuchten. *Ortsfestes G.*, das meist an das Starkstromnetz angeschlossen wird, ist an Füllörtern, Hauptstrecken, in Maschinenräumen u. a. vorhanden. Zum *tragbaren G.* gehören die elektrischen Hand- und Kopflampen mit Stahl-Nickel-Akkumulator sowie die *Wetterlampen*. Diese sind Benzinlampen (1816 von dem englischen Physiker Davy konstruiert und 1832 von dem Zwickauer Wolf verbessert), die als Schlagwetteranzeiger dienen. Die Benzinflamme ist von einem Glaszylinder umgeben, über dem ein doppelter feinmaschiger Drahtkorb sitzt. Befindet sich Grubengas in der Luft, so verändert und vergrößert sich die Flamme (→ Aureole). Sie entzündet jedoch die schlagenden Wetter nicht, da der Drahtkorb die Hitze ableitet. Bei elektrischen Handlampen



Tragbares Geleucht: *a* Wetterlampe, *b* elektrische Handlampe

kann in der Rückwand eine abdeckbare kleine Benzinlampe als Schlagwetteranzeiger eingebaut sein. In nicht gasgefährdeten Bergwerken (z. B. im Erzbergbau) wird auch noch die Azetylenlampe als *offenes G.* verwendet.

Gemeinschaftskraftwerk, ein Dampf- oder Wasserkraftwerk für die öffentliche Energieversorgung, in dem zusätzliche Generatoren zur → Bahnstromversorgung aufgestellt sind.

Gemenge, Bezeichnung für heterogene → Gemische. Ihre Einzelkomponenten behalten ihre charakteristischen Eigenschaften im Gegensatz zu den chemischen Verbindungen und den homogenen Gemischen stets bei. G. können Einzelbestandteile aller Aggregatzustände enthalten. G. sind z. B. Suspensionen, Emulsionen und Nebel. Die G. kann man nach mechanisch-physikalischen Trennverfahren, z. B. Sieben, Schlämmen, Sedimentieren, Filtrieren, Zentrifugieren, Flotieren, Magnetscheiden, in ihre Einzelkomponenten zerlegen.

Gemini, Name einer Serie von Raumschiffen der USA, → Raumfahrt.

Gemische, Vereinigungen von zwei oder mehr verschiedenen Stoffen. Bei **homogenen G.n** haben alle mechanisch abtrennbaren Teilchen gleiche Stoffeigenschaften. Von chemischen Verbindungen unterscheiden sich homogene G. dadurch, daß sie keinen einheitlichen Schmelz- und Siedepunkt aufweisen. Ferner ist jedes beliebige Mischungsverhältnis zwischen den Komponenten möglich, wobei sich die Eigenschaften der Mischung kontinuierlich ändern. Die homogenen G., wie Luft, Kochsalzlösung, Legierungen, können z. B. durch fraktionierte Destillation, Kondensation, Kristallisation und Sublimation zerlegt werden. Bei G.n können die Einzelkomponenten in allen Aggregatzuständen auftreten.

Heterogene G. bezeichnet man als → Gemenge.

Genauschmieden, ein Gesenkschmiedeverfahren mit engen Maßtoleranzen. Die Schmiedetoleranz beträgt etwa ±0,05 mm auf 100 mm Länge; sie ist erreichbar durch genaue und gleichbleibende Arbeitsbedingungen und evtl. zusätzliche Arbeitsgänge, z. B. Massekontrolle vor dem Gesenkschmieden, spitzenloses Schleifen der in das Gesenk eingelegten Stangenabschnitte oder Einschränkung der Zunderbildung bei Warmumformung durch reduzierendes Anwärmen.

Lit. Czempiel: Über das Pressen der Metalle (Berlin 1951).

geneigte Ebene, → schiefe Ebene.

Generalisierung, die Verallgemeinerung des Inhalts einer → Karte mit abnehmendem Maßstab. Sie erfolgt durch Vereinfachung des Grundrisses und Darstellungsumschlag zur → Signatur (Zusammenfassen von Häusern zu Baublocks und schließlich Übergang zum Ortsring), durch Auswahl nach der Bedeutung (Weglassen kleiner Flüsse und Orte) sowie durch begriffliche Zusammenfassung von Laub-, Nadel- und Mischwald zu Wald.

Generator, 1) Vergasungstechnik: eine Einrichtung zur Erzeugung von Gasen (→ Vergasung). Man unterscheidet insbesondere folgende Typen:

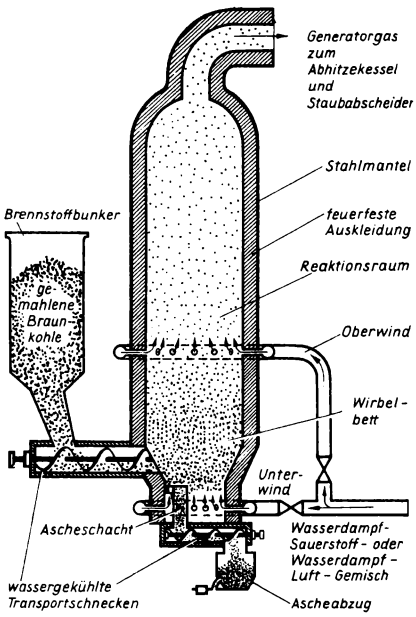
a) Der **Drehrostgenerator** ist ein autotherm, unter atmosphärischem Druck arbeitender G. mit Festbett. Er besteht aus einem feuerbeständigen zylindrischen Schacht, der den Vergasungsstoff aufnimmt. Der Schacht, der ausgemauert oder mit einem Wassermantel versehen sein kann, ist gegen die Außenluft gasdicht abgeschlossen. Er besitzt die notwendigen Öffnungen für die Zuführung des Vergasungsstoffes und des Vergasungsmittels sowie für die Abführung des erzeugten Gases und der Schlacke. Als Vergasungsstoff dienen Braunkohlenbriketts oder Koks, als Vergasungsmittel wird Luft oder ein Gemisch von Luft und Wasserdampf eingesetzt. Der Vergasungsstoff wird durch einen verschließbaren Fülltrichter mit Beschickungsschleuse von oben in den Schacht eingebracht. Unten ist der G. durch eine Aschenschüssel abgeschlossen, die mit dem in ihrer Mitte befindlichen Rost von einem Motor gedreht wird. Die Drehung schürt den Vergasungsstoff, gleichzeitig wird laufend die Schlacke (unverbrauchte brennbare Bestandteile und Asche) ausgetragen. Das Vergasungsmittel wird unterhalb des Rostes in den G. eingeführt. Das Vergasungsgas strömt durch einen im oberen Teil des G.s angebrachten Rohrstutzen in die Gasfortleitung.

b) Im **Schwelgenerator** findet die Vergasung von teerhaltigen Vergasungsstoffen statt. Das erzeugte Gas setzt sich mengenmäßig aus Schwel- und Vergasungsgas zusammen. Technologisch entspricht der Schwelgenerator dem Drehrostgenerator. Der **Schwelschachtgenerator** unterscheidet sich vom Schwelgenerator nur durch einen Schwelaufsatz.

c) Der **Druckgasgenerator (Druckgenerator, Druckvergaser)** arbeitet gleichfalls wie der Drehrostgenerator, jedoch wird als Vergasungsmittel an Stelle von Luft Sauerstoff im Gemisch mit Wasserdampf unter einem Druck von etwa 20 at zugeführt. Als Vergasungsstoff dienen teerhaltige Brennstoffe, z. B. Braunkohlenbriketts. Nach Aufbereitung des Vergasungsgases wird Stadtgas erhalten. Durch entsprechendes Verändern des Vergasungsmittels kann mit diesem G. ein Synthesegas erzeugt werden.

d) Auch der **Wassergasgenerator** entspricht in seinem Aufbau dem Drehrostgenerator. Bei diesem zyklisch, unter atmosphärischem Druck arbeitenden G. ist für die Arbeitsweise der in kurzen Intervallen wechselnde periodische Betrieb (Blasen und Gasen) sowie die Unterteilung des Gasens in Aufwärts- und Abwärtsgasen kennzeichnend. Das wechselseitige Hochheizen des Vergasungsstoffbettes wird als Blasen (Blaseperiode), die nachfolgende Zuführung des Wasserdampfes als Gasen (Gaseperiode) bezeichnet.

e) Der **Winklergenerator** (Abb.) ist ein nach dem Gleichstromprinzip unter atmosphärischem Druck arbeitender, autothermer G. mit Wirbelbett (Wirbelschicht). Als Vergasungsstoff wird



Winklergenerator

Braunkohlenschwelkoks oder Trockenbraunkohle mit einer Körnung von kleinerem Durchmesser als 5 mm verwendet. Als Vergasungsmittel dient für die Erzeugung von Synthesegasen ein Wasserdampf-Sauerstoff-Gemisch und für die Erzeugung von Schwachgasen ein Wasserdampf-Luft-Gemisch. Der Vergasungsstoff wird mit Hilfe von wassergekühlten Transportschnecken (Eindrehschnecken) in den unteren Teil des G.s eingeführt und in einer 1 bis 2 m hohen Schicht vergast. Diese Schicht wird von dem mit entsprechend hoher Geschwindigkeit durch enge Rostspalten oder Düsen (Unterdüsen) strömenden Vergasungsmittel (Unterwind) in den Wirbelzustand versetzt. Um eine Nachvergasung des Flugstaubes zu erreichen, wird durch seitlich angebrachte Düsen (Oberdüsen) ein Sekundärvergasungsmittel (Oberwind), und zwar ein Sauerstoff-Dampf-Gemisch, eingeführt. Die Schlacke fällt durch eine Öffnung im Rost in einen Ascheschacht (Austragschnecke). Bei neueren rostlosen G.en fällt die Schlacke unmittelbar in das Austragsorgan, das als wassergekühlte Schnecke oder als Zellenrad ausgebildet ist. Das erzeugte Vergasungsgas verläßt den G. mit hoher Temperatur und hohem Staubgehalt. Es muß seiner Verwendung entsprechend aufbereitet werden.

2) Elektrotechnik: → elektrische Maschine, → magnetohydrodynamischer Generator.

3) Funktechnik: → Quarzgenerator.

4) Kerntechnik: → Isotopenbatterie.

Generatorgas, ein Schwachgas, das durch Vergasung in Generatoren mit Festbett unter atmosphärischem Druck autotherm erzeugt wird. Seine Verbrennungswärme beträgt 800 bis 1800 kcal m^{-3} i. N. Als Vergasungsstoff dienen Koks, Braunkohlenbriketts und (in besonders konstruierten kleinen Generatoren) auch Holz **(Holzgas).** Das Vergasungsmittel besteht aus Luft (*Luftgasprozeß*), aus Luft und Wasserdampf (*Halbwassergasprozeß*) oder auch aus Luft und Rauchgas (*Rauchgasrückführung*). Das Vergasungsmittel setzt sich mit dem Kohlenstoff des Vergasungsstoffes in brennbare Gase um. Bei der Vergasung von Braunkohlenbriketts setzt sich das erzeugte Gas mengenmäßig zusammen aus dem durch die Schwelung gebildeten Schwelgas und aus dem durch die Vergasung des Schwelkokses gebildeten Vergasungsgas. Die Zusammensetzung des Vergasungsgases ist abhängig vom verwendeten Vergasungsstoff, von der Betriebsweise und von der Menge des zugeführten Wasserdampfes zur Vergasungsluft. Das aus Koks erzeugte Gas enthält, wenn das Vergasungsmittel aus Luft und Wasserdampf besteht, im Mittel 5 % Kohlendioxid, 27 % Kohlenmonoxid, 13 % Wasserstoff und 55 % Stickstoff. Der Heizwert dieses Gases beträgt etwa 1150 kcal m^{-3} i. N., die auf 1 kg Reinkoks bezogene Gasausbeute etwa 5 m^3 i. N. Das bei der Vergasung von Braunkohlenbriketts erzeugte Gas enthält, wenn das Vergasungsmittel aus Luft und Wasserdampf besteht, etwa 7,7 % Kohlendioxid, 28,1 % Kohlenmonoxid, 16,6 % Wasserstoff, 1,8 % Methan, 0,4 % schwere Kohlenwasserstoffe und 45,4 % Stickstoff. Der Heizwert dieses Gases beträgt etwa 1500 kcal m^{-3} i. N., die auf 1 kg Braunkohlenbriketts bezogene Gasausbeute etwa 2,25 m^3 i. N. Man verwendet G. als günstigen Brennstoff, z. B. zur Beheizung von Schmelzöfen in der Metallurgie und Glasindustrie. In den Gaswerken und Kokereien werden die Gaserzeugungs- und Kokereiöfen außer mit Starkgas (Koksofengas) oder Gichtgas auch mit G. (Unterfeuerungsgas) beheizt. Ferner wird G. als Treibgas verwendet, z. B. Holzgas zum Antrieb von Kraftfahrzeugmotoren. G., das z. B. im Winklergenerator erzeugt wird, setzt man als Synthesegas ein.

Genetron, Wz., ein → Kältemittel.

Geochemie, die Wissenschaft von der chemischen Zusammensetzung und den chemischen Veränderungen des Erdkörpers. Sie erforscht Art und Menge der den Erdkörper aufbauenden Elemente, die Gesetzmäßigkeit ihrer Verteilung (→ Erde), ihres Wanderns (Migration) und ihres Zusammentretens zu Mineralen sowie die chemischen Vorgänge bei der Bildung und Umwandlung von Gesteinen und Lagerstätten. Die Erkenntnisse der G. werden auch zur **geochemischen Prospektion,** d. h. zum Aufsuchen von Lagerstätten ausgenutzt, wobei folgende Methoden angewendet werden: Analyse von Bodenproben, der Aschen von Pflanzen, die auf dem zu prospektierenden Gelände wachsen, von Oberflächen- und Grundwasser, von Kluftvererzungen und von Flußgeröllen. Dabei wird jeweils nach abnormen Spurenmetallgehalten gesucht, aus denen dann auf Lagerstätten in der Tiefe geschlossen werden kann. Erdöl und Erdgas werden durch Analyse von Bodenproben oder Bodengasproben (Gasvermessung) aufgesucht. Die Analysenmethoden müssen sehr empfindlich sein und schon Konzentrationen von $1:10^9$ anzeigen. Man wendet z. B. spektrographische, polarographische, flammenphotometrische und kolorimetrische Verfahren an.

Lit. Fersman: Unterhaltsame G. (dtsch Berlin 1953); Saukow: G. (dtsch Berlin 1953); Rösler u. Lange: Geo-

chemische Tabellen (Leipzig 1935); Ztschr.: Chemie der Erde (Jena).

Geodäsie, eine der ältesten Wissenschaften, deren wissenschaftliche Aufgabe die Bestimmung von Größe und Form der Erde ist **(Erdmessung).** Die praktische Aufgabe der G. besteht darin, alle Messungen und Berechnungen auszuführen, die für die Herstellung genauer Karten der Erdoberfläche, zur Übertragung von Bauobjekten aller Art und jeder Größe in die Örtlichkeit sowie zur Überwachung von Bauwerken aller Art während des Baues und nach Fertigstellung nötig sind. Dazu werden spezielle geodätische Instrumente verwendet, z. B. Theodolit, Nivellierinstrument und Kippregel. Wird der Vermessung ein Ellipsoid oder eine Kugel zugrunde gelegt, so gehören die Vermessungs- und zugehörigen Berechnungsarbeiten in den Bereich der **höheren Geodäsie** oder **Landesvermessung.** Werden die vermessenen Punkte dagegen auf eine Horizontalebene bezogen, handelt es sich um eine Aufgabe der **niederen Geodäsie** oder **Vermessungskunde.** Bei Horizontal- oder Lagemessungen werden alle gewünschten Ergebnisse aus der Messung von Strecken (→ Streckenmessung) und Winkeln abgeleitet. Zur Durchführung von → Höhenmessungen wird ein den Geländeverhältnissen und Genauigkeitsanforderungen sowie dem gewünschten Zweck entsprechendes Verfahren gewählt. Die kombinierte Aufnahme von Lage und Höhe ist mit Hilfe der → Tachymetrie sowie der → Photogrammetrie (Bildmessung) möglich. In den meisten Fällen erfolgt eine zeichnerische Auswertung der Vermessung in Form von Karten und Plänen. In der Regel wird angestrebt, daß sich jede Lagemessung an das Landesdreiecksnetz (→ Triangulation) und jede Höhenmessung an das Landeshöhennetz anschließt.

Lit. Deumlich u. Seyfert: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik (4. Aufl. Berlin 1966); Drake: Einführung in die praktische Vermessungskunde (Leipzig 1953), Taschenb. für Vermessungsingenieure (5. Aufl. Berlin 1967); Jordan, Eggert, Kneißl: Handb. der Vermessungskunde (10 Bde, 10. Aufl. Stuttgart 1956 bis 1963); Magnizki, Browar u. Schimbirew: Theorie der Figur der Erde (dtsch Berlin 1965); Sakatow: Lehrb. der höheren G. (dtsch Berlin 1957); Urmajew: Sphäroidische G. (dtsch Berlin 1958); Zill: Vermessungskunde für Bauingenieure (3. Aufl. Leipzig 1963); Das Vermessungswesen in der Praxis (2 Bde, Berlin 1955); Beiträge aus dem Ingenieurvermessungswesen (3 Bde, Berlin 1958/1961); Kube: Vermessungskunde für Meister (3. Aufl. Berlin 1967); Zeitschr. Vermessungstechnik (Berlin).

Geode, eine Konkretion, die als knollige, ellipsoidische feste Mineralsubstanz in Sedimenten vorkommt.

Geodimeter, ein Gerät zur elektrooptischen → Streckenmessung.

Geodynamik, die Lehre von den auf die Erde wirkenden Kräften. Speziell wird der Begriff angewandt auf die vor allem endogen bedingten Vorgänge der Krustenumgestaltung, z. B. Kontinentalverschiebung, magmatische Unterströmung und Gebirgsbildung.

Geoelektrik, Oberbegriff für mehrere Verfahren der angewandten Geophysik zur Untersuchung der Erdkruste und insbesondere zum Erschließen von Wasservorkommen und Erzlagerstätten. Man mißt direkt oder indirekt — abgesehen vom Eigenpotentialverfahren — die Leitfähigkeit bestimmter Stellen der Erdkruste für elektrischen Strom und kann aus den Ergebnissen auf die Beschaffenheit des Krustenteils, vor allem auf das Vorkommen bestimmter Gesteine und Minerale sowie Flüssigkeiten schließen.

Beim **Eigenpotentialverfahren** mißt man die beim Kontakt von Grundwasser mit sulfidischen Lagerstätten (Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz, Fahlerz u. a.) entstehenden galvanischen Ströme. Mit der **tellurischen Methode** mißt man die Änderung der Schwingungsvektoren des Erdstroms längs der Erdoberfläche, die Aufschluß über Lagerungsformen der Gesteine und besonders über die Tiefenlage des kristallinen Grundgebirges gibt. Beide Methoden benutzen also natürliche Ströme, sind damit aber auf gewisse Lagerstätten beschränkt. Bei den übrigen Verfahren der G. führt man dem Boden künstlich Ströme zu, und zwar entweder direkt über eingeschlagene Speiseelektroden oder induktiv über auf dem Boden ausgelegte Kabelschlingen oder Spulen. Beim Messen der Leitfähigkeit dieser Ströme unterscheidet man a) die **Widerstandsmethoden,** bei denen mit Elektroden der Spannungsabfall zwischen zwei Punkten gemessen wird, woraus sich der scheinbare elektrische Widerstand ergibt, und b) die **elektromagnetischen Methoden,** wobei man Phase und Richtung des sich um einen unterirdischen Leiter ausbildenden elektromagnetischen Feldes mißt. Die elektromagnetischen Methoden sind auch vom Flugzeug aus durchführbar **(Aeroelektrik).**

Lit. Krajew: Grundlagen der G. (dtsch Berlin 1957).

Geographie, Erdkunde, die Wissenschaft von den Land- und Meeresräumen der Erdoberfläche. Man unterscheidet zwei Hauptzweige: 1) Die **physische G.** ist eine Naturwissenschaft, die die Gesamtheit aller an der Erdoberfläche wirkenden materiellen Erscheinungen, die durch die vielfältige, oft durch wechselseitige Wirkungen gekennzeichnete Verbindung der Lithosphäre mit der Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre (Pflanzen- und Tierwelt) zustande kommt, erforscht. Das materielle System, heute meist als *geographische Hülle* oder *Geosphäre* bezeichnet, unterliegt der ständigen Entwicklung, die vielfach durch den Eingriff des Menschen beeinflußt wird. Nach Art der untersuchten Gegenstände hat die physische G. verschiedene Teildisziplinen entwickelt, z. B. mathematische und astronomische G., Geomorphologie, Klimageographie, Hydrogeographie, Pflanzengeographie, Tiergeographie, Bodengeographie und Landschaftskunde. Einige dieser Teildisziplinen haben einerseits schon den Charakter selbständiger Wissenschaften, andererseits sind sie Bestandteil der komplexen physischen G.

2) Die **politische** und **ökonomische G.** ist eine Gesellschaftswissenschaft, die insbesondere die territoriale Verteilung der gesellschaftlichen Produktion unter dem Einfluß der verschiedenen Produktionsweisen und der Naturfaktoren erforscht. Sie stellt ihre Forschungsergebnisse auf wirtschaftlichem Gebiet der sozialistischen Standortplanung zur Verfügung. Teildisziplinen sind z. B. Industriegeographie, Agrargeographie, Verkehrsgeographie, Bevölkerungsgeographie, Siedlungsgeographie und historische ökonomische G.

Lit. Das Gesicht der Erde (2. Aufl. Leipzig 1962); Sanke: Einführung in die politische und ökonomische G. (Berlin 1960); Ztschr.: Petermanns Geographische Mitteilungen (Gotha u. Leipzig), Geographische Berichte (Gotha und Leipzig); Ztschr. für den Erdkundeunterricht (Berlin).

geographische Zone, → Zone 2).

Geoid, → Erde, Abschn. 2.

Geologie, die Wissenschaft von der Zusammensetzung, vom Bau und von der Geschichte der Erdkruste und von den Kräften, unter deren Wirkung sich die Entwicklung der Erdkruste vollzieht. Man gliedert sie in 1) **allgemeine** oder **dynamische G.,** die Wissenschaft von den die Erdkruste gestaltenden Kräften und Vorgängen, den endogenen Kräften Epirogenese, Tektogenese, Erdbeben, Magmatismus, den exogenen Vorgängen Verwitterung, Abtragung, Ablagerung; 2) → **Tektonik,** die Wissenschaft vom Bau der Erdkruste; 3) **historische G.,** die Wissenschaft von der historischen Entwicklung der Erdkruste, → Stratigraphie; 4) **Paläogeographie,** die Wissenschaft von den geographischen Verhält-

nissen der Vorzeit; 5) **Paläoklimatologie,** die Wissenschaft von den vorzeitlichen Klimaverhältnissen. Im weiteren Sinne gehören ferner zur G. Paläontologie, Petrographie, Mineralogie, Pedologie, Geochemie und Geophysik.

Unter **regionaler G.** versteht man die zusammenfassende Darstellung der geologischen Verhältnisse einzelner Länder oder Erdteile, unter **angewandter G.** die Verwertung geologischer Erkenntnisse für die Belange der Technik und des täglichen Lebens, z. B. im Bergbau **(Montangeologie),** im Hoch- und Tiefbau **(Ingenieurgeologie)** und im Wasserbau **(Hydrogeologie).**

Lit. Brinkmann: Emanuel Kayser's Abriß der G. (2 Bde Stuttgart 1954/1956); von Bubnoff: Grundprobleme der G. (3. Aufl. Berlin 1954), Einführung in die Erdgeschichte (3. Aufl. Berlin 1956); von Bülow: G. für jedermann (5. Aufl. Leipzig u. Jena 1956); Kraus: Die Entwicklungsgeschichte der Kontinente und Ozeane (Berlin 1959); Masarowitsch: Grundlagen der regionalen G. der Erdteile (Berlin 1958); Särchinger: G. und Gesteinskunde (5. Aufl. Berlin 1958); Brockhaus-Taschenb. der Geologie: Die Entwicklungsgeschichte der Erde (3. Aufl. Leipzig 1961); Paetzold: G. für den Bergmann (Leipzig 1965); Ztschr.: Berichte der Geologischen Gesellschaft der DDR (Berlin), G. (Berlin), Zeitschrift für angewandte G. (Berlin).

Geomagnetik, Magnetik, ein Verfahren der angewandten Geophysik zum Messen des erdmagnetischen Feldes. Veränderungen des normalen erdmagnetischen Feldes werden durch den verschieden starken Gehalt der Gesteine an magnetischen Bestandteilen bewirkt. Man kann also aus solchen Veränderungen auf bestimmte Gesteine in der Tiefe schließen. Besonders starke Abweichungen erzeugen Erzkörper, die Magnetit, aber auch Magnetkies, ferro- und paramagnetische Minerale enthalten. Daher dient die G. vor allem auch zum Aufsuchen solcher Erze. Weiterhin rufen auch manche Tiefengesteine, wie Diorite und Gabbros, und Ergußgesteine, wie Basalte, Diabase u. a., Abweichungen hervor. Kaum magnetisch sind Sedimentgesteine, wie Sande, Kalke und Tone. Zum Vermessen dienen verschiedene Arten von Magnetometern.

geomagnetisches Feld, → Erdmagnetismus.

Geometrie, ein Hauptzweig der Mathematik, die Lehre von den Eigenschaften der räumlichen Gebilde (Figuren), die sich auf Form, Größe und Lage beziehen, sowie von den gegenseitigen Beziehungen und den Transformationen der Gebilde. Die Elementargeometrie umfaßt die **Planimetrie,** in der die ebenen Figuren, d. h. Punkte, Linien und Flächen in der Ebene, behandelt werden, und die **Stereometrie,** die die Linien und Flächen im Raum und die Körper untersucht. Ein Teilgebiet der Planimetrie ist die ebene → **Trigonometrie.** In ihr werden die Beziehungen zwischen Seiten und Winkeln der Dreiecke aufgestellt, während sich die **sphärische Trigonometrie** mit den Eigenschaften von Dreiecken auf der Kugeloberfläche (Kugeldreiecke) beschäftigt. Die Aufgabe der **darstellenden G.** ist die getreue Darstellung von räumlichen Gebilden in der Ebene. In der **analytischen G.** werden geometrische Gebilde (Punkte, Kurven, Flächen) durch Zahlen (→ Koordinaten) gekennzeichnet und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen durch Gleichungen ausgedrückt. Die **Differentialgeometrie** untersucht die Eigenschaften von Kurven und Flächen mit den Mitteln der Differentialrechnung.

Die G. entstand in Ägypten und Babylonien als reine Erfahrungswissenschaft aus den Erfordernissen der Architektur, der Astronomie und insbesondere der Feldvermessung, die sich nach den Überschwemmungen der großen Flüsse notwendig machte. Das älteste Werk, das die Anfänge der G. enthält, stammt etwa aus dem 17. Jh. v. u. Z. aus Ägypten. Im 7. Jahrh. v. u. Z. gelangte die G. nach Griechenland, wo sie sich im Laufe einiger Generationen als selbständige mathematische Wissenschaft entwickelte. In den „Elementen" Euklids, die im 3. Jh. v. u. Z. entstanden, werden, ausgehend von gewissen Grundaussagen, den → Axiomen, die geometrischen Sätze in logischer Folge abgeleitet. Andere griechische Gelehrte (Archimedes, Appolonius, Hipparch, Menelaos, Heron) fügten dem System Euklids neue Sätze hinzu. Mit dem Zerfall der antiken Sklavenhaltergesellschaft begann eine jahrhundertelange Stagnation in der G. Erst die naturwissenschaftlichen und technischen Bedürfnisse der frühkapitalistischen Zeit führten zu einer Weiterentwicklung der geometrischen Methoden, und zwar in zwei Richtungen: Einerseits blieben die Grundlagen der **euklidischen G.,** d. h. der G., so wie sie im Sinne der Prinzipien Euklids dargestellt wird, unverändert; es wurden allgemeinere geometrische Gebilde mit Hilfe neuer Methoden untersucht. So entstanden (im 17. und 18. Jh.) die analytische G. (Descartes, Euler), die Differentialgeometrie (Euler, Monge), die darstellende und die projektive G. (Desargues, Pascal). Die zweite Richtung, die etwas später einsetzte, führte zur Entwicklung neuer geometrischer Theorien sowie zu einer entsprechenden Verallgemeinerung des Gegenstandes der G. durch die Abänderung der Axiome der euklidischen G. Sie begann mit der Schaffung einer neuen, → **nichteuklidischen Geometrie** durch Lobatschewski. Eine weitere Verallgemeinerung führte zur → **Riemannschen Geometrie.**

Die neuen geometrischen Theorien entwickelten sich teilweise als besondere Gebiete innerhalb der euklidischen G. und wurden erst später zu selbständigen Disziplinen. In seinem 1872 veröffentlichten *Erlanger Programm* gab Felix Klein eine Zusammenfassung der Entstehung und Definition verschiedener G.n und damit zugleich ein Ordnungsprinzip für die gewaltige Fülle geometrischer Sätze. Dabei werden die einzelnen G.n durch die Invariantentheorien der zugehörigen Transformationsgruppen bestimmt. So zählt man alle Sätze, die sich auf Eigenschaften von Figuren beziehen, die gegenüber Bewegungen invariant sind, zur **äquiformen (euklidisch-metrischen) G.**; z. B. alle Sätze über rechtwinklige Dreiecke, denn die Rechtwinkligkeit eines Dreiecks bleibt bei einer Bewegung erhalten. Die Bewegungen bilden eine → Gruppe. Alle Eigenschaften von Figuren, die sich bei affinen Transformationen nicht ändern, behandelt die **affine G.** Die affinen Transformationen bilden ebenfalls eine (die Bewegungen enthaltende) Gruppe. Diejenigen Sätze, die eine Aussage über die bei projektiven Transformationen invarianten Eigenschaften von Figuren enthalten, rechnet man zur **projektiven G.** Während in der euklidisch-metrischen G. z. B. die Rechtwinkligkeit eines Rechteckes als wesentliche Eigenschaft betrachtet wird, in der affinen G. seine Parallelogrammeigenschaft Gegenstand der Untersuchungen ist, kommt es in der projektiven G. nur auf seine Viereckseigenschaft an. — Die Eigenschaften der Figuren, die bei umkehrbar eindeutigen und beiderseits stetigen Transformationen ungeändert bleiben, untersucht die → Topologie.

Lit. Alexandrow: Kurven und Flächen (dtsch Berlin 1959); Efimow: Höhere G. (dtsch Berlin 1960); Grosche: Projektive G., Tl 1 und 2 (Leipzig 1957); Holtmann: Mathematik, Bd 2 (5. Aufl. Leipzig 1964); Salkowski: Darstellende G. (9. Aufl. Leipzig 1963); Sammlung Crantz: Stereometrie (Leipzig 1958). Weiteres → analytische Geometrie.

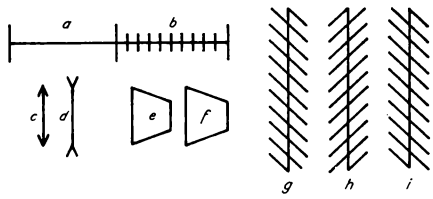
geometrische Reihe, → Reihe.

geometrischer Ort, die Gesamtheit aller Punkte, die einer bestimmten Bedingung genügen, d. h. eine Linie oder eine Fläche, deren sämtliche Punkte eine bestimmte geometrische Eigenschaft aufweisen. Zum Beispiel ist der Kreis der g. O.

aller Punkte, die von einem festen Punkt, dem Mittelpunkt des Kreises, den gleichen Abstand (= Radius des Kreises) haben.

geometrisches Mittel, → Mittel.

geometrisch-optische Wahrnehmungsverzerrungen, fälschlich oft als **optische Täuschungen** bezeichnet, Meßabweichungen bei der optischen Wahrnehmung in Form von Größen-, Formen- oder Streckenänderungen zwischen dem objektiv Gegebenen und dem subjektiv Wahrgenommenen. Sie beruhen auf zentral-nervösen Anpassungs- und Regulationsvorgängen.



Geometrisch-optische Wahrnehmungsverzerrungen: *a* erscheint kürzer als *b*, *c* kürzer als *d*, *e* kleiner als *f*. Die senkrechten Striche in *g*, *h* und *i* erscheinen nicht parallel

Geomorphologie, ein Teilgebiet der physischen Geographie und der Geologie. Die G. beschreibt die Formen der Erdoberfläche und erforscht ihre Entstehung. Voraussetzung für die G. ist die Kenntnis der formbildenden endogenen und exogenen Kräfte.

Lit. H. Weber: Die Oberflächenformen des festen Landes (Leipzig 1958); → Geographie.

Geophon, → Seismograph.

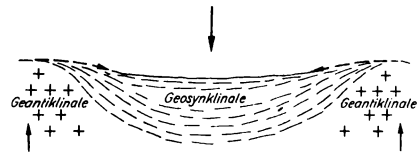
Geophysik, die Lehre von den natürlichen physikalischen Erscheinungen auf, über und in der Erde sowie von den Einflüssen anderer Gestirne auf die Erde. Die G. umfaßt folgende Zweige: 1) die → Meteorologie als die Wissenschaft von der Lufthülle der Erde; 2) die → Hydrographie als die Wissenschaft von den Gewässern des Festlandes; 3) die → Ozeanographie als die Wissenschaft vom Meer; 4) die Physik der festen Erde als die Wissenschaft von dem festen Erdkörper, die sich in allgemeine G. und angewandte G. teilt; 5) die → Aeronomie; 6) die Paläogeophysik, die sich mit den physikalischen Erscheinungen und Vorgängen der Erde in geologischer Vergangenheit befaßt.

Die **allgemeine G.** untersucht die physikalischen Eigenschaften der Erde (Schwerefeld, magnetisches Feld, Ausbreitung von Bebenwellen, Aufbau des Erdkörpers u. a.). Die **angewandte G.** dient der Klärung des geologischen Baues der Erdkruste und dem Aufsuchen nutzbarer Lagerstätten. Dies geschieht durch Messen der physikalischen Fernwirkungen der gravitativen und magnetischen Kräfte sowie durch Feststellen der physikalischen Eigenschaften von Gesteinen, Mineralen und unterirdischen Flüssigkeiten mit Hilfe der Gravimetrie, Geomagnetik, Geoelektrik, angewandten Seismik, Radiometrie und von Bohrlochmessungen.

Lit. Haalck: Lehrb. der angewandten G. (2. Aufl. Berlin 1958), Physik des Erdinnern (2. Aufl. Leipzig 1959); Ztschr. Gerlands Beiträge zur G. (Leipzig).

Geosphäre, → Geographie.

Geosynklinale, eine Großsenke in der Erdkruste, die durch Epirogenese mehr oder weniger kontinuierlich absinkt. Die Nachbarzonen, die **Geantiklinalen,** steigen gleichzeitig langsam auf und verfallen dabei in zunehmendem Maße der Abtragung. Den Abtragungsschutt nimmt die G. auf. Infolge der ständigen Senkung und Anhäufung mächtiger Sedimente werden die tieferen Teile der G. zunehmend mobilisiert, d. h., das Gesteinsmaterial wird plastisch. Unter der Wirkung eines seitlich auftretenden Druckes wird es gefaltet und schließlich als Gebirge emporgehoben (→ Tektogenese).



Schema einer Geosynklinale (nach Stille)

Gepthermik, eine Methode der geophysikalischen Erkundung der Erdkruste. Sie dient zur Messung der Temperaturverteilung an der Erdoberfläche und in Bohrlöchern, wodurch Gesteinskomplexe verschiedener Wärmeleitfähigkeit ermittelt werden.

geothermische Tiefenstufe, der Tiefenbereich in Metern, innerhalb dessen beim Eindringen in die Erde eine Temperaturzunahme von 1 °C erfolgt. Der häufig angegebene Durchschnittswert von 33 m je 1 °C ist nur als Richtwert anzusehen. Die g. T. ist von der Gesteinsart (vor allem der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins), der Gesteinslagerung, den allgemeinen tektonischen Verhältnissen u. dgl. abhängig. Besonders niedrig ist sie in vulkanischen Gebieten. Durch Messungen in Schächten und Bohrlöchern wurden bisher Werte von etwa 5 m bis 172,7 m (Transvaal) festgestellt.

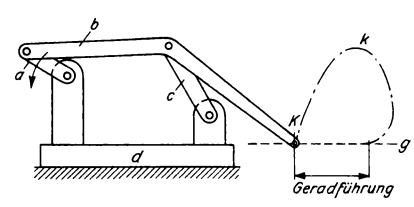
geozentrisches System, die Auffassung, nach der sich Sonne, Mond und Planeten um die Erde bewegen; wurde bei alten Kulturvölkern als erste Vorstellung von den Bewegungen der Gestirne vertreten. Die Griechen entwickelten viele geozentrische S.e, z. B. Philolaos, Heraklid, Eudoxus, Aristoteles, Hipparch und Ptolemäus. Eudoxus begründete und Aristoteles erweiterte die „Theorie der Sphären". Hipparch und Ptolemäus versuchten die Bewegung räumlich durch exzentrische Kreise und Epizykloiden darzustellen. Das geozentrische S. des Ptolemäus **(Ptolemäisches System)** wurde bis Anfang des 17. Jahrh. zur Berechnung der Gestirnbewegungen verwendet. Dann wurde es durch das → heliozentrische System verdrängt.

Gerade, eine ungekrümmte (gerade), beiderseitig nicht begrenzte Linie (im Unterschied zu → Strecke und → Strahl). Die allgemeine Form der Gleichung einer G.n in der Ebene in rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten ist $Ax + By + C = 0$.

gerade Aufsteigung, svw. → Rektaszension.

Geradeausempfänger, → Rundfunktechnik.

Geradführung, eine Gleitbahn (Führungsbahn) zur genauen Lagerung längsbeweglicher Maschinenteile. Sie wird ausgeführt als Flach-, Schwalbenschwanz-, Prismen- und Doppelprismenführung, z. B. bei Lagerung der Supports an Werkzeugmaschinen, als zylindrische G. z. B. bei Bohrspindelhülsen und Schmiedepressen. Rollen-



Angenäherte Geradführung, erzeugt durch Kurbelschwinge. *a* Kurbel, *b* Koppel, *c* Schwinge, *d* Gestell, *K* Koppelpunkt, *k* Koppelkurve, *g* Gerade

führungen vermindern die Reibung. **Lenkergeradführungen** werden durch → Kurbelgetriebe verwirklicht, bei denen ein Teil der Koppelkurve (→ Koppel) mit einer Geraden angenähert übereinstimmt. Lenkergeradführungen werden z. B. als Führung der Schnabelrolle am Wippkran, als Pickergeradführung an Webmaschinen, in Filmgreifergetrieben bei Filmaufnahmen (Laufbildkamera) und auch in Projektoren verwendet.

Geraniol, $(CH_3)_2C{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}C(CH_3){=}CH{-}CH_2{-}OH$, ein Monoterpenalkohol (Kp. 229,7 °C). G. ist der Hauptbestandteil der ätherischen Öle Geranium-, Palmarosa-, Zitronell- und Lemongrasöl. Es dient zur Gewinnung synthetischer Rosenöle.

Geräteglas, → Glas.

Gerätekombination, die Zusammenstellung mehrerer ungleicher und auch ungleich wirkender landwirtschaftlicher Geräte oder Maschinen **(Maschinenkombination)** hintereinander zu einem Geräte- oder Maschinensatz, der von einem Traktor gezogen wird. Die Anordnung verschieden wirkender Geräte oder Maschinen, z. B. Grubber, Ackeregge, Walze, hintereinander, gleiche Arbeitsbreiten vorausgesetzt, ermöglicht die Durchführung verschiedenartiger Arbeiten in einem Arbeitsgang, was zu einer Einsparung an Zeit und zu einer rationelleren Auslastung des Traktors führt. Außerdem verringert sich die Anzahl der Traktorspuren auf dem Acker. Gegensatz: → Gerätekopplung.

Gerätekopplung, Kopplung, die Zusammenstellung mehrerer gleicher und auch gleich wirkender landwirtschaftlicher Geräte oder Maschinen **(Maschinenkopplung)** nebeneinander zu einem Geräte- oder Maschinensatz, der von einem Traktor gezogen wird. Durch Kopplung gleichwirkender Geräte nebeneinander (z. B. Drillmaschinen) wird die Arbeitsbreite vergrößert und der Traktor rationeller ausgelastet. Außerdem verringert sich die Anzahl der Traktorspuren auf dem Acker. Die Zusammenstellung der Geräte oder Maschinen erfolgt dabei mit Hilfe eines **Kopplungsbalkens** oder **Kopplungswagens.** Gegensatz: → Gerätekombination.

Gerätestecker, → Steckdose.

Geräteträger (Tafel 36), ein → Traktor, der speziell zum Tragen von vorwiegend landwirtschaftlichen → Anbaugeräten konstruiert ist. Die Anbaugeräte werden zwischen Vorder- und Hinterachse, zuweilen auch vor der Vorderachse oder hinter der Hinterachse so befestigt, daß eine gute Übersicht über die Geräte und die Ein-Mann-Bedienung von Traktor und Gerät gewährleistet sind. G. sind mit einer hydraulischen Krafthebeanlage versehen, mittels derer die Anbaugeräte, z. B. Frontlader, gehoben und gesenkt werden können. Der Antrieb der Anbaugeräte erfolgt meist durch ein Zapfwellengetriebe. Die Spurweite der Räder des G.s ist in einem besonders großen Bereich verstellbar; meist ist auch der Radstand veränderlich. Weitere Vorteile sind geringer Bodendruck, große Bodenfreiheit, gute Wendigkeit, geringe Rüstzeiten.

Außer für Arbeiten in der Land- und Forstwirtschaft können G. in Verbindung mit den entsprechenden Anbaugeräten auch zum Baggern von Gräben, zum Verlegen von Rohrleitungen oder Kabeln u. a. eingesetzt werden.

Geräusch, aus vielen Teiltönen zusammengesetzter → Schall. Die Frequenzen der einzelnen Teiltöne stehen nicht in einfachen Zahlenverhältnissen zueinander. Auch Schallimpulse und Schallimpulsfolgen, deren Grundfrequenzen unter 16 Hz (Hertz) liegen, werden als G. bezeichnet.

Geräuschmesser, → Schalldruckpegel.

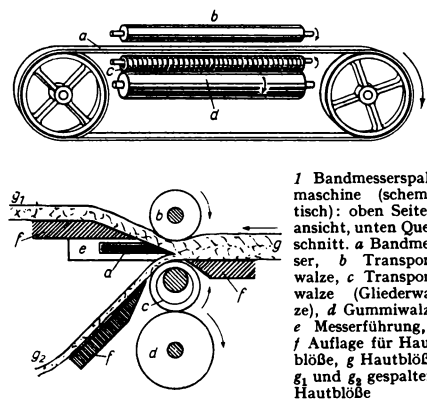
Geräuschspannungsabstand, in der Funktechnik allgemein das Verhältnis der Nutzspannung (z. B. Sprache, Musik) zur Geräuschspannung (z. B. Rauschen), vorwiegend ausgedrückt in Dezibel. Gemessen wird der G. mit einem *Geräuschspannungsmesser.* Dies ist im Prinzip ein Röhrenvoltmeter mit vorgeschaltetem Ohrkurvenfilter, das die Empfindlichkeit des Gerätes an die Empfindlichkeit des Ohres anpaßt. Wird ohne Ohrkurvenfilter gemessen, so spricht man von **Fremdspannungsabstand.** Der G. bei Verstärkern, Sendern und Empfängern muß im Interesse einer guten Übertragungsqualität möglichst groß sein.

Gerberei, die Herstellung von Leder aus Tierhäuten und Fellen. Dazu werden die verschiedensten Arten von Häuten (z. T. als Fell bezeichnet) verwendet: Rind-, Roß-, Schweinshäute, Kalb-, Schaf-, Ziegenfelle, aber auch Schlangen-, Eidechsenhäute u. a. Verarbeitet wird im allgemeinen nur die Lederhaut (Corium oder Cutis); die Oberhaut (Epidermis) mit den Haaren und das Unterhautbindegewebe (Subcutis) werden entfernt.

Die rohen durch Salzen oder Trocknen *konservierten* Häute (Felle) werden zunächst in Wasser *geweicht,* von Schmutz und Salz gesäubert und zur Lockerung der Haare mit Kalkmilch und/oder Natriumsulfid behandelt (*Äschern, Kälken*) oder einer leichten Fäulnis ausgesetzt (*Schwitzen*).

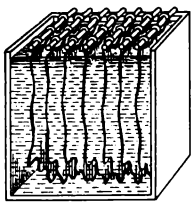
Die gelockerten Haare werden samt Oberhaut mechanisch entfernt (*Enthaaren*), ebenso durch *Scheren* (*Entfleischen*) das auf der Fleischseite (Aasseite) haftende Unterhautbindegewebe. Die Haare sind wertvolles Material für die Filzfabrikation, z. T. werden sie auch versponnen. Aus dem Unterhautbindegewebe, dem Leimleder, gewinnt man Hautleim (Tischlerleim), oder man verarbeitet es zu Viehfuttermitteln. Die von Ober- und Unterhaut befreiten (entblößten) Häute (*Blößen*) gelangen zur eigentlichen **Gerbung,** d. h. sie werden mit Gerbstoffen (gerbend wirkende Bestandteile von Gerbmitteln) behandelt, die mit den Eiweißstoffen der Haut eine chemische Bindung eingehen. Das so aus dem rohen Hautblößenmaterial entstehende Leder ist zum Unterschied von der ursprünglichen Eiweißsubstanz vor Fäulnis geschützt und nicht mehr verleimbar.

Um dünnes Leder aus dickem Hautmaterial zu erhalten, werden die Blößen oder die Leder in der gesamten Dicke mit der Bandmesserspalt-



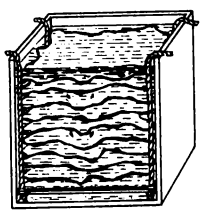
1 Bandmesserspaltmaschine (schematisch): oben Seitenansicht, unten Querschnitt. *a* Bandmesser, *b* Transportwalze, *c* Transportwalze (Gliederwalze), *d* Gummiwalze, *e* Messerführung, *f* Auflage für Hautblöße, *g* Hautblöße, g_1 und g_2 gespaltene Hautblöße

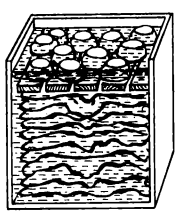
maschine (Abb. 1) *gespalten.* Bei der Herstellung weicher Leder erfolgt vor dem Gerben das *Beizen.* Die Blößen werden dabei durch Fermentpräparate (früher Kotbeizen) zusätzlich aufgelockert und die überschüssigen Alkalien mit schwachen organischen Säuren neutralisiert (*Entkälken*).



a

b





c

2 Gerbverfahren. *a* Angerben: die Blößen in der Hängefarbe; *b* Faßgerbung: die Blößen im rotierenden Gerbfaß; *c* Grubengerbung: oben Versenk: die Brühe wird in die Grube gegeben, Blößen und Lohe werden in die Brühe „versenkt"; unten Versatz: Lohe und Blößen werden schichtweise in die Grube gefüllt, die Brühe wird nachgegeben

Bei der Gerbung gibt es verschiedene Verfahren (Abb. 2). 1) Die **Lohgerberei** bedient sich pflanzlicher Gerbstoffe: *Lohe*, z. B. gemahlene Eichen- oder Fichtenrinde, wird bei der Grubengerbung (s. u.) als Streumittel verwandt. *Gerbextrakte*, d. s. verschiedenartige Auszüge, z. B. aus Kastanienholz, verschiedenen Früchten (z. B. Valoneen) oder auch aus Wurzeln und Blättern, dienen zum Bereiten oder Verstärken von Gerbbrühen, wofür auch anteilmäßig *Syntane* (→ Gerbstoffe) zur Verwendung kommen. Die Blößen werden zunächst in dünnen Gerbbrühen (wäßrigen Auszügen der Gerbmittel) *angegerbt*, wobei sie die braune Lederfarbe annehmen. Bei der **Grubengerbung** liegen sie dann einige Monate flach ausgebreitet zu mehreren übereinander, jeweils mit einer Schicht der gemahlenen pflanzlichen Gerbmittel bestreut, in einer Gerbgrube (*Versenk* oder *Versatz*, Abb. 2 c). Mit höherkonzentrierten Lösungen und unter dem Einfluß einer mechanischen Bewegung im rotierenden *Gerbfaß* kann die Herstellungsdauer abgekürzt werden (**Brühengerbung, Faßgerbung**). 2) In der **Chromgerberei** dienen als Gerbmittel basische Salze des III-wertigen Chroms, die dem Leder eine graugrüne Farbe geben. 3) Die **Weißgerberei (Alaungerberei)**, bei der das Leder eine weiße Farbe zeigt, arbeitet mit Al-Verbindungen (z. B. Alaun). Man unterscheidet die gewöhnliche, die Ungarische Weißgerberei sowie die Glacégerberei. 4) In der **Sämischgerberei** werden die Blößen mit oxydierbaren (ungesättigten) Ölen, vor allem Tranen, behandelt. Bei vielen Lederarten werden verschiedene Gerbungen miteinander kombiniert.

Das auf die Gerbung folgende Zurichten des Rohleders umfaßt mehrere Arbeitsgänge: spanabhebendes *Falzen* zum Egalisieren der Dicke; *Färben; Fetten; Ausrecken* und *Ausstoßen* zum Glätten der Haut; nach erfolgtem Trocknen *Blanchieren* zum Egalisieren der Fleischseite; *Stollen* zum Weichmachen des Leders; *Krispeln* zum Herausarbeiten des natürlichen Narbens und zum gleichzeitigen Weichmachen; schließlich *Walzen* zum Verfestigen des Fasergefüges. Farbige Leder erhalten oft noch Deckfarbenaufträge. Zum Teil erfolgt eine künstliche Narbenprägung. Glatte Leder werden *gebügelt* oder *glanzgestoßen*. Die Rauh- oder Velourleder werden samtartig *geschliffen*.

Über die Pelzgerberei, d. h. die G. von Rauchwaren, → Rauchwarenzurichterei.

Lit. Stather: Gerbereichemie und Gerbereitechnologie (3. Aufl. Berlin 1957); Gesammelte Abhandlungen des Deutschen Lederinstituts Freiberg (Freiberg, seit 1949).

→ Leder.

Gerberträger, → Träger.

Gerbstoffe, natürlich vorkommende und synthetisch hergestellte Verbindungen unterschiedlicher chemischer Konstitution, mit deren Hilfe tierische Haut in Leder verwandelt werden kann. Die **pflanzlichen G.** sind an Kohlenhydratkomponenten gebundene Phenolkarbonsäuren oder kondensierte Polyphenole meist unvollständig aufgeklärter Struktur. Sie finden sich angereichert vor allem in Mimosen-, Fichten- und Eichenrinde, in Quebrachoholz und in Sumachblättern sowie in den Gallen verschiedener Pflanzen (→ Tanninsäure). Zu den **mineralischen G.n** gehören eine Reihe von Chrom(III)-, Eisen(III)-, Zirkonium(IV)- und Aluminiumsalzen sowie polymere Metaphosphate. Zunehmende Bedeutung gewinnen die **synthetischen organischen G.** Sie sind vor allem Kondensationsprodukte von Formaldehyd und Phenolsulfonsäuren (*Syntane*) und wurden früher als Neradole bezeichnet.

Gerippebau, im engeren Sinne der Ständerfachwerkbau, im weiteren Sinne svw. → Skelettbau.

Germanit, → Fahlerze.

Germanium, Symbol **Ge,** chemisches Element aus der IV. Hauptgruppe des Periodensystems; Ordnungszahl 32; Massenzahlen der Isotope 74, 72, 70, 73 und 76, Atomgewicht 72,59 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II und IV, D. 5,35 g cm^{-3}, F. 958,5 °C, Kp. 2700 °C; 1872 von Mendelejew vorausgesagt, wurde G. 1886 von C. Winkler entdeckt. G. ist sehr selten und vereinigt in sich Eigenschaften von Metallen und Nichtmetallen. Es ist grausilbern und metallisch glänzend, hart und schwer zu bearbeiten, korrosionsfest, säure- und laugenbeständig. Chemisch ähnelt G. einerseits dem Kohlenstoff und dem Silizium, anderseits dem Zinn. Es ist durchlässig für ultrarotes Licht und geht mit Metallen, z. B. Pt, Au, Ag und Cu, Legierungen mit niedrigem Schmelzpunkt ein. G. kommt in etwas höherem Prozentsatz in den seltenen Mineralen Germanit Cu_3 (Fe, Ge)S_4 und Argyrodit Ag_8GeS_6 sowie mit kleinem Gehalt in Sphalerit und Steinkohle vor. Das zerkleinerte Erz wird nach verschiedenen Verfahren aufgeschlossen und in Germaniumdioxid übergeführt, das durch Wasserstoff oder Kohle zum G. reduziert wird. Neuerdings gewinnt man G. auch aus dem Flugstaub und der Hochofenschlacke von Erzverhüttungsbetrieben, z. B. in der DDR in Hettstedt, und aus den Aschen bestimmter Kohlen.

G. ist ein Halbleiter und hat große technische Bedeutung. Man verwendet germaniumhaltige Silberlegierungen zum Bau von elektrischen Meß- und Schaltgeräten, das Element selbst für Dioden, Detektoren und Transistoren, ferner in Photozellen, in Sonnenbatterien und optischen Instrumenten.

Geröll, beim Transport durch fließendes Wasser oder in der Meeresbrandung mehr oder weniger abgerundete Gesteinsbruchstücke. Je nach dem Bildungsraum unterscheidet man **fluviatiles G.** (**Fluß-** und **Bachgeröll**) und **marines G.** (**Brandungsgeröll**).

Gerüst, ein für die Errichtung und Unterhaltung von Bauwerken benötigter Hilfsbau aus Holz oder Stahl (Gerüstordnung TGL 118-4420).

Beim **Stangengerüst** werden *Stehstangen* (*Standbäume*) in Abständen bis zu 3 m entweder 1 m tief in das Erdreich eingegraben oder auf *Schwellen* gesetzt. An den Stehstangen werden die *Längsriegel* (*Streichstangen*) mit Ketten, Drahtseilen oder Hanfstricken befestigt und durch Klammern gesichert. Bei Maurergerüsten werden die Bindungen der Längsriegel durch *Steifen* unterstützt. Auf die Längsriegel kommen *Querriegel* (*Netz-Gerüstriegel*), die in Rüstlöcher im Gebäude oder bei Fensteröffnungen auf Zwischenriegel verlegt werden, und darauf die mindestens 30 mm dicken *Gerüstbohlen* als Belag. Das G. ist mit einer ausreichenden Längsverstrebung zu versehen und mit dem Bauwerk zu verankern.

Beim **Leitergerüst** werden in einer Entfernung von höchstens 3 m die *Gerüstleitern* auf Unterlagen gestellt und mittels Fensterschraube (Rohrmanschette mit Gewindespindel), Rohr, Rohrbolzen und Fensterarm aus Hartholz in den äußeren Fensterleibungen befestigt, bei fensterlosen Wandflächen mit Giebelnagel oder Bankeisen, mit Draht oder Ketten und Giebelsteifen. Der Bohlenbelag wird in Höhenabständen von 2 m gelegt, bei Unterhaltungsgerüsten auf die Holzsprossen, bei Putzer- und Maurergerüsten auf besondere Stahlstäbe (*Spillen*). Der Seitenschub wird durch Kreuzverstrebungen aufgenommen. Das abgebundene G. für schwierige Arbeiten und zur Aufnahme großer Lasten besteht aus Kanthölzern. Die Hölzer werden mit Bolzen und Haken miteinander verbunden.

Das **Stahlrohrgerüst** besteht aus Stahlrohrstücken, die mit besonderen Verbindungsstücken (*Kupplungen*) verschraubt werden. Als Gerüstbelag werden Bohlen verwendet.

Als Unterhaltungsgerüst für leichte Arbeiten werden auch **Bockgerüste** verwendet, 1 bis 1,5 m hohe Gerüstböcke aus Holz oder Leichtmetall mit aufgelegten Gerüstbohlen, ferner **Auslegergerüste**, die aus einem oberen Stockwerk herausgesteckt und im Raum gegen Fußboden und Decke verspannt werden, und **Hängegerüste**, wobei Tragbäume in 26 mm starke Traghaken oder Hängeeisen eingelegt und darauf Bohlen und Gerüstbretter für Belag und Geländer gelegt werden. **Schutz-** und **Fanggerüste** zum Schutz der auf dem Bau Beschäftigten und der Verkehrsteilnehmer werden als Leiter-, Ausleger-, Hänge- und Hängebockgerüste ausgeführt. **Alpicarüstung** ist eine Schutzrüstung, bei der mit Fortschreiten der Bauarbeiten Hanfnetze an Standbäumen, die bis zu 30 cm vom Außenmauerwerk abstehen, über Rollen hochgezogen werden. Anwendung beim gerüstlosen Bauen.

Schalungs- und **Lehrgerüste** dienen als Traggerüste zur Unterstützung von Bauteilen, bis diese durch Erhärtung der Baustoffe oder durch Abschluß der Montage in der Lage sind, sich selbst zu tragen. Verwendung bei monolithischen Gewölben, Brückenbauten, Stahlbetonkonstruktionen.

Lit. Petermann: G.e, Schalungen und Rüstungen (Berlin 1953).

Gerüsteiweißstoffe, → Proteine.

Gesamtdruck, → Bernoullische Gleichung.

gesättigt, 1) Bezeichnung für organisch-chemische Verbindungen, die weder freie Valenzen noch Mehrfachbindungen enthalten, z. B. Methan.

2) Bezeichnung für Lösungen, die bei bestimmter Temperatur keine weiteren Mengen des gelösten Stoffes mehr aufnehmen können.

Geschiebe, von Gletscher- oder Inlandeis aus ihrem Ursprungsgebiet bewegte und dabei kantengerundete, z. T. abgeschliffene und später in den Grund- oder Endmoränen abgelagerte Gesteinsbrocken. Besonders große Geschiebebrocken bezeichnet man auch als Findlinge.

Geschlechtshormone, svw. → Sexualhormone.

Geschoß, Projektil, ein aus Feuerwaffen abgeschossener Körper. 1) Geschosse von Handfeuerwaffen, als **Patronen** bezeichnet, sind längliche, spitze Vollmetallkörper, die sich aus einem inneren Stahlkern, einem Bleimantel und einem äußeren Stahlmantel aufbauen und auf eine Hülse mit Treibladung aufgesetzt sind (Abb. 1). Die Patrone ist unten von einem *Zündhütchen* abgeschlossen. Darüber befindet sich der *Zündsatz*. Schlägt der *Schlagbolzen* auf das Zündhütchen, so wird der Zündsatz entzündet. Die entstehenden Gase dringen durch Zündkanäle zur Pulverladung (Treibladung). Patronen haben meist das Kaliber der betr. Waffe und werden in der Regel am Laufende eingeführt. Eine Ausnahme machen die in die Laufmündung gesteckten **Stielgeschosse**, die ein wesentlich größeres Kaliber haben und z. B. gegen gepanzerte Ziele verwendet werden. **Leuchtspurgeschosse** haben einen Leuchtspursatz zur Zielanweisung oder zum Entzünden leicht brennbarer Gegenstände (Phosphorfüllung). **Panzerbrandgeschosse** sind mit einem Brandsatz versehene Spezialgeschosse zur Bekämpfung gepanzerter Fahrzeuge. **Brandgeschosse** haben einen Brandsatz. **Jagdpatronen** weisen eine abgeflachte Spitze auf. **Schrotpatronen** bestehen aus einer mit kleinen Schrotkugeln gefüllten zylindrischen Papphülse, in die unten außerdem eine kleine Metallkapsel mit der Treibladung eingesetzt ist.

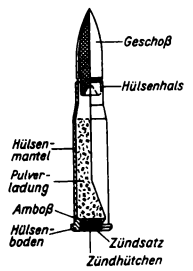
2) Aus Geschützen abgefeuerte Geschosse, als **Granaten** bezeichnet, bestehen aus einem Stahlmantel mit Sprengstoffüllung, einem Brandsatz, Leuchtsatz oder anderer Füllung und sind mit einem → Zünder (Aufschlag-, Brenn- oder Verzögerungszünder) versehen (Abb. 2).

Granaten sind fest mit einer Metallkartusche verbunden, welche die Treibladung enthält, oder die Kartusche wird nach der Granate in das Geschützrohr geschoben. Man unterscheidet nach dem Verwendungszweck verschiedene Arten. Die **Sprenggranate** wird gegen Befestigungen eingesetzt, die **Splittergranate** besonders gegen lebende Ziele. Die **Splittersprenggranate** vereinigt in sich Eigenschaften der Spreng- und Splittergranaten und hat 3 Zündereinstellungen (Einstellung auf Splitterwirkung: G. detoniert sofort beim Aufschlag; auf Sprengwirkung: G. detoniert nach kleiner Verzögerung; auf Verzögerung: G. dringt tiefer in das Ziel ein, dadurch größere Sprengwirkung). Die **Hohlladungsgranate (Hohlraumgranate)** ist mit → Hohlladung und Bodenzünder ausgerüstet und wird besonders gegen gepanzerte Ziele verschossen. Die **Panzergranate** hat dicke Wände aus besonders zähem Stahl, Bodenzünder und nur geringe Sprengladung; sie kann Panzerplatten von der zwei- bis dreifachen Stärke ihres Kalibers durchschlagen. Die meisten Panzergranaten haben Leuchtspur. Die **Brandgranate** wird gegen brennbare Ziele geschossen, sie enthält als Brennsatz meist → Thermit. Die **Kernladungsgranate** (oft unexakt als **Atomgranate** bezeichnet) hat den gleichen Aufbau wie die Kernspaltungsbombe (→ Kernwaffen). Die **chemische Granate (Gasgranate)** wird zur Vergiftung von lebender Kraft und zur Geländevergiftung verwendet. Sie ist im Prinzip wie die Brandgranate aufgebaut, mit ihr werden chemische → Kampfstoffe verschossen. Je nach Kaliber werden von einer chemischen Granate bis 1000 m³ Luft oder 20 bis 200 m² Gelände vergiftet. Die **Nebelgranate** dient zum Einnebeln, sie ist mit einem → Nebelmittel gefüllt und entspricht im Aufbau einer chemischen Granate. Die **Leuchtgranate** dient zur Beleuchtung des Gefechtsfeldes. Sie schwebt an einem kleinen Fallschirm herab und ist mit einem Leuchtsatz (Brenndauer etwa 40 bis 50 s) und Brennzünder versehen. Die **Übungsgranate** hat geringere Sprengladung und fast keine Splitterwirkung. Die **Unterkalibergranate** besitzt einen Hartmetallkern und weist hohe Durchschlagskraft auf infolge Vergrößerung der Anfangsgeschwindigkeit und Treibladungsmasse sowie Verringerung der Granatmasse. Die **Betongranate** wird aus Geschützen größerer Kaliber zur Zerstörung betonierter Befestigungen u. dgl. verschossen. Betongranaten bestehen aus Stahl von besonderer Festigkeit und haben einen Bodenzünder, der auf Sprengwirkung und auf Sprengwirkung mit Verzögerung eingestellt werden kann. Die **Wurfgranate** ist mit Stabilisatoren versehen und wird aus glattem (nicht gezogenem) Rohr verschossen (Granatwerfer, rückstoßfreies Geschütz). Die Stabilisatoren (Leitwerk) sind notwendig, da sonst durch das Fehlen der Züge kein Drall entstehen würde.

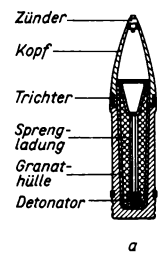
Geschoßwerfer, eine → Raketenwaffe.

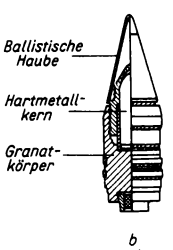
Geschütz (Tafel 16), eine Feuerwaffe mit gezogenem oder glattem Rohr, aus der Granaten bzw. Wurfgranaten verschossen werden.

Aufbau des G.es. Jedes G. besteht aus dem Rohr, der Lafette bzw. Bodenplatte und der Zieleinrichtung. Das *Rohr* besteht grundsätzlich aus (vielfach schwach legiertem) Stahl und ist meist aus mehreren Schichten aufgebaut. Um ein Kern- oder Seelenrohr sind entweder Stahlringe (Ringrohr) oder ein Stahlmantel (Mantelrohr) aufgeschrumpft, oder das Rohr ist mit Bandstahl oder Stahldraht umwickelt. Mitunter ist die Ringschicht noch von einem Mantel überzogen (Mantelringrohr). Meist ist in das Kernrohr noch ein Futterrohr eingelegt, das ausgewechselt werden kann, wenn es ausgeschossen ist. Das Futterrohr bzw. Kernrohr (ausgenommen bei den meisten Granatwerfern und bei



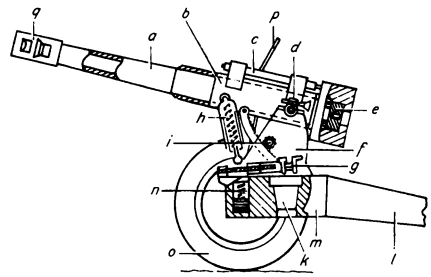
1 Patrone





2 Granaten: *a* Aufbau einer Hohlladungsgranate, *b* Aufbau einer Unterkalibergranate neuer Art

rückstoßfreien G.en) ist gezogen, d. h., in seine Wandung sind zahlreiche Drallnuten (Züge, → Drall) zur Führung des Geschosses eingeschnitten. Alle modernen G.e (außer Granatwerfer mit einem Kaliber bis etwa 120 mm) sind Hinterlader, deren hinteres Rohrende durch einen *Verschluß* abgeschlossen ist. Dieser wird zum Einführen des Geschosses geöffnet und nach dem Laden geschlossen. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man Schrauben-, Fallkeil-, Fallblock- und Schubkurbelverschluß. Schnellfeuergeschütze, z. B. Panzer-, Flugabwehr- und Bordkanonen, haben einen halb- oder vollautomatischen Verschluß, der beim Rohrrücklauf betätigt wird. Die *Lafette* bildet den Unterbau des G.es. Sie kann fest sein (bei Schiffs- und Küsten-



1 Aufbau eines Geschützes. *a* Rohr, *b* Rohrwiege, *c* Vorholer, *d* Zieleinrichtung, *e* Verschluß, *f* Oberlafette, *g* Seitenrichtmaschine, *h* Ausgleicher, *i* Höhenrichtmaschine, *k* Lagerzapfen, *l* Holm, *m* Unterlafette, *n* Federung, *o* Rad, *p* Panzerschild, *q* Mündungsbremse

geschützen) oder fahrbar (zum Anhängen an ein Zugfahrzeug, mit Motor versehen als selbstfahrende Pak oder als → Selbstfahrlafette auf einem Panzerfahrgestell). Auf der Lafette ruht das Rohr in einer Rohrwiege oder auf einem Rohrträger. Beim Abschuß gleitet es zurück, wobei diese Bewegung von der Rohrrücklaufbremse abgebremst wird; anschließend drückt der Rohrvorholer durch Federn oder mittels Druckluft das Rohr wieder nach vorn. An der Lafette befinden sich der Seiten- und der Höhenrichtmechanismus, mit deren Hilfe das Rohr seitlich und nach der Höhe verstellt wird, sowie die *Zieleinrichtung* (Zielfernrohr, Rundblickfernrohr, Richtaufsatz) und vielfach auch ein Panzerschild. Das Abfeuern geschieht mechanisch oder elektrisch; dabei wird die Treibladung in der Kartusche durch den Schlagbolzen gezündet, und der Explosionsdruck treibt das Geschoß aus dem Rohr. Bei der modernen Flakartillerie erfolgen das Richten der G.e (mit Hilfe von Geschützrichtstationen) und das Abfeuern automatisch (→ Kommandogerät, → Geschützrichtstation).

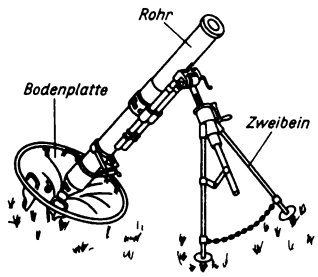
Einteilung der G.e. **Kanonen** sind direkt und indirekt richtbare Flachfeuergeschütze zur Bekämpfung der verschiedensten Ziele. Die Länge des Rohres beträgt 30 bis 60 Kaliber und mehr (z. B. 100-mm-Kanone L 60 = Rohrlänge 6 m). Die Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse ist größer als bei Haubitzen, Mörsern und anderen G.en. Die Schußweite großkalibriger Kanonen kann bis 40 km betragen (maximale Schußweite von Fernkanonen 120 km). Zur Bekämpfung von Luftzielen und Panzern gibt es spezielle Fliegerabwehrkanonen (→ Luftabwehrwaffen) und Panzerabwehrkanonen (→ Panzerabwehrwaffen). Das Kaliber beträgt heute bei Feldkanonen, Begleitgeschützen u. dgl. 45 bis 200 mm (früher auch größere Kaliber und Sondergeschütze bis 800 mm), bei Panzerabwehrkanonen 37 bis über 85 mm, bei Fliegerabwehrkanonen 20 bis über 100 mm, bei Flugzeugkanonen 15 bis 37 mm, bei Kanonen der Schiffsartillerie und der Küstenverteidigung 40 bis im allgemeinen 203 mm. Die Munition für Kanonen mit Kalibern bis 100 mm ist heute in der Regel patroniert (Granate mit Kartusche fest verbunden).

Haubitzen sind direkt oder indirekt richtbare G.e, die Flach- und Steilfeuer schießen können und vor allem zur Bekämpfung von ungedeckten Zielen, Feldbefestigungen und ständigen Kampfanlagen bestimmt sind. Die Länge des Rohres beträgt bis 30 Kaliber. Schußentfernung und Anfangsgeschwindigkeit sind geringer als die einer Kanone gleichen Kalibers. Durch veränderte Treibladung (getrennte Munition) ist das Schießen auf verschiedenste Entfernungen mit geringstem Energieverbrauch möglich. Das Kaliber beträgt heute 100 bis 200 mm.

Die **Kanonenhaubitze** ist ein G., das Eigenschaften der Kanone und der Haubitze vereinigt (Flach- und Steilfeuer). Sie hat im Vergleich zur Kanone einen größeren Erhöhungswinkel (bis 65°) und verwendet getrennte Munition.

Der **Mörser** ist ein G. zum Schießen von Steilfeuer; die Rohrlänge übersteigt nicht 16 Kaliber. Mörser haben getrennte Kartuschladungen, die Zündungseinrichtung wird in den Verschluß eingesetzt. Das Kaliber beträgt 210 mm bis 380 mm, einzelne Systeme erreichten bis zu 600 mm. Die Mörser sind im wesentlichen für die Zerstörung von Befestigungen und Zielen hinter steilen Deckungen vorgesehen, sie haben heute jedoch ihre Bedeutung verloren. In der westdeutschen Bundeswehr werden mit Mörser die Granatwerfer bezeichnet.

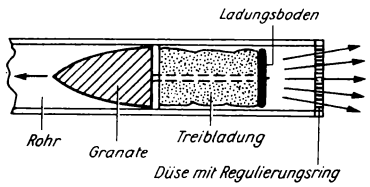
Der **Granatwerfer** ist eine Artilleriewaffe mit im allgemeinen glattem, d. h. nicht gezogenem Rohr (nur einzelne Granatwerfertypen in Japan und England haben gezogene Rohre) und ohne Rohrvorholer; er schießt in der Winkelgruppe über 45°. Aus dem Granatwerfer werden im Steilfeuer Wurfgranaten auf Ziele verschossen, die offen oder gedeckt in Gräben, Stellungen hinter verschiedenen steilen Deckungen oder in Geländevertiefungen liegen. Die Stabilität der Granate wird im Flug durch am Schaft angebrachte Flügel (Stabilisatoren) gewährleistet. Granatwerfer mit einem Kaliber bis etwa 120 mm sind Vorderlader, größerkalibrige Granatwerfer (bis 240 mm, nur in der UdSSR) Hinterlader. Der Granatwerfer ist in Aufbau und Bedienung einfach, hat eine geringe Masse, eine hohe Beweglichkeit und ergibt eine steile Flugbahn und große Fallwinkel der Wurfgranate. Nachteilig sind die verhältnismäßig geringen Schußentfernungen. Die gebräuchlichsten Kaliber betragen heute 82 bis 240 mm.



2 Granatwerfer (Kaliber 120 mm)

Rückstoßfreie G.e sind reaktive G.e mit glattem Rohr. Die Rückstoßfreiheit wird dadurch erreicht, daß ein Teil der Pulvergase nach hinten durch eine Düsenöffnung abgeleitet wird; die dadurch entstehende reaktive Kraft gleicht die Rückstoßkraft aus, so daß das Rohr beim Schuß ruhig bleibt. Rückstoßfreie G.e haben den Vor-

teil geringer Masse. Sie sind in erster Linie für die Panzerabwehr bestimmt und werden besonders bei Luftlandetruppen eingesetzt. Die gebräuchlichen Kaliber betragen 82 und 107 mm.



3 Wirkungsweise des rückstoßfreien Geschützes

Schiffsgeschütze (Kanonen) sind zu zweit oder zu dritt in Panzertürmen oder Geschützständen untergebracht. **Gebirgsgeschütze** (Kanonen mit Kalibern von 65 bis 77 mm und Haubitzen von 75 bis 105 mm) sind zerlegbar und können mit Hilfe von Tragtieren in Stellungen gebracht werden, die mit Fahrzeugen nicht zu erreichen sind. **Atomgeschütze** sind großkalibrige Spezialwaffen (Kaliber 280 bis 320 mm), die Granaten mit Kernsprengladung (→ Kernwaffen) verschießen. Sie haben inzwischen ihre Bedeutung wieder verloren, da heute Kernmunition für G.e (Kanonen, Haubitzen, auch Granatwerfer) mit Kalibern von 150 bis 200 mm hergestellt werden kann. **Salvengeschütze** (Raketenwerfer) verschießen Raketen (→ Raketenwaffen). **Selbstfahrende G.e** sind Artilleriewaffen (Kanonen mit Kalibern zwischen 57 und 85 mm) mit Zugmittel, die sich auch selbständig mit Hilfe eines Motors, der an der Lafette angebracht ist, fortbewegen können. Durch ein drittes Rad (Spornrad), das am Ende der Holme angebracht ist, wird eine Steuerung und Stabilisierung während der Bewegung erreicht. Selbstfahrende G.e werden in erster Linie als Begleitgeschütze für Mot. Schützen und Panzer eingesetzt. **Eisenbahngeschütze** sind schwere Artilleriesysteme (weittragende Kanonen mit einem Kaliber von 210 mm und mehr, schwere Haubitzen und Mörser mit einem Kaliber bis 800 mm), die auf vielachsigen Spezialwagen der Eisenbahn transportiert werden. Das Abfeuern ist im wesentlichen nur in Gleisrichtung möglich, da sonst der Rückstoß das G. von den Gleisen kippt. Eisenbahngeschütze haben heute ihre Bedeutung verloren.

Geschützrichtstation, ein vorwiegend bei der Flakartillerie verwendetes Radargerät (Feuerleit-Radar, → Radar, Abschn. 1g). Es begleitet das aufgefaßte Luftziel automatisch und gibt ständig dessen Kurs, Geschwindigkeit, Entfernung, Seitenwinkel und Höhenwinkel an das → Kommandogerät. Mit der G. wird die Bekämpfung von Luftzielen auch nachts und bei allen Wetterbedingungen möglich.

Geschwindigkeit, Zeichen v, in der Physik der bei gleichförmiger → Bewegung je Zeiteinheit zurückgelegte Weg. Die Einheit der G. ist $m\,s^{-1}$, technisch auch $km\,h^{-1}$ und $m\,min^{-1}$. Bei ungleichförmiger Bewegung ist die **Momentangeschwindigkeit** $v = \frac{ds}{dt}$, die 1. Ableitung des Weges s nach der Zeit t (→ Differentialrechnung). Die **mittlere G.** ist der Gesamtweg dividiert durch die gesamte dafür verwendete Zeit. Die G. ist ein Vektor, daher addieren sich die G.en in der klassischen Mechanik vektoriell. Bewegt sich z. B. ein Punkt auf einem Körper, der selbst eine („Führungs"-) G. $\vec{v}_F$ besitzt, mit der („Relativ"-) G. $\vec{v}_r$, so ist seine wahre oder „Absolut"-G. aus den Komponenten $\vec{v}_F$ und $\vec{v}_r$ nach dem Parallelogrammsatz zu ermitteln. Beispiele: Kran und Laufkatze, Schwimmer beim Durchqueren eines Flusses u. a.

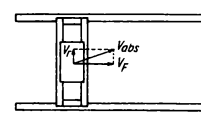
Sind die Geschwindigkeiten von der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit c, so lassen sich die Gesetze der klasssischen Mechanik nicht mehr anwenden. Die spezielle Relativitätstheorie stellt das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum auf und zeigt ferner, daß sich weder Masse noch Energie mit einer G., die größer als die Lichtgeschwindigkeit ist, bewegen können; denn relativistische G.en, d. h. solche, die mit der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar sind, addieren sich weder algebraisch noch vektoriell, sondern gemäß dem **Additionstheorem der G.**: Wird ein Vorgang mit der G. u in Richtung der positiven x'-Achse eines Bezugssystems Σ' von einem System Σ aus beobachtet, wobei sich Σ' gegenüber Σ in Richtung der positiven x-Achse mit der G. v bewegt und x- und x'-Achse zusammenfallen sollen, so beträgt die G. u des Vorgangs vom System Σ aus beurteilt:

$$u = \frac{u' + v}{1 + \frac{u' \cdot v}{c^2}}$$

Die Geschwindigkeitsmessung erfolgt am einfachsten durch Messung des Weges und der zum Durchlaufen dieses Weges benötigten Zeit. Der Quotient beider Meßwerte ergibt die mittlere G. während der Messung. Das Umformen der Bewegung in Kreisbewegung ergibt die Möglichkeit zum Messen der Momentangeschwindigkeit (→ Tachometer), z. B. über die Zentrifugalkraft. Bei Bewegung in gasförmigen oder flüssigen Medien erfolgt die Messung der G. über den Staudruck (→Log, → Prandtlrohr, → Pitotrohr). In manchen Fällen wird zur Geschwindigkeitsmessung der → Doppler-Effekt benutzt.

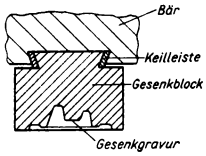
Verschiedene Geschwindigkeiten

	m/s	km/h
Gletscher	0,000006	
Schnecke	0,0015	
Wettschwimmer	0,5	1,8
Fußgänger	1,5	5,4
Fallschirmspringer (Sinkgeschwindigkeit Bodennähe)	6	
Kurzstreckenläufer	10,0	
Radrennfahrer	13	47
Ozeandampfer	15	54
Brieftaube	16,7	60
Rennpferd	25	90
Skiläufer (Abfahrtslauf)	30	108
Orkan (Windstärke 12)	36,9	132
Eisenbahntriebwagen	57	205
Schwalbe	89	320
Dreipunktboot	111	400
Fallschirmspringer (aus 20000 m, freier Fall bei Verzögerungssprung) maximal	150	
Rennwagen (Rekord 1965)	240	864
Verkehrsflugzeug mit Strahlturbinen (Tu 110)	278	1000
Schall (in Luft bei 0 °C, 1 atm)	343	1194
Punkt am Äquator infolge der Umdrehung der Erde	464	1670
Luftmolekül (bei 0 °C)	485	1746
Karabinergeschoß (Anfangsgeschwindigkeit)	870	
Überschallflugzeug	>1000	> 3600
Wasserstoffmolekül (0 °C)	1834	6635
künstlicher Erdsatellit (Sputnik 1)	7700	27720
Meteorit (bei Fall zur Erde)	11000	39600
künstlicher Planetoid (Lunik 1)	11200	40320
Erde auf ihrer Bahn um die Sonne	29760	
Lichtgeschwindigkeit	299793000	



Zusammensetzung von Geschwindigkeiten: $v_{abs} = \sqrt{v_F^2 + v_r^2}$

Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung



Schnitt durch einen Gesenkblock

Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung, die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit v eines Körpers im Schwerkraftfeld einer Zentralmasse M und seiner Entfernung r, wie sie sich aus der Formel $v^2 = GM\frac{2}{r} - \frac{1}{a}$ ergibt; G = Gravitationskonstante, a = große Halbachse der Bahn.

Geschwindigkeitshöhe, → Bernoullische Gleichung.

Geschwindigkeitsmesser, svw. → Tachometer.

Geschwindigkeitspol, svw. → Momentanpol.

Gesenk, 1) Fertigungstechnik: eine in Ober- und Untergesenk geteilte Hohlform aus Stahl oder Stahlguß zum Warm- oder Kaltumformen durch Gesenkschmieden oder Prägen (→ Massivumformen). Das **Obergesenk** wird am Bär eines Maschinenhammers durch Keilleisten verklemmt oder am Stößel einer Presse angeschraubt, das **Untergesenk** wird entsprechend auf der Hammerschabotte oder auf dem Pressentisch befestigt. Die auf Schmiedetemperatur erwärmte Werkstückvorform wird im Untergesenk eingelegt und durch mehrmaliges Aufschlagen oder einmaliges Anpressen des Obergesenkes zur Anlage an die Gesenkgravur gebracht. Überschüssiger Werkstoff tritt gegebenenfalls als Werkstückgrat zwischen Ober- und Untergesenk aus. Die Herstellung der Gesenkgravur erfolgt durch Umformen, Spanen oder Abtragen (→ Fertigungsverfahren).

2) Bergbau: ein → Blindschacht.

Gesenkschmieden, ein Umformverfahren des → Massivumformens. Dabei werden mittels eines → Gesenkes Werkstücke aus Metallen auf Hämmern (Freifall-, Oberdruck- oder Gegenschlaghammer) oder Pressen (Kurbel-, Schwungradspindel oder hydraulische Pressen) meist warmumgeformt (Stahl bei etwa 1000 °C, Leichtmetalle bei etwa 400 °C). Der zwischen Ober- und Untergesenk in einer eingearbeiteten Gratrille entstehende Grat wird durch → Abgraten vom Gesenkschmiedestück abgetrennt. Das G. wird für Massenteile angewendet, z. B. Kurbelwellen, Schraubenschlüssel, Turbinenschaufeln und Standardteile der Kleineisenindustrie. Fertigformen erfolgt besonders bei Paßflächen durch Spanen. Die Toleranz von Gesenkschmiedeteilen beträgt etwa ±0,1 mm auf 100 mm Länge. Gegensatz: → Freiformschmieden.

G. mit geringerer Toleranz bezeichnet man als → Genauschmieden.

Lit. Bruchanow u. Rebelski: G. und Warmpressen (Berlin 1955).

Gesetz der großen Zahl, besagt, daß mit zunehmender Anzahl von Beobachtungsergebnissen die bestimmenden Faktoren immer deutlicher werden, während die mehr oder weniger zufälligen Abweichungen der Einzelergebnisse sich gegenseitig immer mehr ausgleichen. Unter gewissen Bedingungen sind die so gewonnenen Ergebnisse vom Zufall fast unabhängig. Das G. d. g. Z. hat vor allem für die Wahrscheinlichkeitsrechnung und die Statistik Bedeutung.

In einer Urne befinden sich im Verhältnis 1:1 weiße und schwarze Kugeln gleicher Größe und Beschaffenheit gut durcheinandergemischt. Es soll eine Reihe von Ziehungen durchgeführt werden. Jedesmal wird eine Kugel gezogen. Die gezogene Kugel wird jeweils nach ihrer Farbe registriert, dann in die Urne zurückgetan und wieder gut mit den anderen vermischt. Bei nur wenigen Ziehungen, z. B. 10, ist die Zusammensetzung der gezogenen Kugeln nur schwer bestimmbar. Es können z. B. neun weiße und eine schwarze oder sieben weiße und drei schwarze oder umgekehrt gezogen werden. Das zu erwartende ideale Verhältnis von 50:50 wird sich erst in dem Maß einstellen, wie die Anzahl der Ziehungen zunimmt. Der belgische Astronom, Mathematiker und Statistiker Quetelet führte 4096 solche Ziehungen durch. Er erhielt dabei 2066 weiße und 2030 schwarze Kugeln. Das entspricht einem Verhältnis 50,4 : 49,6. Damit erhielt Quetelet eine sehr weitgehende Annäherung an den Grenzwert 50 : 50.

Gesetz der konstanten Wärmesummen, svw. → Heßscher Satz.

Gesperre, ein Mechanismus, der die Bewegungsfreiheit zwischen zwei Teilen (Gestell und Sperrstück) durch einen Sperrer ganz oder teilweise aufhebt. Das G. bildet den wesentlichen Teil eines → Sperrgetriebes. Nach der Art der Paarung unterscheidet man **Zahngesperre** und **Reibgesperre** (Formschluß und Kraftschluß), nach der Wirkung **Festgesperre** (formschlüssig: Riegelgesperre; kraftschlüssig: Klemmgesperre), **Grenzgesperre** bei Sperrung bis zu einer bestimmten Größe der einwirkenden Kraft (formschlüssig: Rastgesperre; kraftschlüssig: Bremsgesperre) und **Richtgesperre** bei Sperrung nur in einer Richtung (Zahn-, Klemmgesperre).

In der Fördertechnik dienen G. dazu, die Bewegungen von Antrieben für Fördermittel, z. B. Winden, in der einen Richtung zu ermöglichen, in der anderen jedoch zu sperren, damit die Last nicht abstürzt. G. sind auch die Fangvorrichtungen z. B. für die Eimerkette bei Eimerkettenbaggern, die Zugketten von Kettenförderern und die Fangvorrichtungen für Aufzüge und Schachtförderanlagen.

Gestaltfestigkeit, die → Dauerschwingfestigkeit eines Konstruktionsteils. Die Ergebnisse von Dauerschwingversuchen an glatten oder gekerbten Probestäben können nur bedingt bei der Berechnung von Bauteilen benutzt werden. Man führte deshalb die Formziffer α_k, die vom Spannungsverlauf im Werkstück abhängt, und die Kerbwirkungszahl β_k, die die Empfindlichkeit des Werkstoffes gegenüber Kerben kennzeichnet, ein. Trotzdem erzielt man bei Bauteilen verwickelter Gestalt keine befriedigende Übereinstimmung zwischen errechneter Dauerfestigkeit und durch Versuch ermittelter G.

Gestein, eine Mineralvergesellschaftung, die bei größerer räumlicher Ausdehnung mineralogisch nahezu gleichförmig zusammengesetzt ist. Man unterscheidet **Festgesteine,** z. B. Granit, und **Lockergesteine,** z. B. Löß. Die im G. enthaltenen Minerale teilt man ein in 1) Hauptgemengteile, die einzeln in überragenden Mengen auftreten und die betreffende **Gesteinsgattung** charakterisieren, z. B. Feldspat, Quarz, Glimmer im Granit; 2) Übergemengteile, die in bedeutenden Mengen auftreten können, z. B. Turmalin in Granit, und damit die **Gesteinsart** charakterisieren, z. B. Turmalingranit; 3) Nebengemengteile (Akzessorien), die in geringen Mengen (weniger als 1%) enthalten sind, z. B. Apatit, Magnetit, Zirkon im Granit. Weitere Merkmale der G.e sind ihr → Gefüge und ihre → Lagerung.

Die Einteilung der G.e nach ihrer Entstehung ergibt drei große Gruppen:

1) **Eruptivgesteine (magmatische G.e, Magmatite)** entstehen aus silikatischen Schmelzen (→ Magma) infolge Temperaturerniedrigung. Erfolgt die Erstarrung innerhalb der Erdkruste, dann entstehen **Tiefengesteine (Plutonite, Intrusivgesteine),** z. B. Granit. Gelangt der Schmelzfluß an die Erdoberfläche (→ Lava), dann bilden sich **Ergußgesteine (Effusivgesteine, Vulkanite),** z. B. Basalt, Tuffe. Tiefengesteine haben durch ihre langsame Abkühlung ein gleichmäßig körniges Gefüge, Ergußgesteine jedoch infolge schneller Abkühlung ein glasiges oder sehr feinkörniges bzw. ungleichkörniges, porphyrisches Gefüge. In geringeren Massen treten ferner **Ganggesteine** als Füllungen klaffender Spalten oder von Schloten auf. Sie werden aus dem Magma gebildet und haben entweder die gleiche Zusammensetzung wie

die Tiefengesteine (ungespaltene, *aschiste Ganggesteine*, z. B. Granitporphyr) oder stark abweichende Zusammensetzung (gespaltene, *diaschiste Ganggesteine*, z. B. Lamprophyr, Aplit). Bei den Eruptivgesteinen vollzieht sich die Mineral- und Gesteinsbildung in einer gesetzmäßigen Folge (→ Differentiation). Ihre Aneinanderreihung erfolgt nach dem Kieselsäuregehalt. Nach dem SiO_2-Gehalt unterscheidet man **saure G.e** (mehr als 65 %), **intermediäre G.e** (65 bis 52 %), **basische G.e** (52 bis 45 %) und **ultrabasische G.e** (weniger als 45 %). Nach der chemischen Zusammensetzung lassen sich einem Tiefengestein entsprechende Ergußgesteine zuordnen, z. B. Granit – Liparit, Quarzporphyr; Diorit – Andesit, Porphyrit; Gabbro – Basalt, Melaphyr, Diabas; Peridotit – Pikrit; Syenit – Trachyt; Nephelinsyenit – Phonolith. Durch verschiedene Namensgebung werden die Ergußgesteine auch nach dem Alter untergliedert, z. B. die basaltischen Ergußgesteine in Basalt (Tertiär), Melaphyr (Permokarbon) und Diabas (älter). Diese Unterscheidung ist nur insofern berechtigt, als im allgemeinen durch höheres Alter bestimmte Veränderungen der Mineralien und der Grundmasse eintreten.

2) **Sedimentgesteine (Schichtgesteine).** Alle an der Erdoberfläche befindlichen G.e werden durch → Verwitterung zerkleinert. Das Material kann dann durch Wasser, Wind oder Eis transportiert und schließlich abgelagert werden (→ Ablagerung). Die zunächst lockeren Sedimente können durch → Diagenese verfestigt werden, z. B. Sand zu Sandstein. Verwitterungsprodukte, die in fester Form transportiert wurden, sind *klastische Sedimente*. Nach der Korngröße ihrer Einzelteile unterscheidet man grobkörnige *Psephite* (Korndurchmesser >2 mm), z. B. Konglomerat; mittelkörnige *Psammite* (2 bis 0,02 mm), z. B. Sand; feinkörnige *Pelite* (<0,02 mm), z. B. Ton. Die durch chemische Verwitterung in wäßrige Lösungen übergeführten Teile werden in Bächen und Flüssen transportiert und unter bestimmten Bedingungen ausgefällt und abgelagert. Sie bilden dann die *chemischen Sedimente*, z. B. Salzgesteine, Gips, Oolithe, Sinter. Bei der Ausfällung und Sedimentation können auch Organismen beteiligt sein, z. B. bei der Bildung von Kalkstein. Als *organogene Sedimente* sind die Ansammlungen von Kieselsäureskeletten niederer Organismen, z. B. Radiolarien, Diatomeen, zu bezeichnen.

3) **Metamorphe G.e (Metamorphite)** sind Produkte der → Metamorphose. Die vor allem infolge Regionalmetamorphose durch Druck- und Temperaturerhöhungen entstandenen G.e werden gemeinhin als **kristalline Schiefer** bezeichnet, z. B. Gneis. Die rein thermische Kontaktmetamorphose erzeugt die **Kontaktgesteine**, z. B. Fleckschiefer, Fruchtschiefer, Hornfelse. G.e, die die Wirkung des Durchbewegungsdruckes (Streß) zeigen, heißen **Tektonite**. Meist läßt sich aber die Wirkung von Druck und Temperatur nicht trennen. Metamorphe G.e, die aus Eruptivgesteinen umgebildet sind, werden auch **Orthogesteine**, aus Sedimentgesteinen entstandene **Paragesteine** genannt. Bei der normalen Metamorphose verbleibt das Gestein im festen Zustand. Die Erhöhung der Temperatur kann jedoch so weit gehen, daß Teile des G.s in Schmelze überführt werden; es bilden sich dann **Migmatite (Mischgesteine)**, z. B. Gneis. Diese Umwandlung heißt → Ultrametamorphose; sie kann bis zum Extrem der Bildung palingener Magmen führen. Die daraus entstehenden Gesteine rechnen zu den Eruptivgesteinen.

Die Lehre von der Zusammensetzung, dem Aufbau und dem Vorkommen der G.e ist die **Petrographie (Petrologie)** oder **Gesteinskunde**; sie ist ein Teilgebiet der Mineralogie.

Lit. → Mineralogie.

Gesteinsbohrmaschine, eine Bohrmaschine zur Herstellung von Sprenglöchern in Steinbrüchen, im Bergbau und im Tunnelbau. Der Antrieb erfolgt elektrisch, mittels Druckluft oder Druckwasser. Die G.n werden von Hand geführt oder sind im Abbauraum befestigt, z. B. an einer Bohrstütze. Man unterscheidet 1) schlagend arbeitende G.n, z. B. Bohrhammer und Stoßbohrmaschine; 2) drehend arbeitende G.n, z. B. Spannsäulendrehbohrmaschine oder die Graeliusbohrmaschine; 3) drehend und schlagend arbeitende G.n, z. B. die auf einem Schlitten laufende Drehschlagbohrmaschine (besonders für hartes Gestein). Eine oder mehrere G.n können auch auf einem → Bohrwagen angeordnet sein.

Gesteinsfasern, auch als **Basalt-, Stein-** oder **Mineralwolle** bezeichnet, aus Schmelzen natürlicher Sedimentgesteine, z. B. Dolomit, Kalkstein, Tonschiefer, erzeugte Chemiefaserstoffe. Sie werden wie die → Schlackenfasern verwendet.

Gesteinsglas, durch schnelle Abkühlung glasig (nichtkristallin) erstarrte magmatische Schmelze. **Obsidian** ist ein durchsichtiges bis durchscheinendes saures G., das meist schwarz bis grau gefärbt ist. Er wird seit prähistorischen Zeiten zu Geräten verarbeitet, vor allem in Mexiko, auch im antiken Rom und Griechenland. **Pechstein** ist ein geologisch älteres, getrübtes G. mit einem Wassergehalt >4 %. Schaumige, helle Gesteinsgläser heißen → Bimsstein.

Gesteinsstaub, im Bergwerk beim Bohren, Schießen und Verladen von Gestein entstehender Staub. Er verursacht bei Vorhandensein von Quarz die Gesteinsstaublunge (Silikose). G. aus quarzfreien Gesteinen (Tonschiefer, Anhydrit, Kalkstein) wird an bestimmten Stellen zu **Gesteinsstaubsperren** in Kohlenbergwerken angehäuft, um die Wirkung der Explosionsflamme von Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen zu hemmen, da der aufgewirbelte Staub infolge seiner großen Oberfläche die Flamme abkühlt und zum Erlöschen bringt.

Gestell, das gegenüber einem Bezugssystem feststehende Glied eines → Getriebes. Bei Kurbelgetrieben ist das G. gleich dem → Steg. Durch **Gestellwechsel** (kinematische Vertauschung, Standwechsel) kann man alle aus einer → kinematischen Kette entwickelbaren Getriebe erhalten.

Getriebe, Trieb, eine Vorrichtung zum Umformen oder Übertragen von Bewegungen. Ein G. besteht aus mindestens drei, bei → Kurbelgetrieben aus mindestens vier → Gliedern, deren Bewegungen gegeneinander (Relativbewegungen) bestimmt sind (→ Zwanglauf). Jedes G. hat mindestens ein Gestellglied (→ Gestell), ein Antriebs- und ein Abtriebsglied (→ kinematische Kette) und entsteht durch Festlegen eines der Glieder einer kinematischen Kette als Gestell. Die einzelnen Glieder werden durch → Elementenpaare miteinander verbunden. **Einfache G.** sind Kurbel- und Schubkurbelgetriebe (→ Kurbelgetriebe), Hüllstoff- oder Zugmittelgetriebe (→ Hüllstoffe), Füllstoff- oder Druckmittelgetriebe (→ Füllstoffe), → Schraubengetriebe, → Rädergetriebe und → Kurvengetriebe. Von den **zusammengesetzten G.n** sind besonders wichtig die mehrstufigen und die rückkehrenden Rädergetriebe sowie die → Sperrgetriebe. Stufenlos verstellbare G. mit stufenlos veränderlicher Abtriebsdrehzahl sind mechanische G. (→ Reibradgetriebe, Hüllstoffgetriebe oder → Flüssigkeitsgetriebe) zur Anpassung der Drehzahlen an die jeweiligen Betriebsverhältnisse bei Arbeits- und Werkzeugmaschinen. Bei Flüssigkeitsgetrieben ist das übertragende Element zwischen Kraft- und Arbeitsmaschine eine Flüssigkeit (meist Öl, seltener Wasser). Steigende Bedeutung erlangen die G. mit Energiefeldern (elektrische, magnetische G., Federgetriebe). G. mit sich kreuzenden Drehachsen heißen **Raumgetriebe,** mit sich schneiden-

den Drehachsen **sphärische G.** und mit parallelen Drehachsen **ebene G.** Durch Kombination von Kurbel- und Rädergetrieben erhält man die Räderkurbelgetriebe (→ Pilgerschrittgetriebe, → Zahnstangenkurbeltrieb). Im Gegensatz zu den gleichförmig übersetzenden Räder- und Schraubengetrieben sind Kurbel- und Kurvengetriebe sowie Schaltwerke (→ Sperrgetriebe) ungleichförmig bzw. periodisch übersetzend.

Die **Getriebelehre**, eine Grundwissenschaft des Maschinenbaus, ist die Wissenschaft von der Analyse und Synthese des G.s. Die **Getriebeanalyse** untersucht vorhandene G. hinsichtlich ihrer Eigenschaften, Teilgebiete befassen sich mit der Feststellung des Zwanglaufes eines G.s, der Bestimmung des Übertragungswinkels sowie mit Geschwindigkeits- und Beschleunigungsuntersuchungen. Über **Getriebesynthese** → Maßsynthese.

Lit. Beyer: Kinematisch-getriebeanalytisches Praktikum (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1958), Kinematisch-getriebedynamisches Praktikum (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960), Technische Raumkinematik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963); Hain: Angewandte Getriebelehre (2. Aufl. Hannover u. Darmstadt 1961); Jahr u. Knechtel: Grundzüge der Getriebelehre, 2 Bde (3. Aufl. Leipzig 1949); Kraus: Grundlagen des systematischen Getriebeaufbaues (Berlin 1952), Getriebelehre (2. Aufl. Berlin 1954); Lichtenheldt: Getriebetechnik in Lehre und Forschung (Berlin 1957), Konstruktionslehre der G. (Berlin 1967); Siecker: G. mit Energiespeichern (Leipzig 1952), Einfache G. (Leipzig 1956); AWF-Getriebeblätter, AWF-Getriebehefte, TGL 8959 (Kurventafeln zur Konstruktion von Kurbelgetrieben).

Getriebeautomat, automatisches Getriebe, bei modernen Kraftwagen ein Getriebe, das die Bedienung erleichtert. Bei G.en fallen der Schalthebel und das Kupplungspedal weg, die Geschwindigkeitsregelung geschieht im gesamten Fahrbereich nur mit dem Gaspedal. Der G. schaltet über einen Regler automatisch in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Drehzahl der Getriebeausgangswelle) und der Motorbelastung, d. h. von der Stellung des Gaspedals.

Man unterscheidet verschiedene Bauweisen: 1) automatisch geschaltetes Stufengetriebe kombiniert mit hydraulischer Kupplung; 2) automatisch geschaltetes Stufengetriebe kombiniert mit hydraulischem Drehmomentenwandler; 3) automatisch geschaltetes Stufengetriebe kombiniert mit selbsttätiger mechanischer Kupplung oder Magnetpulverkupplung. Das der Kupplung oder dem hydraulischen Drehmomentenwandler nachgeschaltete Getriebe ist meist ein Planetengetriebe mit zwei bis vier Stufen, seltener ein Stirnrad- oder Kegelradgetriebe.

An Stelle des Schalthebels ist ein kleiner Wählhebel vorhanden, mit dem der Fahrer entsprechend den Verkehrsbedingungen die Zahl der schaltbaren Gänge festlegt. Üblich sind folgende Stellungen des Wählhebels: 1) D = Abk. für englisch drive (alle Gänge werden geschaltet), 2) L = Abk. für englisch low (der oberste Gang wird nicht mit geschaltet), 3) N = Abk. für neutral (Leerlauf), 4) R = Abk. für englisch reverse (Rückwärtsgang), 5) P = Abk. für englisch parking (Parkstellung).

Die Schaltung der einzelnen Gänge erfolgt meist hydraulisch, seltener elektromagnetisch durch einen von der Stellung des Gaspedals und von der Drehzahl der Getriebeausgangswelle beeinflußten Regler.

Getter, Getterstoffe, Fangstoffe, feste Stoffe, die zur Aufrechterhaltung und Verbesserung des Vakuums in nicht mehr mit der Pumpe verbundenen Behältern verwendet werden. Die G. binden Restgase, die nach dem Abschmelzen eines evakuierten Raumes, z. B. einer Elektronenröhre, noch vorhanden sind. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Gettern*. Als G. dienen z. B. Phosphor (insbesondere bei Glühlampen), Alkali- und Erdalkalimetalle, Thorium, Zirkonium und Titan sowie Legierungen aus Aluminium und Barium, Zer und Thorium, Barium und Magnesium. Das G. wird entweder als sehr feines Pulver in Form einer Aufschlämmung in einem leicht verdunstenden Suspensionsmittel durch Sprühen oder Aufstreichen auf die Glühlampenwendel oder eine Elektrode aufgebracht oder in Form von Pillen verdampft. Die Gasbindung tritt einerseits infolge einer Reaktion der Restgase mit den Atomen des Getterdampfes, anderseits infolge aktivierter und physikalischer Adsorption an dem Getterniederschlag ein.

Getterpumpen, → Vakuumpumpe.

GeV, Kurzz. für Gigaelektronenvolt, → Elektronenvolt.

Gewässerkunde, svw. → Hydrographie.

Gewebe, ein in der Weberei hergestellter textiler Stoff aus zwei sich rechtwinklig in einer → Bindung kreuzenden Fadensystemen. Quer zu der in Längsrichtung verlaufenden *Kette* (Kettfäden) ist der *Schuß* (Gesamtheit der Schußfäden) eingetragen, der an den Geweberändern, den Leisten, immer wieder umkehrt (→ Weberei). Für die Kette werden festere, stärker gedrehte Fäden

Doppelgewebe mit Warenwechsel

aus besseren Faserstoffen verwendet als für den meist fülligen Schuß. **Doppelgewebe** bestehen aus zwei mitunter in Material und Farbe verschiedenen Gewebelagen, bei denen teilweise Fäden des Obergewebes in das Untergewebe binden, und umgekehrt. Doppelgewebe wird für Mantelstoffe mit angewebtem Futter, Tischdecken u. a. verwendet.

Lit. Baier: Textilwarenkunde für Verkäufer (Leipzig 1956); Götz: Die wichtigsten Webwaren und deren Einstellungen (Leipzig 1953); Lohse: Webwaren von A bis Z (Leipzig 1956); Gewebeatlas (2. Aufl. Leipzig 1959).

Gewehr, eine zweihändige Handfeuerwaffe für Sport, Jagd (→ Jagdgewehr) und Armée. Bei den Streitkräften ist meist der **Karabiner** eingeführt, ein G. mit ziemlich kurzem, etwa 60 cm langem, gezogenem Lauf von 7,62 Kaliber. Karabiner sind meist mit Mehrladeeinrichtung (eingebautes Magazin für mindestens 5 oder einsteckbares Magazin für 10 Patronen), für Scharfschützen auch mit optischer Zieleinrichtung (→ Zielfernrohr) versehen. Die normale Visiereinrichtung (Kimme und Korn) ermöglicht eine mittlere Treffsicherheit bis 400 m, die maximale Visierschußweite beträgt etwa 1000 m. Zum Schuß wird der Verschluß durch Betätigung des Schlosses gespannt und dabei eine Patrone aus dem Magazin in den Lauf geschoben. Beim Durchkrümmen des Abzugs wird die Feder des Schlagbolzens entspannt, und dieser schlägt auf das Zündhütchen der Patrone. Beim **Schnellfeuergewehr,** einer halbautomatischen Waffe (→ automatische Waffen), werden das Einführen einer neuen Patrone, das Spannen des Verschlusses, das Ausziehen und das Auswerfen der leeren Hülse automatisch durch den Rückstoß der Pulvergase ausgeführt. Der Abzug muß bei jedem Schuß durchgekrümmt werden. Bei Verwendung eines *Gewehrgranatgerätes* (*Schießbecher*), d. i. ein sich nach oben verbreiternder Becher, der auf die Laufmündung aufgesetzt wird, können mit dem G. kleine Sprenggeschosse (Gewehrgranaten) verschossen werden (Reichweite etwa 500 m). Der Abschuß erfolgt mit der Gewehrpatrone, es ist keine spezielle Abfeuerungspatrone notwendig. Die dem Geschoß nacheilenden Pulvergase greifen hinter die im Schießbecher sitzende Gewehrgranate und schleudern diese aus dem Schießbecher heraus.

Gewicht, Zeichen G, auch W, P, eine physikalische Größe von der Art einer Kraft als Produkt aus der Masse eines Körpers und der örtlichen Fallbeschleunigung. Diese Bedeutung des Wortes G. entspricht einer Grundsatzerklärung der 3. Generalkonferenz für Maß und Gewicht. Die Einheit des G.es ist nach dem Internationalen Einheitensystem (Système International d'Unités, Abk. SI) das Newton (Kurzz. N) sowie das Dyn (Kurzz. dyn); das Kilopond (Kurzz. kp) gilt nur bei Normfallbeschleunigung.

Das G. setzt sich vektoriell zusammen aus der Gravitationskraft (Massenanziehungskraft) und der Zentrifugalkraft (Trägheitskraft infolge der Erdrotation). Da sowohl die Gravitationskraft als auch die Zentrifugalkraft proportional der Masse sind, gilt für das Gewicht $G = m \cdot g$, wobei m die Masse und g die Fallbeschleunigung sind. Die Fallbeschleunigung und damit das G. sind — im Gegensatz zur Masse der nichtrelativistischen Mechanik — ortsabhängig (die Abweichungen auf der Erde betragen maximal etwa 5 ‰). Der Wert $g_n = 9{,}80665\ \mathrm{m\,s^{-2}}$ wird als Normfallbeschleunigung oder Normalwert der Fallbeschleunigung bezeichnet.

Das Wort G. darf nicht verwendet werden für → Wägestück oder → Gewichtstück bzw. für das Ergebnis einer Wägung (→ Masse).

Gewichtsanalyse, svw. → Gravimetrie.

Gewichtsprozent, fälschlich für Masseprozent, → Konzentration.

Gewichtstück, an Auswägeeinrichtungen Körper nicht festgelegter Masse, der infolge seiner Kraftwirkung an einem Auswägehebel den Lastausgleich herbeiführt. Man unterscheidet z. B. Lauf-, Schalt-, Roll-, Hub-, Neigungsgewichtstücke.

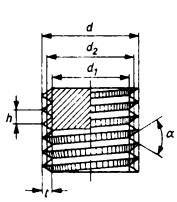
Gewinde, eine nach einer Schraubenlinie verlaufende Kerbe, die in die Mantelfläche eines Außenzylinders **(Außengewinde)** oder in die Innenfläche eines Hohlzylinders **(Innengewinde)** eingeschnitten ist. Ein zylindrisches Werkstück mit Außengewinde nennt man Schraubenbolzen, eine zylindrische Bohrung mit Innengewinde Schraubenmutter. Bolzen und Mutter mit einem gleichartigen G. können durch Drehen des einen Teiles gegenüber dem anderen miteinander verbunden werden; die Verbindung ist lösbar. Den Winkel, unter dem die Schraubenlinie gegenüber einer zur Schraubenachse senkrechten Ebene ansteigt, bezeichnet man als *Steigungswinkel.* Ein voller Umlauf der Schraubenlinie heißt *Gang* (*Gewindegang*). Nach der Richtung, in der der Gang ansteigt, unterscheidet man **Rechtsgewinde** und **Linksgewinde;** das normale G. ist rechtsgängig. Die *Steigung* oder *Ganghöhe* des G.s ist der Weg, um den sich das Muttergewinde nach einer vollen Umdrehung auf dem Bolzen verschoben hat (Abb.). Schneidet man auf einen Zylinder nicht nur ein, sondern zwei, drei oder mehr G. (Gewindegänge) derart, daß sie gleichmäßig auf den Zylinderumfang verteilt beginnen, so erhält man eine zwei-, drei- oder mehrgängige Schraube. Bei dieser muß man zwischen *Steigung* und *Teilung* unterscheiden. Dabei ist Steigung = Teilung · Gangzahl. Bei der eingängigen Schraube ist die Steigung gleich der Teilung.

Die fünf Hauptbestimmungsstücke (Meßgrößen) am G. sind Außendurchmesser, Flankendurchmesser, Kerndurchmesser, Steigung und Teilflankenwinkel. Der Außendurchmesser des Schraubenbolzens hat eine formelle Bedeutung; sein Wert wird zur Größenbezeichnung des Gewindes benutzt (Nenndurchmesser). Zur Festlegung der Meßgrößen bedient man sich eines Axialschnittes durch das G., d. h. eines die Gewindeachse enthaltenden Schnittes. Das Schnittbild eines Gewindeganges heißt *Gewindeprofil.* Nach der Form des Profils unterscheidet man Spitzgewinde (Dreieckprofil), **Sägengewinde, Trapezgewinde, Rundgewinde** und **Flachgewinde** (Rechteckprofil).

Je nachdem, ob das G. zur festen oder beweglichen Verbindung zweier Werkstücke dient, spricht man von **Befestigungsgewinde** oder von **Bewegungsgewinde.** Auf dem Gebiet der Befestigungsgewinde (Schraubengewinde) wurde in den letzten Jahren auf Grund einer ISO-Empfehlung international die Einführung eines einheitlichen Gewindeprofils (ISO-Profil) und die Festlegung von Größenreihen für Schrauben und Muttern nach dem metrischen und dem Zollmaßsystem (**Metrisches ISO-Gewinde** und **Zoll-ISO-Gewinde**) erreicht. Danach gehören zu bestimmten Gewindenenndurchmessern bestimmte Steigungen. Das G. mit der größten vorgeschriebenen Steigung heißt **Grobgewinde,** dasjenige mit kleinerer festgelegter Steigung **Feingewinde.**

Die Gewindeherstellung kann maschinell oder von Hand nach verschiedenen Verfahren erfolgen. 1) *Spanende* Verfahren: Für Außengewinde werden eingesetzt Schneidkluppen, Schneideisen, Formmeißel (Gewindedrehen), Schneidköpfe, Strehler, Kurz- und Langgewindefräser (walzenförmige bzw. scheibenförmige Fräser), rotierende Formmeißel (Gewindewirbeln), ein- und mehrprofilige Schleifscheiben; für Innengewinde Gewindebohrsätze (bestehend aus Vor-, Mittel- und Fertigschneider), Formmeißel, Schneidköpfe, Strehler, Kurzgewindefräser. 2) *Umformende* Verfahren: Für Außengewinde werden eingesetzt Flachbacken oder Gewindewalzen, Gewinderollen, Druckrollen und Gewindedorne (Gewindedrücken zur Herstellung von G.n in Blechteilen), für Innengewinde Gewinderollen.

Gewitter, die mit → Blitz und → Donner vor sich gehende luftelektrische Entladung (→ Luftelektrizität) als Begleiterscheinung der Luftmassenumschichtung in einer Gewitterwolke, gewöhnlich verbunden mit heftigen Schauerniederschlägen. G. entstehen durch rasches Aufsteigen feuchtwarmer Luft (mit hohem Dampfdruck) und deren rasche Abkühlung. Die hochgespannten elektrischen Ladungen und deren Trennung, die zur Bildung der Blitze notwendig sind, entstehen durch Kondensations- und Konvektionsvorgänge in den Wolken und sind an feste oder flüssige Wolkenteilchen gebunden. Die positive Hauptladung wird von den Eisteilchen der hohen Wolkenpartien getragen, die negative Hauptladung befindet sich im Bereich des herabstürzenden Niederschlages zwischen den Temperaturen von etwa −15 und 0 °C. Darunter liegt im zentralen Teil der Gewitterwolke eine räumlich eng begrenzte, vom Niederschlag getragene positive Raumladung. Dort an der 0-Grad-Grenze sitzt das Zentrum, von dem die Blitze ausgehen. Die Entstehung des Spannungsgefälles zwischen einzelnen eng benachbarten Wolkenteilen ist an die Eiskristalle und an die Graupelbildung im oberen Teil der Gewitterwolken gebunden. Mit fortschreitender Vergraupelung der Wolkenteile und der Bildung von Hagelkörnern wachsen auch die an sie gebundenen Feldstärken und damit die Spannungen an. Durch Absinken der Eismassen und der Nullgradgrenze wird auch der untere Teil der Wolke in das geschlossene Feld des G.s einbezogen. Schließlich kommt es innerhalb des tieferen Teiles der Hagel- und Graupelschwaden zu Flächenblitzentladungen. Ist der Vorstoß des Wolkenblitzes nach der Erde gerichtet, so entsteht bei ausreichender Feldstärke in der Wolke und zwischen Wolke und Erde der *Erdblitz.* Das elektrische Feld kann bis zu $3 \cdot 10^8$ Volt/m anwachsen, ehe Blitzentladungen eintreten. Es gibt zwei Arten von G.n: **Wärmegewitter,** die durch Aufsteigen überhitzter Luftmassen entstehen und örtlich gebunden sind, und **Frontgewitter,** die vorwiegend bei Einbruch von



Eingängiges Rechtsgewinde. d Gewindenenndurchmesser, d_1 Kerndurchmesser, d_2 Flankendurchmesser, h Steigung, t Gewindetiefe, α Flankenwinkel

Kaltluftmassen entlang der gesamten Kaltfront in Tiefdruckgebieten auftreten.

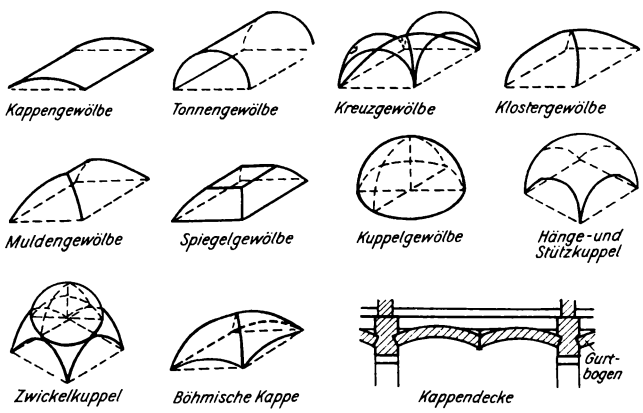
Wenn nachts infolge großer Entfernung vom Beobachtungsort der Donner bei einem G. nicht zu hören ist und nur das Licht eines unter dem Horizont stehenden G.s reflektiert wird, spricht man von *Wetterleuchten*.

Lit. Israel: Das G. (Leipzig 1950); Atmosphärische Elektrizität, Tl II (Leipzig 1961).

Gewölbe, 1) Bauwesen: eine gebogene Raumdecke, auch ein von einer solchen Decke überdeckter Raum. G. werden ausgeführt aus keilförmigen Ziegelsteinen, Werkstein, Beton oder Stahlbeton, als Scheingewölbe in Rabitz. Weitgespannte Kuppeln werden in Stahlbeton als Schalengewölbe erstellt (→ Schale).

Das G. überträgt seine Eigenmasse sowie die aufgenommene Nutzlast auf Mauern oder Pfeiler. Beim **geschlossenen G.** wird der Gewölbeschub auf alle Umfassungsmauern übertragen, beim **halboffenen G.** nur auf zwei einander gegenüberliegende Mauern, beim **offenen G.** auf Pfeiler oder Stützen.

Gewölbeformen (Abb.). Alle G. lassen sich aus zwei Grundformen, dem Zylinder und der Kugel, entwickeln. Das **Kappengewölbe** hat einen segmentbogenförmigen Querschnitt, das **Tonnengewölbe** (Urform) einen halbkreisförmigen Querschnitt. Das **Kreuzgewölbe** ist eine Durchdringung zweier sich rechtwinklig kreuzender Tonnengewölbe. Beim Kreuzgewölbe mit Stich kann der Scheitel gerade oder bogenförmig sein. Sind die Gewölbekappen bogenförmig ausgebildet, so entsteht ein gebustes Kreuzgewölbe. Die Schnittlinien der vier Kappen des Kreuzgewölbes bilden Grate. Beim **Kreuzrippengewölbe** sind Grate rippenartig betont ausgebildet. Das **Klostergewölbe** besteht aus vier Wangenteilen des Tonnengewölbes. Das **Muldengewölbe** ist ein Tonnengewölbe, dessen Stirnseite mit je einem Wangenteil abgeschlossen ist, das **Spiegelgewölbe** ein Muldengewölbe, dessen oberer Teil abgeschnitten ist und den Spiegel bildet. Bei den **Kugelgewölben** unterscheidet man 1) **Hängekuppel** oder **Stützkuppel** über dreieckigem Grundriß mit halbkugelförmiger Überwölbung, 2) **Zwickelkuppel** oder **Byzantinische Kuppel** über kreisförmigem Grundriß (Zwickel als Übergang vom Vieleck zum Kreis), aus Teilen von Kugelgewölben zusammengesetzt, 3) **Kugelgewölbe** über kreisrundem Grundriß. Die **Böhmische Kappe** ist Teil



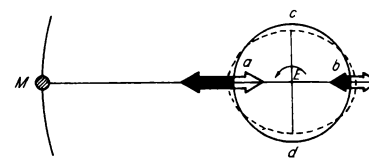
eines Kugelgewölbes. Beim **Sterngewölbe** wird die Gewölbefläche (gebuste Kappen) durch Scheitel und Zwischenrippen sternförmig aufgeteilt. Beim **Netzgewölbe** wird die Gewölbefläche netzförmig aufgegliedert. **Gewölbejoch** ist die sich wiederholende Gewölbeeinheit über rechteckigem oder quadratischem Grundriß. Das **Grundgewölbe** ist ein auf wenig tragfähigem Baugrund aufliegendes, umgekehrt gerichtetes G. zur Übertragung der Bauwerkslast auf die Gründungssohle.

2) Geologie: → Falte.

Geysir, Geiser, eine heiße Quelle, die in z. T. periodischen Abständen ihr Wasser springbrunnenartig ausstößt. G.e haben einen tiefen, oben in einen Hohlraum einmündenden Schlot und werden durch Grundwasser gespeist, dessen Wärme vulkanischen Ursprungs ist. Nach Bunsen hängen die Eruptionen damit zusammen, daß dem G. aus der Tiefe mehr Wärme zugeführt wird, als oben abgegeben werden kann. Dadurch überhitzt sich das Wasser, brodelt, und der obere Teil der Wassersäule wird herausgeschleudert. Dabei erfolgt eine plötzliche Druckentlastung der Wassermasse, die sich sofort in Dampf verwandelt und die Eruptionserscheinungen verursacht. In den Pausen erwärmt sich das durch den Ausbruch abgekühlte Wasser wieder. G.e finden sich z. B. im südwestlichen Island, auf Kamtschatka, in Neuseeland und im Yellowstone-Nationalpark (USA).

Gezähe, sämtliche Arbeitsgeräte für Hütten- und bergmännische Arbeiten.

Gezeiten, eine Erscheinung, die durch das Zusammenwirken der Anziehungskräfte von Mond und Sonne (nur etwa $^2/_5$ des Mondeinflusses) und der Fliehkräfte infolge der Rotation des Systems Erde—Mond um den gemeinsamen Schwerpunkt auf der Erde entsteht. Die G. setzen sich also



Gezeiten: Entstehung der zwei Flutberge (bei *a* und *b*) auf der Erde (*E*) durch die verschieden starke Anziehungskraft (➡) des Mondes (*M*). Die bei der gemeinsamen Umdrehung der Erde und des Mondes auftretenden Fliehkräfte sind mit ⇨ gekennzeichnet. Bei *c* und *d* herrscht Niedrigwasser

aus Mondgezeiten und Sonnengezeiten zusammen. Diese Kräfte äußern sich in den Meeren, in der Atmosphäre und in der festen Erdkruste.

1) Die **G. des Meeres (Tiden)** sind die meist in etwa $12^1/_2$stündigem Wechsel erfolgenden periodischen senkrechten Wasserstandsschwankungen im Meer. Sie führen zu periodischen waagerechten Wasserverschiebungen, den Gezeitenströmen. Das Steigen des Wassers heißt *Flut*, das Fallen *Ebbe*. Der höchste Wasserstand, der meist kurz vor oder nach der oberen und unteren Kulmination des Mondes auftritt, wird Hochwasserstand genannt, der tiefste Niedrigwasserstand. Das Mittel von Hoch- und Niedrigwasserstand bezeichnet man als Mittelwasser, den Höhenunterschied zwischen einem Hochwasserstand und dem vorhergehenden Niedrigwasserstand als *Tidenstieg*. Den Höhenunterschied zwischen einem Hochwasserstand und dem folgenden Niedrigwasserstand nennt man *Tidenfall*. Der *Tidenhub* ist das arithmetische Mittel aus dem Stieg und dem Fall einer Tide.

Addieren sich bei Vollmond und Neumond, wenn Mond und Sonne in Opposition oder Konjunktion stehen, die Anziehungskräfte beider, so führt dies bei Flut zur *Springflut* (*Springtide*), die vor allem beim zeitlichen Zusammentreffen mit einer → Sturmflut großen Schaden anrichten kann. Schwächen sich die Kräfte gegenseitig ab, z. B. wenn Sonne und Mond in Quadratur stehen (erstes und letztes Mondviertel), so ergibt dies ein schwächeres Hochwasser, die *Nippflut* (*Nipp-*

tide). Die wirklichen G. sind eine sehr komplizierte und örtlich unterschiedliche Erscheinung, da sie außerdem durch Winde, Wassertiefen u. a. beeinflußt werden. Sie verschieben sich von Tag zu Tag annähernd entsprechend der Verschie-

Tidenhub

Fundybay (Kanada)	21 m
Puerto Gallegos (Südargentinien)	18 m
Portishead (Severnmündung, Großbritannien)	16,3 m
Fitzroymündung (Australien)	14 m
Bhavnagar (Indische Union)	12,4 m
Coloradomündung (Mexiko)	12,3 m
Bucht von St. Malo (Rancemündung, Nordfrankreich)	12 m
Bucht Kisslaja Guba bei Murmansk	≈ 10 m
Nordseeküste	3,7··· 5 m
Ostsee	einige cm

bung der Kulmination des Mondes um etwa 50 Minuten. Die für einen bestimmten Ort ungefähr gleichbleibende Zeitspanne zwischen Mondkulmination und Hochwasser heißt *Flutstunde* oder *Hafenzeit*. Bei steigendem Wasser bewegt sich ein *Flutstrom* zur Küste, bei fallendem ein *Ebbestrom* in die offene See. Die Umkehr des Stromes, das *Kentern*, erfolgt an der Küste etwa um Hoch- und Niedrigwasser.

Die **Gezeitenströme** erreichen vielfach eine beträchtliche Geschwindigkeit, auf den Watten der Nordseeküste 2 bis 3, vor einzelnen nordnorwegischen Fjords über 9 Seemeilen in der Stunde. Sie sind für Schiffahrt und Fischerei von Bedeutung, für erstere unter anderem deshalb, weil sie Sandbänke und Priele verlagern.

Mit Hilfe von **Gezeitenrechenmaschinen** werden jährlich aus bekannten Gezeitenkonstanten die Tiden vorausberechnet und **Gezeitentafeln** aufgestellt. Sie enthalten für eine Reihe von Häfen (Bezugsorte) die täglichen Werte der Eintrittszeiten und die Höhen der Hoch- und Niedrigwasser. Durch tabellierte Gezeitenunterschiede in Höhe und Zeit können aus den Werten der Bezugsorte für eine große Anzahl anderer Plätze (Anschlußorte) die Hoch- und Niedrigwasser berechnet werden. **Gezeitenstromkarten** enthalten Stärke und Richtung der Gezeitenströme für die Nordsee, den Englischen Kanal und die Irische See.

In → Gezeitenkraftwerken (Flutkraftwerken) werden die G. zur Stromerzeugung ausgenutzt.

Lit. Sager: G. und Schiffahrt (Leipzig 1959), Ebbe und Flut (Gotha 1959).

2) Die **G. der Atmosphäre** sind die halbtägigen, ganztägigen oder monatlichen Schwankungen des Luftdrucks entsprechend den Sonnen- und Mondperioden. Da die fluterzeugenden Kräfte proportional der Masse des anziehenden Gestirns, aber auch der Masse des angezogenen Körpers selbst sind, müßten sich die G. der Atmosphäre zu denen des Meeres wie 1:1000 verhalten (Masse Luft : Masse Wasser). Da die geringen Luftdruckschwankungen durch die von der Sonneneinstrahlung verursachten täglichen Änderungen des Luftdruckes stark überlagert werden und Temperaturschwankungen stören, ist es äußerst schwierig, die atmosphärischen G. zahlenmäßig zu erfassen.

Die gezeitenartigen Bewegungen in den ionisierten Teilen der Atmosphäre rufen in ihrer Wechselwirkung mit dem Erdmagnetfeld elektrische Ströme hervor, deren Magnetfelder auf der Erdoberfläche als **erdmagnetische G.** beobachtet werden.

3) Die **G. der festen Erde (Erdgezeiten)** sind Hebungen und Senkungen der Erdkruste, die man nur mit instrumentellen Hilfsmitteln wahrnehmen kann, da sie kontinuierlich und langsam vor sich gehen und auch die Umgebung an der Bewegung teilnimmt. Innerhalb von 12 Stunden hebt und senkt sich die Erdkruste um etwa 20 bis 40 cm. Die Erdgezeiten werden durch die Anziehungskräfte zwischen Sonne, Mond und Erde erzeugt, und zwar nicht nur direkt, sondern auch indirekt, da durch die wechselnde Belastung der Erdkruste durch die G. des Meeres Verbiegungen eintreten.

Gezeitenkraftwerk, ein → Wasserkraftwerk, das zur Stromerzeugung den Höhenunterschied zwischen Ebbe und Flut (→ Gezeiten) ausnutzt. Das G. hat ein oder mehrere Sammelbecken, die durch selbsttätige Schleusentore Meerwasser bei Flut aufnehmen, durch Torschluß bei Ebbebeginn zurückhalten und dann über Turbinen meerwärts entlassen. Für G.e finden meist Rohrturbinen Verwendung. Die Leistung der G.e ist wesentlich von den Tidenhüben abhängig, → Gezeiten, Tab.

Das erste G. wurde 1967 in Betrieb genommen, und zwar an der Rancemündung (Frankreich) mit einfach wirkendem Einbeckenkraftwerk und 24 Kaplanturbinen mit je 10 MW (Megawatt) Leistung, Jahresarbeitsvermögen etwa 544 GWh (Gigawattstunden). Ein weiteres G. (Versuchskraftwerk) befindet sich in der UdSSR an der Barentssee im Bau (Bucht Kisslaja Guba bei Murmansk); das Jahresarbeitsvermögen soll 1 GWh betragen.

Lit. → Wasserkraftwerk.

gg, Kurzz. für → Gauge.

GH, Abk. für Gesamthärte, → Härte 2).

GHz, Kurzz. für Gigahertz, → Hertz.

Gibbssche Phasenregel, → Phase.

Gibbssche Statistik, ein Teilgebiet der → statistischen Mechanik. In der G.n S. behandelt man bei der Untersuchung eines bestimmten Festkörpers nicht die Bewegung seiner Moleküle selbst mit statistischen Methoden wie in der Boltzmann-Statistik, sondern denkt sich viele weitere gleichartige Körper hinzu und unterwirft diese gedachte (virtuelle) Gesamtheit von Systemen (Gibbssche Gesamtheit) einer statistischen Behandlung. Dabei kann man von der klassischen oder der Quantenmechanik ausgehen. Die G. S. ermöglicht die theoretische Untersuchung beliebiger physikalischer Systeme und enthält die Boltzmann-, Bose- und Fermi-Statistik als einfachste Fälle.

Gibbssche Wärmefunktion, svw. → Enthalpie.

Gicht, 1) der obere Abschluß eines Schachtofens, an dem seine Beschickung (Begichtung) erfolgt und an dem die → Gichtgase abziehen.

2) die nach Masse und Zusammensetzung festgelegte Menge von Möller und Koks, die satzweise bei kontinuierlich arbeitenden metallurgischen Öfen aufgegeben wird.

Gichtgas, Hochofengas, ein bei der Roheisenerzeugung über die Gicht abgehendes Brenngas. G. ist von unterschiedlicher Zusammensetzung: 5 bis 20 % Kohlendioxid, 25 bis 35 % Kohlenmonoxid, 1 bis 4 % Wasserstoff, 0,1 bis 0,5 % Methan, Rest Stickstoff. Es hat einen geringen Heizwert von etwa 700 bis 950 kcal/m³ i. N. Nach der Entfernung des Flugstaubes (→ Entstaubung) wird es zu Heizzwecken grundsätzlich in den Winderhitzern des Hochofens, darüber hinaus in Kraftwerken, Wärmeöfen u. dgl. sowie zum Antrieb von Gaskraftmaschinen verwendet.

Gieren, das Seitwärtsbewegen eines von Wasser oder Luft schräg angeströmten Körpers, vor allem von Schiffen und (Gier-)Fähren. Schiffe g. mitunter auch, wenn keine Strömung vorhanden ist, z. B. bei Leer- oder Ballastfahrt durch Entstehung eines Dreh- (Gier-) Moments.

Gießen (Tafel 27), ein Verfahren des Umformens (→ Fertigungsverfahren). Dabei werden Metalle oder auch andere Werkstoffe in flüssigem Zustand in vorbereitete Hohlräume, die **Gießformen,** gegossen, erstarren darin und nehmen dadurch

Gießen nach dem Wachsausschmelzverfahren

ihre endgültige Form oder ihre erste Form für die nachfolgende Weiterverarbeitung an.

G. von Metall. Gießbar sind alle Eisensorten, z. B. Stahlguß, Grauguß, Hartguß, Temperguß, und viele Nichteisenmetalle, z. B. Aluminium, Magnesium, Kupfer, Zink, Blei, und ihre Legierungen sowie Silber und Gold. Sie werden zum G. in Gießereischacht- oder Kupolöfen, Siemens-Martin-Öfen, Flamm-, Trommel-, Elektro- oder Tiegelöfen geschmolzen. Das G. von Erstformen, d. h. von → Halbzeugen, die danach noch durch Kneten (Walzen, Pressen, Schmieden, Ziehen) weitergeformt werden, bezeichnet man als **Vorguß**. Der Vorguß kann ein → Blockguß oder ein → Strangguß sein. Das G. von endgültigen Formen, d. h. die Herstellung von Gußstücken, die durch das G. bereits die fertige Werkstückform erhalten und später höchstens noch spanend bearbeitet werden, nennt man **Formguß** oder **Fertigguß** (→ Formguß).

Die Gießereibetriebe in der Metallurgie bezeichnet man nach dem vergossenen Werkstoff. Eine **Eisengießerei** stellt Werkstücke aus Gußeisen (Grauguß, Hartguß) her, eine **Tempergießerei** Werkstücke aus Temperguß, eine **Stahlgießerei** Werkstücke aus Stahl- (Form-) Guß und eine **Metallgießerei** Werkstücke aus Nichteisenmetallen.

Lit. Czikel u. Diepschlag: Die Gießtechnik von Halbzeug und Formguß (2. Aufl. Halle 1954); Eger: Gießereikunde für Eisen und Stahl (Berlin 1954); Goederitz u. Müller: Metallguß (Halle, 2 Bde, Bd 1 1950, Bd 2 1955); Sharow: Grundlagen der Automatisierung in der Gießerei (dtsch Berlin 1956); Spasski: Grundlagen des Gießereibetriebes (dtsch Leipzig 1955); Sper: Elektro-Grauguß (Leipzig 1952), Wörterbuch der Gießereikunde (Berlin 1953); Ztschr. Gießereitechnik (Berlin); → Formguß, → Schleuderguß, → Kokille.

Gießen nach dem Wachsausschmelzverfahren, → Wachsausschmelzverfahren.

Gießharze, vergießbare Kunstharze, z. B. Phenol-, Epoxid-, Polyesterharze, die entweder ohne oder mit Zusatz von Füllstoffen im flüssigen Zustand in Formen gegossen werden können, worin sie langsam erstarren oder erhärten. Sie sind durchsichtig oder farbig, meist chemikalienfest und lassen sich zerspanen. Man verwendet G. unter anderem zur Herstellung von Teilen für die Elektrotechnik und in Verbindung mit Glasfaservliesen z. B. für den Bootsbau.

Gifte, Stoffe, die infolge ihrer chemischen Beschaffenheit selbst in kleinen Dosen bei Einwirkung auf den menschlichen oder tierischen Körper dessen Gesundheit schädigen oder den Tod herbeiführen können. Diese Einwirkung kann lokal erfolgen (z. B. durch Ätzgifte) oder aber auf dem Blutwege. Nach der Anwendung der G. unterscheidet man Gegengifte (z. B. Brechmittel, Abführmittel), Suchtgifte (z. B. Kokain), → Kampfstoffe, Jagdgifte (z. B. Pfeilgifte wie Kurare), Schädlingsbekämpfungsmittel (z. B. Insektizide) und bestimmte Medikamente, z. B. zur Abtötung von Nerven in der Zahnheilkunde und zur Bakterienvernichtung. Medikamente können allgemein zu Giften werden, wenn sie falsch angewandt werden oder wenn therapeutisch unerwünschte Nebenwirkungen auftreten.

Der Verkehr mit den Giften regelt sich nach dem **Giftgesetz** (GBl der DDR Nr. 105 vom 15. 9. 1950 und Ergänzungen).

Lit. Ahrens: Die Giftprüfung (6. Aufl. Leipzig 1963); Büttner: Giftkunde, Giftgesetz. Vorbereitung zur Giftprüfung (8. Aufl. Leipzig 1963); Lohs: Synthetische G., Chemie, Wirkung und militärische Bedeutung (2. Aufl. Berlin 1963); Säubert: Gift- und Arznei-Abgabetabelle (2. Aufl. Leipzig 1960); Stade: Pharmakologie und Klinik synthetischer G. (Berlin 1964); Tomeček und Matoušek: Analyse synthetischer G. (dtsch Berlin 1964).

Giga, Kurzz. **G**, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^9 (Milliarde), z. B. **Gigaelektronenvolt**, Kurzz. GeV, = 10^9 eV; **Gigahertz**, Kurzz. GHz, = 10^9 Hertz.

Gilbert, Kurzz. **Gb**, nach dem englischen Physiker W. Gilbert benannte, alte, nicht mehr zulässige Einheit der magnetischen Spannung. 1 Gb = 1 Oe · cm (Oersted · Zentimeter) = $\frac{10}{4\pi}$ A (Ampere).

Giorgisches System, → Einheitensysteme.

Gips, Selenit, ein gesteinsbildendes Mineral, $Ca[SO_4] \cdot 2H_2O$; monoklin, tafelförmige Kristalle, häufig verzwillingt (Schwalbenschwanzzwillinge), farblos, weiß, durch Eisenoxid gefärbt, Härte nach Mohs 1,5 bis 2, D. bis 2,4 g cm^{-3}, gute Spaltbarkeit. Varietäten des G.es sind u. a. **Alabaster** (weiß, körnig), **Schaumgips** (schuppig, erdig), **Fasergips** (faserig, glänzend), **Marienglas** (durchsichtige, glänzende Tafeln). G. bildet sich stets aus wäßriger Lösung oder durch Wasseraufnahme von → Anhydrid und findet sich auf sedimentären Lagerstätten verschiedenen geologischen Alters — oft mit Salzlagern verknüpft —, auch als konkretionäre Ausscheidung in Tonen und Mergeln sowie als sekundäres Zersetzungsprodukt sulfidischer Lagerstätten.

Durch Erhitzen von G. auf verschiedene Temperaturen verliert er teilweise oder vollständig das Kristallwasser und wird thermisch aufgespalten. Diese Brennprodukte, wieder mit Wasser angerührt, z. T. mit Sand vermischt, finden eine vielseitige Verwendung, besonders im Baugewerbe. Es entsteht beim Erhitzen auf 120 °C das Halbhydrat $CaSO_4 \cdot H_2O$, der **Modellgips**; bis 200 °C entstehen der **Stuckgips** und **Putzgips**, oberhalb 1193 °C der **Estrichgips**, der langsam erhärtet und dann gute Festigkeit und Wetterbeständigkeit aufweist; bei 1300 °C wird Schwefeltrioxid SO_3 abgespalten, es entsteht eine feste Lösung von CaO und $CaSO_4$. Sie besitzt wieder die Fähigkeit, mit Wasser zu erhärten, und wird als **Mörtelgips** oder **Baugips** bezeichnet. Doppelt gebrannter G., der zwischen zwei Brennvorgängen mit Alaun getränkt wird, heißt **Marmorgips**.

Gipsleichtsteine, Bauelemente aus Gips mit Torf, Hobelspänen oder anderen leichten organischen Zuschlagstoffen, z. B. als Dübelsteine verwendet.

Gipsplatten, Bauelemente aus Gips, meist leichter als Betonplatten. Bei geringer Dicke werden G. mit Glasfaserbewehrung gefertigt (z. B. Glagit, Dekorationsplatten nach TGL 116-0431). Gipsgebundene Bauelemente mit Zuschlagstoffen wie Kesselschlacke, Hüttenbims, Schilf, Stroh dienen als Innenwandplatten (TGL 5040, 116-0351 bis 52), Deckenfüllkörper, Fußbodenelemente. Unter Verwendung von gas- oder schaumbildenden Stoffen werden Porengipsplatten hergestellt.

Gipssteine, Bauelemente aus einer Mischung von Stuckgips und zerkleinerter Kesselschlacke oder Ziegelsplitt. Die meist in Abmessungen von 240 · 115 · 71 mm geformten G. lassen sich wie Holz nageln, bohren, sägen, sind widerstandsfähig gegen Feuer und schall- und wärmedämmend. Sie werden verwendet für nichttragende Innenwände, innere Verkleidung von Fachwerkwänden u. a.

Girbotol-Verfahren, → Haber-Bosch-Verfahren.

Girdler-Verfahren, → Haber-Bosch-Verfahren.

Gitter, 1) Optik: svw. Beugungsgitter, → Beugung.

2) Elektrotechnik: → Elektronenröhre.

3) Kristallographie: → Kristall.

Gitternetz, ein in topographische Karten und Pläne eingetragenes Netz gerader, sich rechtwinklig schneidender Linien zur Orientierung und zur näherungsweisen Koordinatenbestimmung beliebiger Kartenpunkte. Die Linien entsprechen runden Koordinatenwerten des jeweils zur Abbildung der gekrümmten Erd-

oberfläche in die Ebene zugrunde gelegten Projektionssystems. In den amtlichen Kartenwerken der DDR, Westdeutschlands, der UdSSR, der ČSSR und vieler anderer Staaten wird das → Gauß-Krüger-Koordinatensystem verwendet. Das G. stellt dann Linien gleicher runder Werte von Gauß-Krüger-Koordinaten dar. Durch das G. läßt sich jeder Kartenpunkt mit Hilfe z. B. eines Planzeigers durch zwei Zahlen (die Koordinaten des jeweiligen Projektionssystems) eindeutig bestimmen.

Glan-Thomson-Prisma, → Nicolsches Prisma.

Glanzblech, ein Stahlblech, das zum Schutz gegen Rosten mit einem Überzug von Eisen(II, III)-oxid versehen wird. Dazu führt man das Stahlblech am Ende des Walzvorgangs in Dunkelrotglut zwischen polierten Walzen hindurch.

Glanzdrücken, → Polieren.

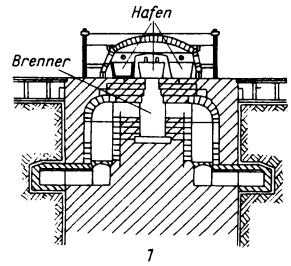
Glanze, Sulfidminerale mit Metallglanz und dunkler Farbe (im Unterschied zu den → Blenden), z. B. Galenit (Bleiglanz), Antimonit (Antimonglanz).

Glanzeisenerz, eine Varietät des → Hämatits.

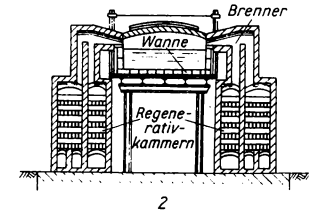
Glas (Tafel 33), ein harter, spröder, meist lichtdurchlässiger Stoff aus einem Gemisch von hochschmelzenden Oxiden, vor allem aus Siliziumdioxid, Alkali- und Erdalkalimetalloxiden, das aus dem Schmelzfluß amorph erstarrt ist. G. hat keinen definierten Schmelzpunkt wie kristalline Körper, sondern geht mit steigender Erwärmung kontinuierlich vom festen in einen immer plastischeren und schließlich dünnflüssigen Zustand über. Die wichtigste Eigenschaft des G.es ist die bei Abkühlung stetig zunehmende Viskosität, die zur Formgebung ausgenutzt wird. Die Viskosität nimmt so große Werte an, daß unterhalb eines bestimmten Temperaturbereichs, des Transformationsbereichs (bei den meisten technischen Glasarten zwischen 500 und 600 °C), das G. jede Beweglichkeit verliert. Bei zu langsamer Abkühlung kann eine Kristallbildung eintreten; das G. entglast. Da die chemische Zusammensetzung des G.es sehr stark variieren kann, ändern sich auch die Eigenschaften in weiten Grenzen. Kenndaten: Zugfestigkeit 300 bis 800 kp cm^{-2}, Druckfestigkeit 6000 bis 12000 kp cm^{-2}. Elastizitätsmodul etwa 650000 bis 900000 kp cm^{-2}, D. 2,2 bis 6 g cm^{-3}, spezifische Wärme 0,08 bis 0,23 kcal kg^{-1}, Wärmeausdehnung 0,5 bis $12 \cdot 10^{-6}$ grd^{-1}, Viskosität 10^2 bis 10^{16} P (Poise), Wärmeleitfähigkeit etwa 180 bis $280 \cdot 10^{-5}$ cal grd^{-1} cm^{-1} s^{-1}, Brechungsindex etwa 1,33 bis 2,1 spezifischer elektrischer Durchgangswiderstand bei Raumtemperatur 10^{10} bis 10^{18} Ohm · cm.

Herstellung. Die gut zerkleinerten Rohstoffe, im wesentlichen die eigentlichen Glasbildner, die Flußmittel und die Stabilisatoren, werden in bestimmten Mengenverhältnissen gemischt. Der wichtigste Glasbildner ist Siliziumdioxid, das in Form von Quarzsand eingesetzt wird; weitere Glasbildner sind Boroxid und Phosphorpentoxid, die sich bei Zugabe von Borax und Borsäure bzw. Phosphaten entwickeln. Als Flußmittel, mit denen der Glasbildner bereits bei Temperaturen reagiert, die unter seinem Schmelzpunkt liegen, dienen besonders Alkalimetallkarbonate, -nitrate und -sulfate, meist Soda und Pottasche. Durch die Zugabe der Flußmittel kann die Glasschmelze bei technisch leicht erreichbaren Temperaturen durchgeführt werden. Als Stabilisatoren, die das G. chemisch beständig machen, werden Erdalkalimetalle, Blei und Zink, meist als Karbonate oder Oxide, verwendet.

Das entstandene Gemenge wird nach Zusatz geringer Mengen Läuter- und Entfärbungsmittel im allgemeinen in Hafen- oder Wannenöfen bei Temperaturen zwischen etwa 1300 und 1550 °C (je nach Glasart) geschmolzen. Beide Arten von Öfen sind aus Schamotte gebaut und mit einem Silikagewölbe abgedeckt; sie werden mit Gas oder Heizöl, z. T. auch elektrisch beheizt. Im Ofenraum des *Hafenofens* (Abb. 1) befinden sich bis zu 12 Häfen (Schamottegefäße mit einem maximalen Glasinhalt von fast 1000 l), in denen das Schmelzen sowie das Läutern und Ausarbeiten in einer Arbeitsperiode von meist 24 Stunden erfolgt. Technische Massengläser werden heute ausschließlich in *Wannenöfen* (Abb. 2) geschmolzen, bei denen das langgestreckte Becken (Glasinhalt bis zu 1000 t) in einen Schmelz- und Läuterteil und einen Absteh- und Entnahmeteil unterteilt ist. Das Schmelzen optischer Spezialgläser erfolgt z. T. in Platintiegeln.



1

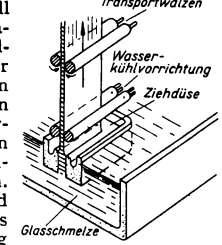


2

1 Hafenofen, *2* Wannenofen (Querschnitt)

Nach der Formgebung muß das G. einem besonderen Kühlprozeß in Kühlöfen unterworfen werden, um die bei schneller Abkühlung entstehenden starken mechanischen Spannungen auszugleichen, die zum Zerspringen führen können.

Formgebung und Verarbeitung. Die Formgebung von **Hohlglas,** z. B. von Wirtschaftsglas, Behälterglas und technischem Hohlglas (Kolben-, Röhren-, Beleuchtungsglas u. a.), erfolgt heute noch häufig nach dem *Mundblasverfahren.* Dabei nimmt der Glasmacher mit der Glasmacherpfeife, einem unten etwas verdickten, oben mit Mundstück und Griff versehenen Rohr, einen Glasposten von der Glasoberfläche aus dem Ofen und „stellt" ihn, d. h. bringt ihn durch Wälzen, Wulgern, Schwenken und Aufblasen in eine dem fertigen Gegenstand ähnliche Form. Dieser roh vorgearbeitete Glasposten wird in einer angefeuchteten Holz- oder Eisenform zum gewünschten Gegenstand ausgeblasen. Henkel, Füße, Stiel und Boden von Kelchgläsern werden nach dem Blasen angesetzt. Große Mengen von Hohlglas (z. B. Flaschen) werden maschinell geblasen. Verwendet werden meist vollautomatische Karussellmaschinen mit mehreren vollkommen gleichen, unabhängig voneinander arbeitenden Arbeitseinheiten (Arme), auf denen die Gläser in Vor- und Fertigformen geblasen werden. Enghalsflaschen (Wein- und Bierflaschen) werden meist mit Owens-Maschinen hergestellt, Weithalsflaschen (z. B. Konservengläser) dagegen nach einem Preß-Blasverfahren. **Röhrenglas** in den gängigen Abmessungen wird fast ausschließlich maschinell gezogen. Das flüssige G. fließt auf eine im allgemeinen schräg nach unten geneigte rotierende Pfeife und wird durch eine Ziehmaschine abgezogen. Gepreßtes Hohlglas **(Preßglas)** wird in einer ein- bis dreiteiligen Stahlform hergestellt, in die ein etwas kleinerer Preßstempel eingearbeitet ist. **Flachglas** wird heute fast ausschließlich maschinell hergestellt. Flachglas mit blanker Oberfläche und Glasdicken zwischen 0,8 und 7 mm, als **Tafelglas** bezeichnet (je nach Glasdicke Photo-, Fenster- oder Bauglas), wird fortlaufend direkt aus der Schmelze gezogen. Beim *Fourcault-Ziehverfahren* (Abb. 3) quillt ein Glasstrom ununterbrochen



3 Tafelglasherstellung nach dem Fourcault-Ziehverfahren

durch eine in das Glasbad eingedrückte Düse mit schlitzförmiger Öffnung und wird in Bandform nach oben gezogen. Nach dem *Libbey-Owens-* (*Colburn-*) *Verfahren* und dem *Pittsburgh-Verfahren* können Glastafeln bis zu 3 m Breite erzeugt werden. Das Glasband wird — ohne Anwendung einer Düse — aus der freien Oberfläche senkrecht nach oben gezogen. Über 7 mm dickes Flachglas (**Guß-** oder **Walzglas**) wird im Walzverfahren hergestellt, wobei das flüssige Glas durch zwei sich drehende wassergekühlte Walzen einer Continuemaschine hindurchbewegt wird. Durch eine spätere Nachbehandlung der Oberfläche des Walzglases durch Schleifen und Polieren entsteht **Spiegelglas.** Nach einem neuen Verfahren wird Spiegelglas als Floatglas (Schwimmglas) über ein Metallbad gleitend direkt mit glatten Oberflächen hergestellt. Auch die **Sicherheitsgläser** werden als Flachgläser hergestellt. Bei **Drahtglas** wird z. B. beim Walzverfahren ein Drahtgewebe mit eingewalzt, wodurch bei Bruch der Scheibe die Glassplitter festgehalten werden. Bei den Sicherheitsgläsern im engeren Sinne geht man vom fertigen Flachglas aus. Beim **Einscheibensicherheitsglas** wird die Scheibe bis über die Transformationstemperatur hinaus erhitzt und anschließend schroff abgeschreckt; dadurch wird eine Vorspannung erzielt, die der Scheibe eine bis sechsfache Festigkeit verleiht. Bei Zertrümmerung zerfällt die Scheibe in ungefährliche kleine Krümel. **Verbundglas** besteht aus zwei Scheiben, die durch eine zähelastische organische Folie als Zwischenschicht (z. B. Polymerisate der Akrylverbindungen oder Polyvinylbutyral) miteinander verbunden sind, so daß bei einem Bruch die einzelnen Bruchstücke zusammengehalten werden. Durch Verbindungen mehrerer Scheiben und Zwischenfolien erhält man das bis zu einem gewissen Grade schußfeste **Panzerglas** mit Dicken bis zu 80 mm.

Völlig abweichend von den beschriebenen Produktionsverfahren erfolgt die Herstellung von **optischem G.** Während sonst die Formgebung in heißem, zähflüssigem Zustand erfolgt, wird optisches G. vorwiegend nur als Rohglas hergestellt. Das flüssige G. wird nach der Schmelze im Ein-Hafenofen in große Eisenformen gegossen, und diese Blöcke werden nach sorgfältiger Kühlung durch Brechen und Sägen in kleinere Stücke zerteilt, die dann der optischen Industrie als Rohstoffe für Linsen, Prismen u. dgl. dienen. Linsenpreßlinge werden auch nach dem *Tropfverfahren* erzeugt. Dabei fallen Tropfen flüssigen G.es in eine Form, in der sie ausgepreßt werden.

Glasarten. Durch die Wahl geeigneter Zusammensetzungen lassen sich die Eigenschaften von Gläsern den verschiedensten Anwendungsgebieten anpassen und spezielle Sondergläser erschmelzen. Als **Kristallglas** wird im allgemeinen reinstes Weißhohlglas bezeichnet. **Bleikristall** enthält mindestens 24 % Bleioxid; es weist starken Glanz und hohe Lichtbrechung auf. Durch Zusatz von Phosphaten oder Fluoriden lassen sich lichtzerstreuende **Trübgläser,** z. T. als **Milchglas** oder **Opalglas** bezeichnet, herstellen.

Für die chemische Industrie sind besonders die technischen **Gerätegläser** wichtig. Zu den Gerätegläsern kann z. B. das **Thüringer Glas** gerechnet werden, ein leicht zu verarbeitendes alkalireiches Natron-Kalk-Silikatglas, das durch einen geringen Tonerdegehalt eine gewisse chemische Beständigkeit aufweist. Eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit hat eine Gruppe von Gläsern, die allgemein unter der Bezeichnung **Jenaer Glas** zusammengefaßt wird (Jenaer Hauswirtschaftsglas wird heute auch unter der Bezeichnung **Saale-Glas feuerfest,** Wz. DDR, gehandelt). Hierher gehören z. B. die **Supraxgläser,** das **Duranglas,** das **Geräteglas 20** (Wz. DDR **Jenatherm G** und **Labortherm G**), das maximale chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber Wasser, Säuren und Laugen mit sehr guten thermischen Eigenschaften verbindet und aus dem die meisten Laborgläser sowie Ampullen hergestellt werden, das **Supremaxglas,** das auf Grund seiner hohen Erweichungstemperatur für Verbrennungsröhren wichtig ist, und das **Rasothermglas** (Wz. DDR), das geeignete G. für chemische Großapparaturen, Reaktionsgefäße und Rohrleitungen.

Sehr umfangreich ist das Gebiet der **optischen Gläser** mit festgelegten optischen Eigenschaften, besonders hinsichtlich der Brechung und Dispersion, z. B. die durch ihren unterschiedlichen Bleigehalt gekennzeichneten **Krongläser** mit schwacher Brechung und kleiner Dispersion und die **Flintgläser** mit starker Brechung und großer Dispersion. Heute ist durch Verwendung von Beryllium-, Lanthan-, Thorium-, Tantal-, Niob-, Vanadin-, Wolfram-, Kadmium-, Seltenerdmetallverbindungen u. a. die Herstellung optischer Gläser mit ganz extremen Kombinationen von Brechzahl und Dispersion möglich. **Laserglas** ist ein für Festkörperlaser geeignetes G. mit einem Gehalt an Neodymoxid.

Als **Farbgläser** werden Gläser bezeichnet, bei denen bestimmte Bereiche des sichtbaren Spektrums mehr oder weniger stark absorbiert werden und die daher bei Betrachtung gefärbt erscheinen, z. B. das **Rubinglas.** Sie werden auch mit definierten optischen Durchlässigkeitsbereichen **(Filtergläser)** hergestellt. Färbend wirken Schwermetalloxide und kolloid gelöste Schwermetalle. Farbgläser werden ebenso wie Trübgläser heute vorwiegend als **Überfanggläser** gearbeitet, d. h., das G. ist nicht in seiner ganzen Masse gefärbt bzw. getrübt, sondern eine dickere farblose ungetrübte Glasschicht wird von einer dünneren Farb- bzw. Trübglasschicht „überfangen". Eine kolloidale Färbung oder Trübung kann neuerdings auch durch ultraviolette Strahlung angeregt werden **(lichtempfindliches G.).** Beim nachfolgenden Erwärmen bilden sich nur an den bestrahlten Stellen färbende Kolloide, während das andere G. farblos bleibt. Auf diese Weise können Bilder, Schriften, Motive u. dgl. auf lichtempfindliches G. übertragen werden. **Wärmeschutzgläser** sind mit Eisen(II)-oxid leicht blaugrün gefärbte Gläser, die die ultrarote Strahlung absorbieren. In **Schweißer-** und **Sonnenschutzgläsern** wird vornehmlich die schädigende ultraviolette Strahlung absorbiert (z. B. **Zeiss-Umbral,** Wz. DDR). Für bestimmte Zwecke werden auch UV-durchlässige Gläser verwendet.

Veredlung. G. kann durch → Schleifen, → Gravieren, → Mattieren und → Ätzen verziert werden, ferner durch Aufbringen und Einbrennen von Farbmitteln (Glasmalerei).

Lit. Beyersdorfer: Glashüttenkunde (2. Aufl. Leipzig 1964); Herbst: Glastechnische Praxis (Leipzig 1962); Kitaigorodski: Technologie des G.es (dtsch Berlin 1959); Marx: G. und Keramik (3. Aufl. Leipzig 1959); H. Neumann: Tabellenb. für die Keramik-, Glas- und Emailindustrie, Bd 1 Allgemeine Zahlenwerte, technische Daten, Rechentabellen der Chemikalien und Fritten (Leipzig 1955); Salmang: Die physikalischen und chemischen Grundlagen der Glasfabrikation (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957); R. Schmidt: Die Rohstoffe zur Glaserzeugung (Leipzig 1958); Springer: Lehrb. der Glastechnik, Tl I (4. Aufl. Dresden 1950), Laboratoriumsb. für die Glasindustrie (Halle 1950); Springer u. Mauder: Lehrb. der Glastechnik, Tl II (3. Aufl. Dresden 1950); Zschacke u. von Vopelius: Lehrb. der Glastechnik, Bd III Die Veredlung des Flachglases (4. Aufl. Leipzig 1956); Ztschr.: Silikattechnik (Berlin), Glastechnische Berichte (Frankfurt a. M.).

Glasbausteine, Bauelemente aus Preßglas. G. werden als Glasvollsteine, -hohlsteine und -lüftungssteine hergestellt. **Glasvollsteine** und **Glashohlsteine** werden für dünne Zwischenwände und Glasbaustein-Fenster verwendet, wenn Fenster aus baupolizeilichen Gründen nicht zulässig

sind (z. B. Grenzbebauung des Grundstückes). Sie dürfen nicht zusätzlich belastet werden, und bei größeren Flächen (> 4 m²) sind Stahleinlagen erforderlich. Glashohlsteine bestehen aus zwei symmetrischen Hälften, die unter Hitze gegeneinandergepreßt werden. Ihr Innenraum ist nach dem Abkühlen stark luftverdünnt, sie wirken dadurch wärme- und schalldämmend. Die Lichtdurchlässigkeit beträgt je nach Glasdicke 50 bis 75%. **Glaslüftungssteine** sind Hohlsteine mit Lüftungsschlitzen, sie werden für Speiseschränke verwendet.

Glasfaserstoffe, Glasgespinst, Sammelbezeichnung für faden- oder faserförmige Glaserzeugnisse. **Glasseide,** aus zahlreichen Elementarfäden bestehend, erhält man hauptsächlich durch das Düsenziehverfahren. Hierbei erfolgt der Abzug von Elementarfäden aus den 100, 200 oder mehr Bodenöffnungen (Düsen) eines aus Platinlegierung bestehenden Glasschmelzgefäßes bei 1100 bis 1300 °C. **Glasfasern (Glaswolle)** sind längenbegrenzt, etwa 5 bis 40 cm lang und 1 bis 30 μm dick. Sie werden durch Schleuder-, Düsenblas-, Stab(ab)zieh- oder kombinierte Verfahren erzeugt. **Superfeine G.** von 3 bis 1 μm Durchmesser und darunter werden durch Verblasen dickerer Stab- oder düsengezogener Primärglasfäden im Heißgasstrom erzeugt, z. B. Glaswatte als Gehörschutz.

G. sind sehr leicht, säure- und witterungsbeständig, nicht brennbar, die Festigkeit liegt zwischen 85 und 300 kp mm^{-2}. Besonders Glasfasern in Form von Matten oder lose gestopft sind schalldämmend und haben ein gutes Wärmedämmungsvermögen.

Verwendung. G. werden in großen Mengen zur Wärme- und Schalldämmung sowie zur Elektroisolation eingesetzt. Unbrennbare, chemikalienbeständige Gewebe aus G. dienen für Dekorations- und technische Zwecke, z. B. Gardinen, Filter, Arbeitsschutzbekleidung. Die Papierindustrie verarbeitet G. zu Spezialpapieren. In steigendem Maße werden → glasfaserverstärkte Plaste eingesetzt. Ferner haben G. Bedeutung als Verstärkungsmaterial für Baustoffe erlangt, z. B. für Bauplatten mit mineralischer oder Duroplast-Bindung. Setzt man einer Eisschicht nur 4% Glasfasern zu, so verzehnfacht sich deren Belastbarkeit.

Lit. Knapp: Glasfasern (dtsch Budapest 1967).

glasfaserverstärkte Plaste, Werkstoffe, die aus höchstens 70% Glasfasern (Durchmesser 3 bis 30 μm) und mindestens 30% Kunstharz bestehen. Ihre Eigenschaften werden von den Eigenschaften der Glasfasern, deren Anordnung und Vorbehandlung, den Eigenschaften des Kunstharzes sowie vom Mengenverhältnis zwischen Fasern und Kunstharz bestimmt. Hervorragende Merkmale sind hohe Festigkeiten bei niedriger Dichte, Beständigkeit gegen Chemikalien, Korrosion und Mikroorganismen sowie einfache Herstellung auch komplizierter Bauteile. Die Glasfasern werden z. B. als Gewebe oder Vliese eingesetzt; als Kunstharze verwendet man ungesättigte Polyesterharze, Epoxidharze, Phenolharze, Silikonharze u. a. Das Glasfasermaterial wird z. B. durch Spritzen, Walzen oder Gießen mit dem noch niedermolekularen, flüssigen Kunstharz getränkt. Die anschließende Härtung erfolgt je nach Kunstharzart unter Druck oder drucklos, bei erhöhter Temperatur oder Raumtemperatur in entsprechenden Formen. Man verwendet die g.n P. zur Herstellung von Karosserieteilen, Bootsrümpfen, transparenten Dachbelägen, Lichtkuppeln, Angelruten, Sturzhelmen u. a.

Lit. Hagen: Glasfaserverstärkte Kunststoffe (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1961); Wende, Moebes, Marten: G. P. (Leipzig 1963).

Glaskopf, bergmännische Bezeichnung für radialstrahliges Mineralaggregat mit gerundeter, glatter Oberfläche, z. B. **Roter G.** (Hämatit), **Brauner G.** (Limonit), **Schwarzer G.** (Psilomelan).

Glasseide, → Glasfaserstoffe.

Glasur, ein glasartiger, farbloser oder mit Metalloxiden gefärbter, durchsichtiger oder deckender, glänzender oder matter Überzug auf keramischen Erzeugnissen. Die Rohstoffe, und zwar Quarz, Feldspat, Ton, Kaolin, Scherben (in der Regel gekollerte oder gemahlene Glattscherben), Kalk, Magnesit, Dolomit, Borate, Bleioxide, Alkalikarbonate und -nitrate, werden der Natur und Brennhöhe des Scherbens angepaßt zusammengesetzt. Sind die Grundstoffe wasserunlöslich, so kann man sie direkt naß zusammenmahlen und so verwenden **(Rohglasuren).** Wasserlösliche Rohstoffe (Borate, Alkalikarbonate und -nitrate) erfordern ein Fritten (→ Fritte) in Mischung mit Quarz, Ton, Kaolin, Scherben u. a., um sie durch Silikatbildung unlöslich zu machen **(Frittenglasuren).** G.en werden als dünnbreiige Aufschlämmungen **(Glasurschlicker)** durch Tauchen, Angießen, Spritzen oder Pinseln auf den zu glasierenden Gegenstand aufgetragen und dann eingebrannt.

Lit. → Email.

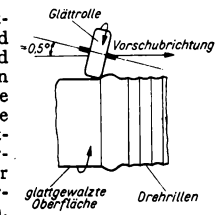
Glaswatte, → Glasfaserstoffe.

Glaswolle, → Glasfaserstoffe.

Glättbohle, eine Baumaschine vor allem zum Glätten, weniger zum Verdichten von Putz, Mörtel, Beton oder Straßendecken. Die G. ist eine kleine, selbständige Maschine oder Teil eines anderen Aggregates, z. B. eines Gleitfertigers oder einer Straßenbaumaschine. Die Glättwirkung wird durch eine langsam hin- und hergehende Bewegung oder durch Vibration (→ Vibrationsmaschinen 1) erzeugt. Das eigentliche Arbeitswerkzeug ist ein langer Stahlkasten (Bohle), der im oben erwähnten Sinne bewegt wird. Die G.n der Schwarzdeckenfertiger müssen elektrisch oder durch Propangas beheizt werden, da das zu glättende Gut (Mischasphalt) bei normalen Temperaturen an den Maschinenteilen kleben würde.

Glatteis, eine Form der → Hydrometeore.

Glattwalzen, früher **Prägepolieren,** ein Kaltumformverfahren zur Herstellung glatter und verfestigter Oberflächen. Ebene und vorwiegend zylindrische Oberflächen mit Rauhtiefen von etwa 5 bis 20 μm können durch 1 bis 3 gehärtete und polierte Glättrollen auf eine Restrauhtiefe von etwa 0,2 μm eingeebnet werden. Die kaltverfestigte Oberflächenschicht spart bei Lagerzapfen und Wellen die Einlaufzeit ein oder schränkt die Dauerbruchgefahr an bruchgefährlichen Querschnittsübergängen sehr stark ein. Das G. wird für alle NE-Metalle, Stähle mit Zugfestigkeiten bis etwa 150 kp/mm² und Hartguß bis etwa 450 kp/mm² Brinellhärte angewendet, z. B. für zylindrische Achsschenkel und Lagersitze.



Prinzip des Glattwalzens

Glaubersalz, → Natrium.

Glaukonit, ein Mineral, wechselnd zusammengesetztes (K,Na,Ca)-(Mg,Fe)-(Fe,Al)-(OH)-Silikat, z. T. Grünerde mit 2 bis 15% Kaliumoxid K_2O; meist in kleinen Körnchen, locker, erdig, dunkelgrün bis schwarz, D. 2,2 bis 2,8 g cm^{-3}, verwittert zu Eisenhydroxid und Kieselsäure. G. kommt als Neubildung, Gemengteil von Sedimenten, sog. „Grünsande", vor, auch in Tonen und Kalksteinen, und ist ein wertvoller Kaliträger. Er wird als Düngemittel (je nach K_2O-Gehalt), zur Herstellung grüner Schutzfarbe und als Ionenaustauscher verwendet.

Glaukophan, ein → Amphibol.

glazial, svw. während einer **Glazialzeit** (→ Eiszeit) entstanden.

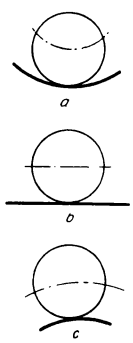
glazigen, svw. vom Gletscher gebildet.

Glaziologie, Gletscherkunde, eine Geowissenschaft, die sich mit der Entstehung, den Formen

und den Wirkungen des Landeises (→ Gletscher) befaßt.

GLC, → Chromatographie.

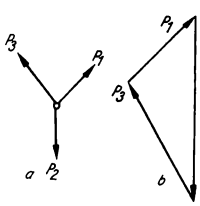
Gleichgewicht, im engeren Sinne in der Mechanik der Zustand eines starren Körpers, in dem die auf ihn wirkenden Kräfte sich in ihrer Wirksamkeit scheinbar aufheben. So herrscht **statisches G.,** wenn die Vektorsumme sowohl der an dem starren Körper angreifenden Kräfte als auch der durch die Kräfte bedingten Drehmomente Null ist (also die einzelnen Vektoren aneinandergereiht ein geschlossenes Vieleck bilden, → Seileck). **Stabiles G.** herrscht, wenn eine kleine Änderung des Zustands eine Rückkehr in das G. zur Folge hat, **labiles G.,** wenn diese Änderung ein weiteres sehr großes Entfernen vom G. zur Folge hat, **indifferentes G.,** wenn die Änderung überhaupt keine Folgen hat. Tritt nach einer kleinen Änderung des Zustands keine Rückkehr in die Gleichgewichtslage ein, so heißt das G. **metastabil.**



Gleichgewicht: *a* stabil, *b* indifferent, *c* labil

Allgemein stehen bei einem physikalischen System zwei einander entgegengesetzt gerichtete Vorgänge dann im **(dynamischen)** G., wenn sie in gleicher Stärke ablaufen und sich dadurch in der Wirkung gegenseitig aufheben. So ist **thermodynamisches G.** in einem thermischen System vorhanden, wenn seine einzelnen Bestandteile, die sich ineinander umzuwandeln oder Energie untereinander auszutauschen vermögen, unter bestimmten äußeren Bedingungen (Druck, Temperatur usw.) keine makroskopisch nachweisbaren Veränderungen erfahren, so daß das System zeitlich unverändert bleibt. Zum Beispiel stehen gesättigter Dampf und Stammflüssigkeit im G. verschiedener Phasen, denn es wandern in der gleichen Zeit ebenso viele Flüssigkeitsmoleküle in den Dampfraum, wie umgekehrt wieder kondensieren. Entsprechendes gilt bei chemischen Reaktionen (→ Massenwirkungsgesetz). Die Bedingungen für den Zusammenhang zwischen den Zustandsgrößen (Druck, Temperatur, Konzentrationen) liefert der 2. Hauptsatz der Thermodynamik; sie lauten z. B. für Gleichgewichte zwischen zwei reinen Phasen (Verdampfungsgleichgewicht), daß die chemischen Potentiale in beiden Phasen gleich sein müssen (außerdem Temperatur und abgesehen vom osmotischen G. auch der Druck). Herrscht an der Phasengrenze ein Potentialsprung (→ Doppelschicht), so müssen die elektrochemischen Potentiale gleich sein. Mit Hilfe dieser Potentiale lassen sich die Gleichgewichtsbedingungen auch in verwickelteren Fällen feststellen.

Gleichgewichtsbedingungen, in der Statik die Bedingungen, die von einem System von Kräften erfüllt werden müssen, wenn ein unter dem Einfluß dieser Kräfte stehender Körper in Ruhe bleiben soll. Für die äußeren Kräfte verlangen diese Bedingungen, daß die Summen der nach drei verschiedenen Richtungen genommenen Kraftkomponenten sowie die Summen der nach den gleichen Richtungen genommenen Komponenten der Momente identisch verschwinden, d. h., die äußeren Kräfte dürfen weder eine resultierende Einzelkraft noch ein resultierendes Moment bei beliebig gewähltem Bezugspunkt ergeben. Zeichnet man für ein System von ebenen Kräften, die sich im Gleichgewicht befinden, ein Krafteck und ein → Seileck, so müssen beide Polygone geschlossen sein. Für Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt ist das resultierende Moment gleich Null, so daß für das Gleichgewicht das Verschwinden der Vektorsumme der Kräfte (geschlossenes Krafteck) ausreichend ist.



Gleichgewicht (ebene Kräfte mit gemeinsamem Angriffspunkt): *a* Lageplan, *b* Kräfteplan (Krafteck)

Für innere Kräfte werden analoge Gleichungen aufgestellt, die in differentieller Form die Spannungen am Raumelement mit den Volumkräften (z. B. Gewicht) verknüpfen. Die G. am Volumelement erfordern eine Ergänzung durch die Verträglichkeitsbedingungen, wenn sie zur vollständigen Spannungsermittlung ausreichen sollen.

Gleichgewichtskonstante, → Massenwirkungsgesetz.

Gleichlauf, in der Rundfunktechnik Bezeichnung für die Konstanthaltung der Differenz der variablen Oszillator- und Empfangsfrequenz. Diese Differenz tritt bei den üblichen Rundfunkempfängern infolge des Überlagerungsprinzips als konstante Zwischenfrequenz auf.

Gleichlaufschaltung, svw. → elektrische Welle.

Gleichlaufsignal, → Fernsehen.

Gleichrichter, ein → Stromrichter.

Gleichrichter-Meßinstrument, ein elektrisches Meßinstrument, das als Strommesser oder als stromverbrauchender Spannungsmesser bei Wechselstrom dient. Mit Hilfe von Trockengleichrichtern (→ Stromrichter) wird der Wechselstrom gleichgerichtet und mit einem → Drehspulinstrument gemessen. Damit kann die hohe Empfindlichkeit des Drehspulinstruments, wenn auch nicht im vollen Umfang, für Wechselstrommessungen ausgenutzt werden. Die obere Frequenzgrenze liegt meist bei einigen hundert Hz. Nachteilig ist, daß die Anzeige abhängig von der Kurvenform des Stromes ist. Häufig werden die Vielbereichsmesser angewendet, die umschaltbar auf Gleich- und Wechselstrom sind und gestatten, mittels umschaltbarer Strom- und Spannungsteiler zahlreiche Meßbereiche einzustellen.

Gleichspannung, eine → elektrische Spannung zeitlich konstanter Größe. G. entsteht bei galvanischen Elementen, Thermoelementen u. a.

Gleichstrom, ein elektrischer Strom, der stets nur in ein und derselben Richtung fließt, im Unterschied zum → Wechselstrom. G., dessen Stärke zeitlich vollkommen unverändert bleibt, heißt **stationärer** oder **reiner G.** Er entsteht bei allen elektrochemischen Vorgängen, z. B. in galvanischen Elementen, in Thermoelementen, in MHD-Generatoren, in Unipolarmaschinen sowie in Photoelementen. Den großtechnisch durch Generatoren oder aus Wechselstrom mittels Stromrichter erzeugten G. bezeichnet man als **pulsierenden** oder **technischen** G., weil er noch Stromstärkeschwankungen (Pulsationen) aufweist, die aber weitgehend geglättet sind. Während zuerst der G. in der Stromversorgung vorherrschte, wurde er seit dem Lauffener Großversuch 1891 durch Wechselstrom (als Drehstrom erzeugt und verteilt) verdrängt, weil dieser den großen Vorteil leichter Transformierbarkeit hat. Es gibt jedoch Fälle, bei denen nur G. verwendet werden kann bzw. wo dieser große Vorteile gegenüber Wechselstrom aufweist. Zum Beispiel ist der Betrieb von Elektrolyseanlagen, Röntgenröhren, elektrischen Verstärkern u. a. nur mit G. möglich. Gleichstrommotoren sind hinsichtlich ihrer Drehzahl wesentlich einfacher stell- und regelbar als andere; hieraus resultiert die Anwendung von G. bei elektrischen Fahrzeugen, Walzwerksantrieben u. ä. Die Übertragung großer Leistungen über große Entfernungen ist über eine Gleichstromleitung bei sehr hoher Spannung (400000 Volt und höher) wirtschaftlicher als mit Wechselstrom. G. gewinnt man aus Wechselstrom entweder über rotierende Umformer oder durch Einschalten von Stromrichtern.

Gleichstrommaschine, eine → elektrische Maschine.

Gleichstromprozeß, eine Methode der Verfahrenstechnik zum Stoff- und Wärmeaustausch. Die beiden auszutauschenden Medien werden unter möglichst inniger Berührung in gleicher Richtung aneinander entlanggeführt. Bei reinem Wärmeaustausch sind die Medien durch stoffundurchlässige, aber gut wärmeleitende Wände getrennt. Bei der Anwendung des Gleichstromprinzips in der Trocknungstechnik werden die Austauschpartner direkt ohne Zwischenwände

in Kontakt gebracht. Den Gegensatz zum G. bildet der → Gegenstromprozeß, der einen höheren Wirkungsgrad besitzt.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Gleichung, 1) Mathematik: fundamentaler mathematischer Begriff, ein Ausdruck für die Gleichheit zweier Größen (der beiden Seiten der G.). Man unterscheidet verschiedene Arten von G.en: a) **identische G.en:** Die beiden Seiten der G. sind für alle Zahlwerte einander gleich; z. B. $3 + 1 = 6 - 2$; $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$. Bei der allgemeingültigen Darstellung von Rechengesetzen in Gestalt von Formeln handelt es sich stets um identische G.en. b) **Bestimmungsgleichungen,** in denen eine oder mehrere unbekannte Größen (*Unbekannte*) durch Rechnung aus den bekannten Größen der G. zu bestimmen sind. Die G. ist nur für bestimmte Werte der Unbekannten erfüllt, z. B. die G. $2x + 3 = 11$ nur für $x = 4$. c) **Funktionsgleichungen** sind G.en zwischen veränderlichen Größen (Variablen); sie stellen eine Zuordnungsvorschrift dar, z. B. $y = 2x + 3$ (→ Funktion). Bei den Bestimmungsgleichungen nennt man die Berechnung der Unbekannten (meistens mit den letzten Buchstaben des Alphabets x, y, z bezeichnet) und die dazu erforderlichen Rechenoperationen die *Auflösung* der G.; die dabei ermittelten Zahlenwerte, die — anstelle der Unbekannten in die G. eingesetzt — diese erfüllen, heißen *Lösungen* oder *Wurzeln* der G. Je nach der Anzahl der in einer G. vorkommenden Unbekannten unterscheidet man G.en mit 1, 2, 3, ... Unbekannten. Die höchste Potenz, in der die Unbekannten in einer G. vorkommen, bestimmt den *Grad* der G. Zum Beispiel ist die G. $3x^2 + y^2 - 2x + 5y - 4 = 0$ eine G. 2. Grades mit 2 Unbekannten. G.en 1. Grades nennt man auch linear, G.en 2. Grades quadratisch, G.en 3. Grades kubisch, G.en 4. Grades biquadratisch. Zur Bestimmung von n unbekannten Größen ist im allgemeinen ein System von n (voneinander unabhängigen) G.en in diesen Unbekannten erforderlich. Bei der Auflösung von Systemen linearer G.en spielen die → Determinanten eine wichtige Rolle.

Bei den Bestimmungsgleichungen unterscheidet man die algebraischen und die transzendenten G.en. In den **algebraischen G.en** sind die bekannten und die unbekannten Größen nur durch algebraische Rechenoperationen miteinander verknüpft. Eine algebraische G. mit einer Unbekannten hat die allgemeine Form $a_0x^n + a_1x^{n-1} + \cdots + a_n = 0$. Der (erstmalig von Gauß bewiesene) *Fundamentalsatz der Algebra* weist nach, daß jede algebraische G. n-ten Grades genau n Wurzeln hat, die nicht alle voneinander verschieden zu sein brauchen und auch komplexe Zahlen sein können. Zur Bestimmung der Lösungen von G.en 2., 3. und 4. Grades dienen allgemeine Auflösungsformeln, z. B. für quadratische G.en von der Form $ax^2 + bx + c = 0$ die Formel $x_{1,2} = -\frac{b}{2a} \pm \frac{1}{2a}\sqrt{b^2 - 4ac}$, für kubische G.en die Kardanische Formel. Dagegen gibt es für G.en höheren als 4. Grades keine allgemeinen Auflösungsformeln, sondern solche G.en können nur durch Radikale gelöst werden. Als **diophantische G.en** bezeichnet man solche unbestimmte G.en (algebraische G.en, für die die Anzahl der Unbekannten größer ist als die der Gleichungen), bei denen es nur auf ganzzahlige Lösungen ankommt. — Alle Bestimmungsgleichungen, die nicht algebraisch sind, heißen **transzendente G.en.** Dazu gehören z. B. Exponentialgleichungen, logarithmische G.en, goniometrische G.en. Da sich solche G.en im allgemeinen nicht formelmäßig lösen lassen, spielen graphische Verfahren und numerische Näherungsmethoden für die Lösung eine wichtige Rolle.

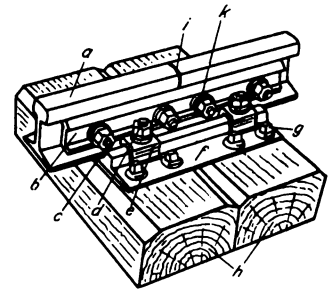
Die graphische Lösung einer Bestimmungsgleichung $f(x) = 0$ erfolgt durch Darstellung der zugehörigen Funktionsgleichung $y = f(x)$ als Kurve in einem Koordinatensystem. Die Abszissen der Schnittpunkte dieser Kurve mit der Abszissenachse (Nullstellen der Funktion) sind die gesuchten Lösungen der Gleichung.

2) Chemie: Beziehungen, die den Ablauf chemischer Reaktionen charakterisieren. Man kann den G.en entnehmen, in welchen stöchiometrischen Verhältnissen (→ Stöchiometrie) bestimmte Ausgangsstoffe zu bestimmten Endstoffen reagieren, denn nach dem Gesetz von der Erhaltung der Masse müssen auf beiden Seiten einer G. Anzahl und Art der Atome dieselben sein. So bilden sich aus 2 Molen Natriumchlorid und 1 Mol Schwefelsäure 2 Mole Chlorwasserstoff und 1 Mol Natriumsulfat: $2\,NaCl + H_2SO_4 \rightarrow 2\,HCl + Na_2SO_4$. In chemischen G.en verwendet man üblicherweise nicht die Gleichheitszeichen der Mathematik, sondern Pfeile, die den Reaktionsablauf angeben (→ chemische Zeichen).

Gleichverteilungssatz, Äquipartitionsgesetz der Energie, ein Satz der klassischen → statistischen Mechanik. Der G. besagt, daß im Durchschnitt jeder Freiheitsgrad (Translation, Rotation, Schwingung) jedes Moleküls den gleichen Energiebetrag $^1/_2\,kT$ erhält (k = Boltzmannsche Konstante, T = absolute Temperatur). Die mittlere Energie eines Moleküls wächst also mit der Zahl seiner Freiheitsgrade. Makroskopisch macht sich eine große Anzahl von Freiheitsgraden in einer hohen spezifischen Wärme (auf das Mol bezogen) bemerkbar. Die Quantentheorie zeigt, daß der G. bei tiefen Temperaturen abgeändert werden muß; die Freiheitsgrade der Schwingung und der Rotation sind dann nicht mehr angeregt und nehmen an der Verteilung der Energie nicht mehr teil, → Gasentartung.

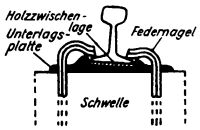
gleichwertiger Durchmesser, → hydraulischer Radius.

Gleis, die Fahrbahn für spurgebundene Fahrzeuge, die die Lasten des Zugbetriebes (statische und dynamische Kräfte) aufnehmen und über die Bettung an den Unterbau übertragen muß.



1 Schienenbefestigung an einer Stoßlücke (fester Stoß). *a* Schiene, *b* Stoßlasche, *c* Laschenschraube, *d* Hakenschraube, *e* Klemmplatte, *f* Unterlagsplatte, *g* Schwellenschraube, *h* Schwelle (Doppelschwelle), *i* Stoßlücke, *k* Federring

1) Das **Eisenbahngleis** besteht aus →Schienen und → Schwellen, die durch Kleineisen (*Schienenbefestigungsmittel*) miteinander verbunden sind. Verwendet werden dazu a) Schwellen- und Hakenschrauben sowie Klemm- und Unterlagsplatten (Rippenplatten) oder b) Federnägel (Spannägel). Die Schrauben werden von Hand mit Steckschlüsseln oder maschinell mit Schwellenschraubenein- und -ausdrehgeräten befestigt oder gelöst. Diese Geräte, durch einen Verbrennungsmotor oder elektrisch betrieben und von einer Person bedient, besitzen eine drehbare Welle



2 Federnageloberbau

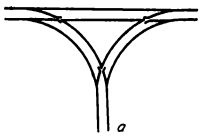
mit entsprechendem Schraubenschlüsselkopf und Rutschkupplung, um ein Überdrehen der Schrauben zu verhindern. Die Unterlagsplatte ist bei Stahlschwellen aufgeschweißt. Zwischen Schiene und Platte liegt eine elastische Zwischenlage aus Pappelholz oder Hartgummi. Der Federnageloberbau ist eine in neuerer Zeit oft verwendete Art der Schienenbefestigung, die einfach und zugleich stahlsparend ist. Das Federspiel des gebogenen Nagelkopfes stellt trotz dynamischer Belastung den dauernden Kraftschluß zwischen Schiene und Nagel her. Federnägel werden von Hand oder mit hydraulischen Federnageleindrück- und -ziehgeräten eingeschlagen oder gelöst.

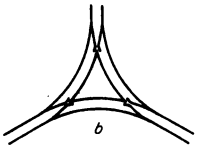
Die Gesamtheit eines montierten G.es heißt **Gleisgestänge**. Ein in Länge einer Schiene montiertes Gleisstück heißt Gleisjoch. Beim Gleisbau werden fertige Joche mit Gleisjoch-Verlegekränen eingebaut und abgenutzte Gleise jochweise abgebrochen (Tafel 7).

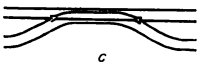
Am *Schienenstoß*, wo jeweils zwei Schienenenden zusammenstoßen, sind die Schienen durch Laschen derart verbunden, daß eine Wärmelücke (Stoßlücke) bleibt, damit sich die Schienen bei Temperaturänderung ausdehnen oder zusammenziehen können. Man unterscheidet feste und schwebende Stöße. Der feste Stoß liegt auf einer Kuppelschwelle (→ Schwelle). Ein schwebender Stoß hat keinerlei Unterstützung; er befindet sich zwischen zwei Querschwellen.

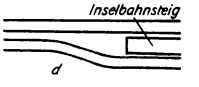
Neuerdings wird angestrebt, nach dem Einbau die Schienenstränge zu einem **lückenlosen G.** von mehreren Kilometern Länge zu verschweißen. Hierbei werden die Temperaturspannungen durch das rahmensteife G. (dauerhaft feste Verbindung der Schienen und Schwellen ähnlich einem steifen Rahmen) an die Bettung abgegeben. Das Verschweißen wird mit Thermitschweißgeräten vorgenommen.

Werden durch übermäßige Ausdehnung der Schienen die Druckkräfte im Gleisgestänge größer als die Haftreibungskräfte der Schwellen im Schotter, so kann das G. nach der Seite oder nach oben ausknicken oder verwerfen (**Gleisverwerfung**).









3 Gleisdreieck (*a* und *b*), Gleisverschlingung (*c*) und Gleisverziehung (*d*)

Die → Spurweite, d. h. der lichte Abstand der beiden Schienen, beträgt bei Normalspur 1435 mm. Wegen des beim Schlingern der Fahrzeuge nach außen pressenden Raddruckes sind die Schienen im Verhältnis 1 : 20 oder 1 : 40 nach innen geneigt (Schienenneigung). In Gleisbögen erhält die äußere Schiene zum Ausgleich der Zentrifugalkraft eine Überhöhung. Der Gleisabschnitt, auf dessen Länge die Überhöhung stetig zu- oder abnimmt, heißt Überhöhungsrampe. Der allmähliche Übergang vom geraden ins gekrümmte G. wird durch einen Übergangsbogen in der Form einer Klothoide (kubische Parabel) hergestellt. Die Verzweigung oder Verbindung von G.en erfolgt durch → Weichen. Um das ungehinderte Befahren eines G.es zu gewährleisten, ist ein → Lichtraumprofil vorgeschrieben.

Alle Hauptgleise sind nach Höhe und Richtung durch **Gleisfestpunkte** festgelegt oder vermarkt.

Die Prüfung der betriebssicheren Lage eines G.es geschieht unter anderem mit einem von einer Lokomotive gezogenen **Gleismeßwagen**, der selbsttätig auf einem Meßstreifen Spurweite, Überhöhung, Krümmung, Lage der Stöße und Richtung des G.es im belasteten Zustand aufzeichnet. Die Messung erfolgt bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h.

Besondere Linienführungen des G.es sind **Gleisverziehungen** und **Gleisverschlingungen**. Die **Gleisdreiecke** sind Zusammenführungen von drei G.en aus verschiedenen Richtungen mit unmittelbarem Übergang unter Verwendung von 3 Weichen. Sie entstehen z. B. bei der Anbindung einer Eisenbahnlinie an eine andere, so daß ein direkter Zugübergang von allen nach allen Richtungen möglich ist. In verschiedenen Ländern, wie in der SU, verwendet man Gleisdreiecke bei Lokomotivbahnhöfen zum Drehen von Schienenfahrzeugen an Stelle einer Drehscheibe oder bei größeren Bahnhöfen zum Wenden ganzer Zugeinheiten.

2) Das **Straßenbahngleis** ist meist völlig in die Straßendecke eingebettet und deshalb aus Rillenschienen hergestellt. Straßenbahngleise sind lückenlos verschweißt; sie liegen auf hölzernen Querschwellen, auf Betoneinzelstützen einer durchgehenden Betonplatte oder direkt auf dem Schotterbett in der Straßendecke. Die Spurhaltung wird, ausgenommen bei Querschwellen, durch Spurstangen (Spurhalter) erreicht, die als stählerne Querverbindungen zwischen den beiden Schienensträngen im Abstand von 1,50 m eingebaut sind.

Lit. Bohn: Grundbegriffe der Oberbauteile und der Oberbauinstandhaltung (Leipzig 1955), Erneuerung und Instandhaltung des Oberbaus, Stufe II/III (Berlin 1961); Oberbauhandb. (Berlin 1961); Thieme: Gleisbau — Gleiserhaltung (Berlin 1966); Handb. der Gleisbaumaschinen (Berlin 1967).

Gleisbildstellwerk, → Stellwerk.

Gleisbremse, eine in Rangierbahnhöfen benutzte ortsfeste Vorrichtung an Ablauf- und Richtungsgleisen zum Abbremsen ablaufender Güterwagen. 1) Die **Hemmschuhgleisbremse** besteht aus einer unterbrochenen, nach außen abgebogenen Fahrschiene, auf der ein aufgelegter Hemmschuh vom auflaufenden Wagenrad mitgeschleift und durch die Ablenkung der Schiene selbsttätig ausgeworfen wird. Bei mechanisierten Hemmschuhgleisbremsen ist der Hemmschuh mit Seilschlitten versehen und kann seitlich von der Schiene abgezogen werden. 2) Die **Balkengleisbremse** mit hydraulischem, pneumatischem oder elektrischem Antrieb wird von einem Stellwerk aus fernbedient; das Abbremsen wird bewirkt durch Anpressen waagerecht gelagerter Bremsbalken an die Radreifen der ablaufenden Wagen (Zwei- oder Dreikraftbremsen). 3) Eine weitere G. ist die → Wirbelstrombremse.

Über Gleisbremsensteuerung → Ablaufberg.

Gleisfreimeldung, in der Eisenbahnsicherungstechnik die Meldung, daß ein Gleis, das von einem Zug oder einer Rangiergruppe befahren werden soll, unbesetzt ist. Die G. erfolgt meist noch durch den Menschen nach visueller Fahrwegprüfung. Durch → *Gleisstromkreise* oder → *Achszähler* ist die automatische und damit sicherere G. möglich.

Gleiskettenfahrzeug, ein geländegängiges Kraftfahrzeug (z. B. Kettentraktor, Panzer), das auch auf weichem Untergrund, z. B. Acker, ohne nennenswertes Einsinken des Fahrwerkes und damit ohne zu starke Erhöhung des Rollwiderstandes (→ Reibung) fahren und dabei noch große Zugkräfte übertragen kann. Das wird erreicht durch Verteilung der Fahrzeugmasse über Gleisketten auf eine große Aufstandsfläche. Jede *Gleiskette* besteht aus durch Bolzen verbundenen breiten plattenartigen Kettengliedern und bildet ein endloses Band um das Laufwerk, bestehend aus den Laufrollen, dem verzahnten Kettentriebrad und dem Kettenleitrad. Der Antrieb des G.s erfolgt vom Motor (meist Dieselmotor) aus über das Triebwerk durch Antrieb der hinten (Hinterradantrieb) oder vorn (Vorderradantrieb) angeordneten Kettentriebräder, die mit ihrem Zahnkranz in die Gleiskette eingreifen. Die Lenkung wird meist mittels Ausgleich-Lenkgetriebe oder Kupplungs-Lenkgetriebe vorgenommen. Beim Kupplungs-Lenkgetriebe erfolgt der Antrieb von Motor und Getriebe über einen einfachen Kegelradtrieb (also kein Ausgleichgetriebe) direkt auf die Triebräder. In die Halbachsen sind Mehrscheibenkupplungen eingebaut,

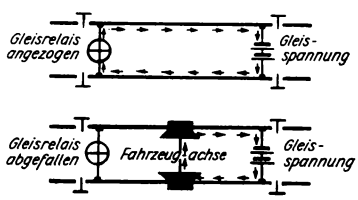
so daß Kurven durch Auskuppeln der kurveninneren Kette gefahren werden können. Wenden auf der Stelle ist durch zusätzliche Lenkbremsen möglich. An Stelle eines Lenkrades sind zwei Lenkknüppel vorhanden, mit denen ausgekuppelt wird.

Gleisrückmaschine, eine Maschine zum seitlichen Verschieben von einzelnen Gleisen oder Gleisrosten in Tagebauen. **Ausleger-G.n** sind auf den zu verrückenden Gleisen fahrende Maschinen, die das Gleis vor oder hinter sich mit einem Rückkopf ausheben. Bei den **Brücken-G.n** befindet sich der Rückkopf zwischen den Fahrwerken. Der Rückkopf ist mit Hubrollen ausgerüstet, die das Gleis etwa 500 mm ausheben, sowie mit Druckrollen, die es seitwärts drücken. Durch das Verfahren der Maschinen wird das Gleis gerückt. Bei einer Fahrt kann das Gleis etwa 300 bis 400 mm seitlich verschoben werden. **Anhänge-G.n** sind an Bagger angehängte Maschinen zum stetigen Rücken der Gleise, auf denen die Bagger fahren. Zum Übersetzen von einem Gleis zum anderen sind die G.n mit Querraupenfahrwerken ausgerüstet. Zum Abpflügen des verkippten Abraumes werden die G.n mit seitlich austragenden Pflugscharen versehen **(Pflugrücker).** Zum Rücken von rückbaren Bandanlagen und leichten Gleisen werden in neuester Zeit Planierraupen mit Rückköpfen ausgestattet **(gleislose Rückmaschinen).**

Gleisschaltmittel, → Zugeinwirkungsanlage.

Gleissperre, ein an Eisenbahngleisen angebrachter, rot gestrichener Entgleisungsschuh, der auf oder neben die Schiene geklappt wird. Solange die G. auf der Schiene liegt, macht sie das Gleis für Schienenfahrzeuge unpassierbar und bringt diese zum Entgleisen. Damit verhindert die G. das unbeabsichtigte Abrollen von Eisenbahnfahrzeugen in ein anderes Gleis und dient so dem Flankenschutz. Die G. wird meist vom Stellwerk aus fernbedient; ihre Stellung wird durch ein Gleissperrsignal (Abb. → Eisenbahnsignale) angezeigt.

Gleisstromkreis, in der Eisenbahnsicherungstechnik ein elektrischer Stromkreis, bei dem die Eisenbahnschienen als elektrische Leiter ver-



Stromfluß (durch Pfeile angedeutet) in einem Gleisstromkreis: oben frei, unten durch Fahrzeugachse besetzt

wendet werden, und zwar zwischen der Spannungsquelle, die am Anfang des G.es, und dem Gleisrelais, das am Ende angeschlossen wird. Der G. dient der Gleisfrei- und Gleisbesetztmeldung. Die einzelnen Gleisabschnitte sind meist gegeneinander durch Isolierstöße isoliert. Durch die angelegte Spannung wird bei unbesetztem Gleisabschnitt das Gleisrelais angezogen gehalten (Ruhestromkreis). Bei Besetzung durch einen Zug wird das Gleisrelais durch die Achse kurzgeschlossen und fällt ab. Die Stellungen des Gleisrelais werden zur Einstellung der Signale usw. ausgenutzt.

Gleitbauweise, eine monolithische Stahlbetonausführung, die besonders für turmartige Bauwerke (Silo, Schornstein) geeignet ist. Die Umfassungswände werden etwa 1 m hoch eingeschalt und der Beton von oben eingebracht und verdichtet. Die → Schalung wird nach dem Abbinden des Betons oder auch während des Abbindens an Kletterstangen oder Schraubenspindeln in einem festgelegten Rhythmus mechanisch oder hydraulisch an dem wachsenden Bauwerk hochgeführt.

Gleitboot, ein → Motorboot.

Gleitkomma, → Digitalrechenautomat, Abschn. 2.

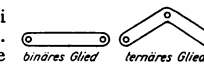
Gleitmodul, → Elastizität.

Gletscher, Eisströme in Hochgebirgen und Polarländern. Die G. entstehen aus Firn. Sie bewegen sich langsam talabwärts und schmelzen unter der Schneegrenze ab. Die Länge der G. kann beträchtliche Werte erreichen. So ist der Aletschgletscher der Alpen 26 km lang, der längste Gebirgsgletscher der Welt, der Fedtschenkogletscher im Pamir, 71 km lang. Die Mächtigkeit des Gletschereises kann mehrere hundert Meter betragen. Die Bewegungsgeschwindigkeit der G. ist abhängig von der Größe der Schneeniederschläge und der Stärke des Gefälles. Sie beträgt in den Alpen im Mittel 40 bis 200 m jährlich, kann aber, z. B. an der grönländischen Westküste, bis zu 20 m je Tag erreichen. Die Oberfläche der G. ist stets durch zahlreiche Spalten **(Gletscherspalten)** zerrissen. Die Schmelzwässer des G.s sammeln sich unter dem G. und treten an seinem Ende, der **Gletscherzunge,** gelegentlich auch aus einer torartigen Öffnung, dem **Gletschertor,** als **Gletscherbach** aus. Das Wasser ist durch mitgeführtes, fein zerriebenes Gesteinsmaterial **(Gletschertrübe)** meist milchig und trübe **(Gletschermilch).**

An den formgestaltenden Vorgängen auf der Erdoberfläche haben die G. wesentlichen Anteil. Durch die ausschürfende (erodierende) Tätigkeit des Eises **(Gletschererosion, Glazialerosion)** entstehen trogförmige Täler und Seebecken. Anstehendes Gestein wird bei der Bewegung des Eises durch mitgeführte Geschiebe abgeschliffen **(Gletscherschrammen, Gletscherschliffe, Kritzen).** Neben dieser zerstörenden Tätigkeit der G. steht die aufbauende durch Ablagerung der → Moränen. Wenn sie ans Meer vordringen, brechen sie dort ab (kalben) und werden als Eisberge verdriftet. Gegenwärtig sind auf der Erde etwa 16 Millionen km² von Gletschereis bedeckt; davon entfallen auf das Südpolargebiet 14 Millionen km² und auf Grönland 1,7 Millionen km².

Gletscherkunde, svw. → Glaziologie.

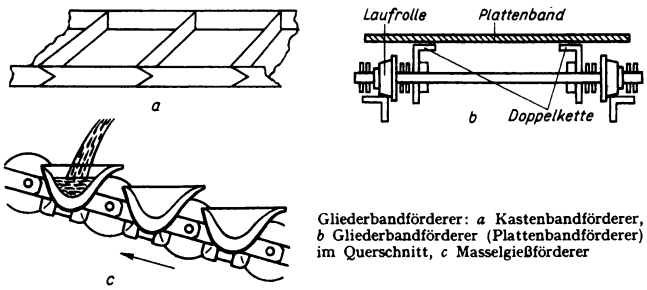
Glied, ein Organ der Getriebe, das aus formfesten Stoffen bestehen kann; für bildsame G.er werden Seile, Riemen usw. (→ Hüllstoffe) und Flüssigkeiten, Gase usw. (→ Füllstoffe) verwendet. Entsprechend unterscheidet man starre und elastische G.er. Das G. verbindet in einer → Kette zwei oder auch mehr → Elemente, die verschiedenen → Elementenpaaren angehören. Man unterscheidet binäre G.er (das erste G. ist mit zwei anderen G.ern verbunden), ternäre (das erste G. ist mit drei anderen G.ern verbunden), quaternäre usw. Federnde G.er verformen sich elastisch bei Krafteinwirkung (Schraubenfeder, Blattfeder u. a.).



Gliederbandförderer, ein Fördermittel zum stetigen, vorwiegend waagerechten oder geneigten Transport von Schütt- oder Stückgütern. Der G. gehört zu den → Kettenförderern. Als Tragorgane dienen Platten, Tröge (Platten mit Seitenwänden) oder Kästen (Platten mit Seitenwänden und einer Rückwand). Die Tragorgane werden durch ein Zugorgan in Form einer Einfach- oder Doppelkette zu einem endlosen **Plattenbandförderer, Trogbandförderer** oder **Kastenbandförderer** zusammengesetzt. Kastenbandförderer dienen für geneigte Förderung bis 60°. Die Glieder der Tragorgane stoßen stumpf aneinander oder überlappen sich an den Stoßstellen. Die Tragorgane stützen sich, auf der Führungsbahn schleifend, auf festen Stützrollen oder auf mit dem Zugorgan mitlaufenden Laufrollen ab, die

an den Kettengelenken angeordnet werden. G. werden für schwere und harte, grobstückige, scharfkantige, glühende, heiße, nasse und ätzende Fördergüter sowie als Bunkerabzugseinrichtungen eingesetzt, wenn Bandförderer ungeeignet sind.

Sonderformen von G.n sind die Masselgießmaschine und der als Fließ- oder Montageband verwendete, stetig oder unstetig arbeitende **Wandertisch.**



Gliederbandförderer: *a* Kastenbandförderer, *b* Gliederbandförderer (Plattenbandförderer) im Querschnitt, *c* Masselgießförderer

Gliederkette, → Kettenrad.

Gliederzug, ein aus mehreren gelenkig miteinander verbundenen Wagenteilen bestehender Eisenbahnzug. Beim G. stellen sich die Achsen in den Gleisbögen nahezu radial ein, wodurch bessere Laufeigenschaften als bei normalen Eisenbahnwagen erreicht werden; außerdem sind große Masseeinsparungen möglich. Der **Doppelstock-G.** der Deutschen Reichsbahn hat kurze, zweiachsige Zwischenwagen mit den Einstiegen; auf diese Zwischenwagen stützen sich doppelstöckige Mittelwagen und doppelstöckige Endwagen ab. Die gesamte Einheit besteht aus 2 Endwagen mit je 1 Drehgestell, 3 Mittelwagen ohne Achsen und 4 kurzen zweiachsigen Zwischenwagen. Durch diese Bauart konnte die Fahrzeugmasse je Sitzplatz von 450 kg bei modernen D-Zugwagen auf 230 kg gesenkt werden.

Glimmentladung, → Gasentladung, → Glimmlampe.

Glimmer, eine Gruppe wichtiger, gesteinsbildender Minerale von der Struktur der Schichtsilikate (Tonminerale), chemisch kompliziert zusammengesetzte Alumosilikate mit Kalium, Natrium, Lithium, Kalzium, Eisen und Magnesium; monoklin, tafelige Kristalle mit äußerst vollkommener Spaltbarkeit, Glas- und Perlmuttglanz, Härte nach Mohs 2,5 bis 4. Die G. sind am Aufbau vieler Gesteine (vor allem der Magmatite und Metamorphite) beteiligt; manche G. sind chemisch sehr widerstandsfähig. Die wichtigsten G. sind **Muskovit (Kaliglimmer),** $KAl_2[(OH,F)_2|AlSi_3O_{10}]$; farblos, gelblich, rötlich, grünlich, Härte nach Mohs 2 bis 2,5, D. 2,78 bis 2,88 g cm^{-3}, chemisch sehr widerstandsfähig; im alten Moskau zu Fensterscheiben verwendet, daher der Name. Dichter feinschuppiger, seidenglänzender Muskovit heißt **Serizit.** Man verwendet Muskovit in der Elektrotechnik als Isolator, große, dünne Tafeln als feuerfeste Scheiben an Glühöfen, für Schutzbrillen, ferner in der Papier- und Kautschukindustrie. **Biotit (Magnesiaeisenglimmer),** $K(Mg, Fe, Mn)_3[(OH,F)_2|AlSi_3O_{10}]$; dunkelgrün, dunkelbraun bis schwarz, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 2,8 bis 3,2 g cm^{-3}, wesentlicher Gemengteil der meisten Magmagesteine, Gneise und Glimmerschiefer. Biotit ist der häufigste G., wird jedoch technisch nicht verwendet. Eine magnesiumreiche, eisenarme Abart des Biotits ist der stets eisenhaltige, meist bräunliche bis gelbe **Phlogopit (Bernsteinglimmer).** Er wird wie Muskovit verwendet. Die eisenreiche Biotit-Abart **Lepidomelan** ist tiefschwarz. Biotite verwittern leicht zu oft metallisch glänzendem **„Katzengold", Lepidolith** oder **Lithionglimmer.** Lepidolith findet sich in Pegmatiten und dient zur Darstellung von Lithiumsalzen. **Zinnwaldit** oder **Lithioneisenglimmer,** $KLiFeAl[(F,OH)_2|AlSi_3O_{10}]$; silbergrau, braun, gelblich, auch fast schwarz, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 2,9 bis 3,1 g cm^{-3}. Zinnwaldit findet sich auf Zinnerzlagerstätten und dient zur Herstellung von Lithiumverbindungen.

Glimmerschiefer, ein metamorphes Gestein, das vorwiegend aus Glimmer und Quarz besteht und stärker metamorphisiert ist als Phyllit, aus dem es durch Kornvergröberung hervorgeht. Der Glimmer ist meist Muskovit, der in parallel geordneten Blättchen die anderen Minerale umgibt. Bei steigender Metamorphose entsteht aus G. Gneis. G. ist sehr verbreitet, in Mitteleuropa besonders in den Zentralalpen und in den tief abgetragenen Mittelgebirgskernen (Erzgebirge, Fichtelgebirge, Thüringer Wald u. a.).

Glimmlampe, eine → Gasentladungslampe, die allein das negative Glimmlicht einer → Gasentladung ausnützt. Sie besteht aus einem Glaskolben, der bei einem Druck von etwa 15 mm Hg (Quecksilber) mit einem Edelgasgemisch von meist etwa 75 % Neon und etwa 25 % Helium gefüllt ist. In den Glaskolben sind zwei häufig wendelartig ineinandergreifende Metallelektroden eingeschmolzen. Zur Strombegrenzung dient ein meist im Lampenfuß eingebauter Ohmscher Widerstand. Durch die Annäherung der Elektroden auf wenige Millimeter gelingt es, die positive Säule und damit auch den in ihr vorhandenen Spannungsabfall vollkommen zu unterdrücken und praktisch nur den Katodenfall wirksam werden zu lassen. So bildet sich nur das negative Glimmlicht aus, eine rötliche, milde Lichthaut, die bei Gleichstrom die Katode, bei Wechselstrom beide Elektroden überzieht. Dadurch eignet sich die G. als Polprüflampe bei Gleichstrom und zum Feststellen, ob eine Leitung Gleich- oder Wechselstrom führt. Verwendet werden G.n außerdem z. B. wegen ihres geringen Stromverbrauches zur Spannungsanzeige in Schalttafeln und Geräten und zu Hilfsbeleuchtungszwecken, wegen des fast trägheitsfreien Einsetzens der Entladung als Lichtquelle für Bildfunk- und Registriergeräte.

Glimmlicht, → Gasentladung.

Glimmspannungsteiler, ein → Stabilisator.

Globalrakete, → Raketenwaffen.

Globine, → Proteine.

Globule *f*, → interstellare Materie.

Globuline, → Proteine.

Globus, die stark verkleinerte, mit einem Kartenbild versehene körpertreue Nachbildung eines Weltkörpers **(Erdglobus, Mondglobus).** Der G. zeigt im Gegensatz zu Erdkarten die Form und Anordnung der Kontinente lagerichtig, form- und flächentreu (→ Kartennetzentwurf). Die kugelförmige Abbildung des scheinbaren Himmelsgewölbes mit Angabe der Fixsterne und oft der Sternbilder wird als **Himmelsglobus** bezeichnet.

Lit. Murris u. Saarmann: Der G. im Wandel der Zeiten (Berlin 1961).

Glockenkurve, → Fehler.

Glockenzählrohr, ein → Geiger-Müller-Zählrohr.

Glorie, → Kranz.

Gloversäure, → Schwefelsäure.

Glu, Abk. für → Glutaminsäure.

glühelektrischer Effekt, Richardson-Effekt, Edison-Effekt, der Austritt von Elektronen aus der Oberfläche glühender Körper. In Stoffen, in denen ein Teil der Elektronen im Kristallgitter frei beweglich ist (Metalle und verschiedene Metalloxide), nimmt mit steigender Temperatur nicht nur die Energie der Atomschwingungen,

sondern auch die kinetische Energie der freien Elektronen zu. Ist die Temperatur hinreichend groß, so reicht die Energie eines Teils der Elektronen aus, das Kristallgitter zu verlassen. Infolge des Elektronenverlustes lädt sich der betreffende Körper positiv auf und stoppt damit die weitere Emission von Elektronen durch elektrostatische Anziehung. Die Elektronen umgeben den glühenden Körper wie eine Wolke (Raumladungswolke). Legt man jedoch diesen Körper als Glühkatode in einen elektrischen Stromkreis, so werden die austretenden Elektronen sofort durch das elektrische Feld weggesaugt, und ein dauernder Strom kann fließen.

Glühen, 1) durch Erwärmen bedingtes Leuchten der Körper. **Glühfarben** des Stahls: Schwarzbraun (550 °C), braunrot, dunkelrot (700 °C), kirschrot, hellkirschrot (900 °C), gelbrot, gelb (1000 °C), hellgelb, gelbweiß (1200 °C), weiß (1300 bis 1400 °C).

2) ein Verfahren der → Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe zur Verbesserung ihrer mechanischen Eigenschaften infolge Veränderung ihres Gefügezustandes. Das G. setzt sich zusammen aus Erwärmen auf eine bestimmte Glühtemperatur, Halten auf dieser **(Glühdauer)** und nachfolgendem, meist langsamem Abkühlen. Bei Stahl unterscheidet man folgende Arten des G.s: 1) G. unter dem Umwandlungspunkt ohne Gefügeumwandlung. Das **Spannungsfreiglühen** bei Temperaturen von meist 450 bis 650 °C dient zum Ausgleichen innerer Spannungen im Werkstoff, die vom Zerspanen, Richten oder Abkühlen herrühren. Es führt zu keinen wesentlichen Änderungen der Werkstoffeigenschaften. Das **Rekristallisationsglühen** bei Temperaturen im Rekristallisationsbereich (etwa 500 bis 700 °C) bildet durch Kaltverformung verzerrtes Gefüge wieder zurück und beseitigt dadurch bedingte Sprödigkeit. Das **Zwischenglühen** ist ein Rekristallisationsglühen zwischen zwei Bearbeitungs- oder Behandlungsstufen. Das **Weichglühen** bei Temperaturen dicht unterhalb des Umwandlungspunktes, mitunter auch bei Temperaturen über dem oder Pendeln um den Umwandlungspunkt mit nachfolgendem langsamem Abkühlen dient zum Erzielen eines weichen, leicht bearbeitbaren Zustandes (Umformen des lamellaren in körnigen Zementit).

2) G. über dem Umwandlungspunkt mit Gefügeumwandlung. Das **Normalglühen (Normalisieren)** bei 30 bis 50 °C über dem Umwandlungspunkt mit nachfolgendem langsamem Abkühlen ergibt ein gleichmäßiges, feinkörniges Gefüge. Das **Hochglühen (Grobglühen)** bei Temperaturen dicht unterhalb der → Soliduslinie mit nachfolgendem langsamem Abkühlen dient zur Erzielung eines gröberen Kornes, das die Bearbeitbarkeit verbessert. Das **Diffusionsglühen** (bei Stahlblöcken und -knüppeln) oder **Homogenisierungsglühen** (bei Stahlgußstücken) erfolgt bei Temperaturen dicht unterhalb der Soliduslinie mit langzeitigem Halten auf dieser Temperatur und nachfolgendem beliebigem Abkühlen zum Ausgleich (Homogenisieren) von Seigerungen und Gefügeunregelmäßigkeiten durch Diffusion der Legierungselemente.

Als **Tempern** bezeichnet man das längere Glühen von weiß erstarrenden Gußformstücken, → Temperguß. Durch **Lösungsglühen** werden ausscheidungsfähige Bestandteile metallischer Werkstoffe in Mischkristallen gelöst, die bei tieferen Temperaturen durch Entmischen wieder ausscheiden können (Aushärtung).

Eine besondere Art des G.s ist das → Blankglühen.

Glühkatode, eine Katode, bei der die freien Elektronen die zum Austritt erforderliche Energie in Form von Wärmeenergie durch elektrische Heizung erhalten. Nach der technischen Ausführung der G. unterscheidet man direkt und indirekt geheizte G.n. **Direkt geheizte G.n** bestehen überwiegend aus einem reinen oder thoriumhaltigen Wolframdraht, der vom Heizstrom (meist Gleichstrom) durchflossen wird. Die Betriebstemperatur beträgt bei Wolframkatoden etwa 2100 °C und bei den thorierten Wolframkatoden etwa 1400 °C. Heute verwendet man direkt geheizte G.n nur noch bei Batterie- und Senderöhren. In allen anderen Elektronenröhren benutzt man **indirekt geheizte G.n.** Diese bestehen aus einem dünnwandigen Nickelröhrchen, auf dem sich eine 20 bis 70 μm dicke Emissionsschicht aus einem Gemisch von Erdalkalioxiden (z. B. Barium-, Kalzium- und Strontiumoxid) befindet. Das Nickelröhrchen wird von innen her durch einen Heizdraht, der zur elektrischen Isolation von einer Aluminiumoxidschicht umgeben ist, auf die notwendige Betriebstemperatur von etwa 750 °C gebracht. G.n mit einer emittierenden Oxidschicht nennt man *Oxidkatoden.*

Zur Kennzeichnung der Emissionsfähigkeit des Katodenmaterials dient das Heizmaß. Es gibt den Sättigungsstrom an, der von Katode je Watt Heizleistung abgegeben werden kann. Das Heizmaß beträgt z. B. für Wolfram 2 mA W^{-1}, für Thorium 50 mA W^{-1} und für die Bariumoxidkatode 1000 mA W^{-1}. Der höhere Emissionsstrom der Oxidkatode gegenüber den Reinmetallkatoden beruht auf der niedrigen Austrittsarbeit von etwa 1,1 bis 1,5 eV.

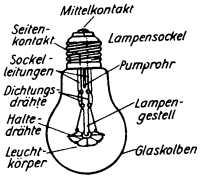
Glühkerze, eine elektrische Anlaßhilfe zum Kaltstart von → Dieselmotoren, besonders solchen mit unterteiltem Brennraum (Vorkammer-, Wirbelkammer- und Luftspeichermotoren). Sie ist erforderlich, weil beim Anlassen die im Zylinder verdichtete Luft bei niedrigen Außentemperaturen und kaltem Motor nicht die Selbstentzündungstemperatur des Kraftstoffes erreicht, der Motor also nicht anspringt. Die G. ist mit einem hitzebeständigen Draht versehen, der durch Batteriestrom auf 900 bis 1000 °C erhitzt wird und in den Brennraum des Dieselmotors hineinragt. Der Glühdraht bewirkt, daß die Temperatur der Verbrennungsluft erhöht, die Kraftstoffteilchen entflammt und die Verbrennung eingeleitet werden. Die **Glühanlage,** deren Teile — Batterie, Glühkerzenschalter, Glühkerzenüberwacher, Glühkerzenwiderstand und die G.en der einzelnen Zylinder — in Reihe geschaltet sind, wird vor dem Anlassen etwa 1 Minute lang in Betrieb genommen; erst dann betätigt man den Anlasser. Nach Anspringen des Motors müssen die G.n sofort ausgeschaltet werden.

G.n sind für niedrige Spannungen von 0,9 und 1,7 V bemessen, die Leistungsaufnahme beträgt etwa 36 oder 60 W.

Glühkopfmotor, ein Zweitaktverbrennungsmotor mit Kraftstoffeinspritzung, bei dem die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches nicht wie beim Dieselmotor durch die Verdichtungswärme erfolgt, sondern durch einen kopfartig ausgestülpten und der Kühlung entzogenen *Glühkopf.* Seine Glühschale wird während des Betriebes so heiß, daß sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch an ihm entzündet. Die Spülung des G.s erfolgt durch die von der Rückseite des Kolbens im Kurbelgehäuse vorverdichtete Luft über Spülschlitze. Zum Anlassen des kalten Motors wird bei modernen G.en auf ein Benzin-Gasöl-Gemisch umgeschaltet, das während des Startvorganges durch eine einschaltbare Kerzenzündung gezündet wird. Der G. ist ein Mitteldruckmotor, das Verdichtungsverhältnis beträgt bei neueren Ausführungen bis 12 : 1. Die Vorteile des G.s liegen in seiner Unempfindlichkeit gegenüber der Verwendung der verschiedensten, auch minderwertigen Kraftstoffe, denen er durch verschieden gestaltete, auswechselbare Glühköpfe angepaßt werden kann, sowie in seiner

einfachen, robusten Bauweise. Nachteilig sind der unruhige Lauf und besonders die nur sehr niedrige mögliche Drehzahl und die hieraus resultierende geringe Literleistung.

Glühkörper, Glühstrumpf, ein Gestrick aus Pflanzenfasern oder Kunstseide, das mit einer Leuchtsalzlösung (99 % Thoriumnitrat, 1 % Zernitrat) getränkt ist. Der G. wird vor der ersten Benutzung verascht, wobei die Nitrate in Oxide übergehen. Es verbleibt ein Gerüst aus mineralischen Bestandteilen, das, durch die Flamme eines Stadtgas-, Petroleum- oder Spiritusbrenners erhitzt, einen intensiven Lichtstrom bei verhältnismäßig geringem Betriebsstoffverbrauch aussendet.



Glühlampe

Glühlampe, die verbreitetste elektrische Lichtquelle. Sie besteht aus einem evakuierten (bis 40 Watt) oder mit neutralem Gas gefüllten Glaskolben, in dem sich zwischen metallischen Haltern ein Leuchtkörper (Glühdraht) befindet, der über zwei durch das Pumprohr geführte Innenleitungen mit Metallkontakten am Fuß und an der Seite des Sockels verbunden ist. Er wird bei Stromdurchgang infolge des hohen Widerstandes glühend und sendet dabei Licht aus. Die in Lumen/Watt (lm W^{-1}) gemessene Lichtausbeute ist um so größer, je höher die Glühtemperatur ist.

Die Füllung des Kolbens mit Argon, Krypton oder einem Gemisch von Argon und Stickstoff (→ Nitralampe) vermindert die Verdampfung des Metalldrahtes; die G.n lassen sich dadurch stärker belasten und haben eine höhere Lichtausbeute.

Die heute üblichen G.n sind **Metalldrahtlampen** mit einem Glühdraht aus Wolfram, dessen Schmelzpunkt bei etwa 3400 °C liegt. Zur Verringerung der Wärmeableitung wird der Draht einfach oder doppelt gewendelt. Das im Glasfuß vorhandene Pumprohr wird nach dem Auspumpen des Kolbens zugeschmolzen. Der Sockel ist mit einem Schraubgewinde oder Bajonettverschluß zum Einsetzen in die Fassung versehen. Der Wirkungsgrad von Metalldrahtlampen beträgt nur 2 bis 4 %; die übrige zugeführte elektrische Energie wird in Wärme umgewandelt. Wirtschaftlicher sind deshalb → Leuchtstofflampen.

Eine spezielle Ausführungsform der G. ist die → Soffittenlampe.

Die ersten technisch verwendbaren G.n waren **Kohlenfadenlampen** mit einem Glühkörper aus Graphitpulver mit organischen Bindemitteln. Auf Grund der geringen Lichtausbeute (nur etwa 3 lm W^{-1}, das entspricht $^1/_3$ % des theoretischen Höchstwertes) werden Kohlenfadenlampen kaum noch für Beleuchtungszwecke verwendet.

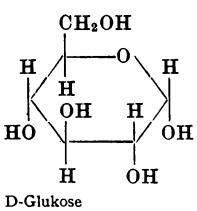
Man teilt G.n nach ihrer elektrischen Leistungsaufnahme, gemessen in Watt, ein. Für 220 V ist folgende Hauptreihe genormt: 15, 25, 40, 60, 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 W. Leistungsstarke G.n bis zu 10000 W werden unter anderem in der Kinotechnik und in Leuchtfeuern verwendet. Die stärkste bisher hergestellte G. hat eine Leistungsaufnahme von 50000 W.

Glühstrumpf, svw. → Glühkörper.

Glukagon, ein → Hormon.

Glukoproteide, → Proteide.

Glukose, Traubenzucker, Dextrose, eine Aldohexose (→ Kohlenhydrate), die der D-Galaktose stereoisomer ist. **D-Glukose** ist eine weiße, kristalline, geruchlose, schwach süßschmeckende, rechtsdrehende Substanz (F. 146 °C). Sie ist nur $^1/_4$ so süß wie Sacharose (Rohrzucker), reduziert Fehlingsche Lösung und wird durch Hefe direkt vergoren. G. kommt in Algen, Pilzen, höheren Pflanzen und süßen Früchten sowie im Honig meist gemeinsam mit Fruktose vor. Ferner ist sie als Blutzucker zu 0,19 % im menschlichen und tierischen Organismus enthalten. Als Baustein findet man G. in Disachariden (z. B. in Sacharose) in Polysachariden (z. B. in Stärke und Zellulose) sowie in Glykosiden. Die natürliche Bildung von G. vollzieht sich während der Assimilation der Pflanzen. Technisch wird G. durch Säurehydrolyse oder enzymatisch aus den Di- und Polysachariden oder durch Holzverzuckerung gewonnen. Sie dient zum Süßen und zur Herstellung von Fruchtsirup und wird in großen Mengen zu alkoholischen Getränken vergoren. Therapeutisch wird G. gegen Schwächezustände, als Nähr- und Anregungsmittel in Pulverform (Dextropur) oder in einer Mischung mit Fruchtsäuren über die Verdauungsorgane oder durch intravenöse Einspritzungen gegeben.



D-Glukose

G. ist die Schlüsselsubstanz im Kohlenhydratstoffwechsel, da die mit der Nahrung aufgenommenen Kohlenhydrate (Stärke, Sacharose u. a.) durch Fermente zunächst in G. gespalten werden, die dann entweder unter Freiwerden von Energie über viele Zwischenprodukte in Kohlendioxid und Wasser (Atmung, aerober Abbau: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$) oder in Milchsäure (Glykolyse, anaerober Abbau: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3$) übergeht.

Glukoside, die Glykoside der Glukose.

Glutaminsäure, abg. **Glu,** Aminoglutarsäure, HOOC—$CH(NH_2)$—$(CH_2)_2$—COOH, eine in der Natur weit verbreitete Aminodikarbonsäure, die in fast allen Eiweißstoffen, besonders in Getreideproteinen, enthalten ist. Ihre Salze heißen **Glutamate.** G. und ihr Monoamid, das in Pflanzen bei der Keimung auftretende **Glutamin** HOOC—$CH(NH_2)$—$(CH_2)_2$—CO—NH_2, spielen im Stoffwechsel eine vielseitige Rolle. Sie sind an Transaminierungsreaktionen beteiligt. G. wird zur Behandlung von Muskelerkrankungen und bei Erschöpfungszuständen verwendet.

Glutarsäure, HOOC—$(CH_2)_3$—COOH, eine Propandikarbonsäure-(1,3). G. kristallisiert in farblosen Prismen (F. 98 °C) und kommt im Saft roher Zuckerrüben und im Waschwasser der rohen Schafwolle vor. Synthetisch gewinnt man sie durch Oxydation von Zyklopentanol mit Salpetersäure.

Glutathion, γ-Glutamyl-zysteinyl-glyzin, ein Tripeptid, das in fast allen tierischen und pflanzlichen Zellen vorkommt. G. hat bei biologischen Oxydations- und Reduktionsvorgängen auf Grund der reversiblen Wasserstoffabgabe große Bedeutung.

Gluteline, → Proteine.

Gluten, Kleber, das Klebereiweiß des Getreidemehls. G. besteht aus Prolaminen und Glutelinen. Es ist für die Backfähigkeit des Mehls verantwortlich. G. wird als Nebenprodukt der Stärkefabrikation gewonnen und dient zur Herstellung eiweißreicher Nahrungs- und Futtermittel sowie von Glutaminsäure.

Gly, Abk. für Glyzin, → Glykokoll.

Glykogen, tierische Stärke, ein zur Gruppe der Polysaccharide gehörendes Reservekohlenhydrat, das, ähnlich wie pflanzliche Stärke, aus Glukoseresten aufgebaut ist. G. wird in der Leber und im Muskel gespeichert und ist in geringen Konzentrationen in vielen Organzellen und in niederen Pflanzen, besonders in Pilzen, enthalten. Das in der Leber gespeicherte G. (Leberstärke) dient als Reserve und wird bei erhöhtem Energiebedarf unter der Mitwirkung von Adrenalin und Glukagon gespalten. Die entstehende Glukose wird an das Blut abgegeben. Das Muskelglykogen befindet sich in dauerndem Auf- und Abbau und dient als Energielieferant für die Muskelkontraktion.

Glykokoll, Glyzin, abg. **Gly,** α-Aminoessigsäure, H_2N—CH_2—COOH, die einfachste Aminosäure. G. ist in allen Eiweißstoffen, außer im Milcheiweiß, enthalten. Die Synthese des G.s erfolgt aus Chloressigsäure und Ammoniak. Medizinisch wird G. bei Muskelerkrankungen und Leber-

schäden verwendet und dient außerdem als Puffersubstanz.

Glykol, Äthylenglykol, Äthandiol-(1,2), HO—CH_2—CH_2—OH, der einfachste zweiwertige Alkohol, eine farblose, ölige, süß schmeckende Flüssigkeit (Kp. 198 °C). Durch Oxydation geht G. in Glykolaldehyd, Glyoxal und Glykolsäure (Hydroxyessigsäure, im Pflanzenreich weit verbreitet) über. Großtechnisch gewinnt man G. aus Äthylenoxid und Wasser bei 160 bis 200 °C unter 10 bis 20 at Druck. Es wird verwendet als Glyzerinersatzstoff, Gefrierschutzmittel, als Lösungsmittel für Zellulosenitrat und Farbstoffe. Beim Umsatz von G. mit Terephthalsäure entstehen Polyesterfaserstoffe. Die Ester und Äther des G.s sind ebenfalls wichtige Lösungsmittel und Ausgangsstoffe für Zellulosenitratlacke und Weichmacher; die Monofettsäureester dienen als Waschrohstoffe, Netzmittel und Emulgatoren.

Glykole, Diole, zweiwertige Alkohole, deren einfachster Vertreter das Äthylenglykol (→ Glykol) ist.

Glykolyse, der in lebenden Zellen stattfindende anaerobe Abbau von Kohlenhydraten über viele Zwischenstufen zu Milchsäure, dient der Energiegewinnung. Dabei sind bis zur Stufe der Brenztraubensäure ähnliche Fermente wirksam wie bei der alkoholischen Gärung.

Glykoproteide, → Proteide.

Glykoside, komplizierte, in der Natur vorkommende Verbindungen, die aus Zuckermolekülen und Aglykon- (Nichtzucker-) Molekülen aufgebaut sind und bei der Hydrolyse in den Zuckeranteil (z. B. Glukose, Fruktose, Galaktose u. a.) und den Nichtzuckeranteil (z. B. Phenol, Farbstoff, Steroid u. a.) gespalten werden. Die Bindung der beiden Anteile der G. (**glykosidische Bindung**) ist nicht besonders fest (meist Zuckerrest-Sauerstoff-Aglykonrest). Die G. werden nach dem an der Bindung beteiligten Zucker als Glukoside, Fruktoside, Galaktoside u. a. bezeichnet. Sie sind häufig pharmakologisch äußerst wirksam (z. B. Digitalisglykoside) und werden deshalb in der Medizin verwendet.

Glyoxal, Äthandial, CHO—CHO, der einfachste Dialdehyd. G. bildet gelbe Kristalle (F. 15 °C) und geht leicht in farbloses **Polyglyoxal** über. Man gewinnt G. durch katalytische Oxydation von Glykol bei etwa 320 °C. G. wird z. B. in der Textilindustrie, in der Gerberei und zur Herstellung pharmazeutischer Präparate eingesetzt.

Glyptalharze, eine Form der → Alkydharze.

Glyzeride, die Ester des Glyzerins mit anorganischen oder organischen Säuren. Anorganische G. sind z. B. die physiologisch bedeutsamen Glyzerinphosphorsäuren und das Glyzerintrinitrat. Die Ester des Glyzerins mit überwiegend ungesättigten Fettsäuren sind Öle, die mit gesättigten Fettsäuren Fette bilden.

Glyzerin, Propantriol-1,2,3, Ölsüß, CH_2OH—CHOH—CH_2OH, der einfachste dreiwertige Alkohol. Das G. ist eine viskose, süßschmeckende, farb- und geruchlose Flüssigkeit (Kp. 290 °C unter Zersetzung). In der Natur ist G. in Form seiner Ester (→ Glyzeride) in allen Fetten, fetten Ölen und Phosphatiden weit verbreitet. Man gewinnt G. durch → Fettspaltung, aus den Mutterlaugen der Seifenbereitung, durch Vergärung von Zucker unter Zusatz von Natriumsulfit oder vollsynthetisch aus dem Propen der Krackgase oder aus Äthin und Formaldehyd über Propargylalkohol. G. ist ein wichtiger Ausgangsstoff zur Herstellung von Sprengstoffen (→ Glyzerintrinitrat), Farbstoffen, Kitten, Seifen und Glyptalharzen. In großen Mengen wird es als Gefrierschutz-, Schmier- und Textilhilfsmittel verwendet. In der Kosmetik dient es als Grundlage in Hautpflegemitteln und Zahnpasten, in der Medizin als Abführmittel. **Glyzerinpech**, der Rückstand bei der Destillation des G.s, wird zur Fabrikation von Schuhkrem und von Isolierstoffen in der Elektrotechnik verwendet.

Glyzerinaldehyd, Propandiol-(2,3)-al-(1), CH_2OH—CHOH—CHO, ein Monosacharid. G. bildet süßlich schmeckende Kristallnadeln (F. 142 °C), entsteht durch Oxydation von Glyzerin und tritt als Phosphorsäureester bei der alkoholischen Gärung als Zwischenstufe auf. G. dient als Bezugssubstanz für die Konfiguration optisch aktiver Verbindungen (→ Stereochemie).

Glyzerintrinitrat, Sprengöl, fälschlich **Nitroglyzerin**, $C_3H_5(ONO_2)_3$, eine ölige, farblose bis schwach gelbliche Flüssigkeit (Kp. über 180 °C). G. explodiert bei Stoß, Schlag oder Überhitzung sehr heftig (Detonationsgeschwindigkeit 7450 m s^{-1}). Die technische Gewinnung von G. erfolgt durch Nitrieren von Glyzerin. G. ist ein starker Sprengstoff; mit Kollodiumwolle bildet es Sprenggelatine. — G. wurde 1847 von Sobrero (Paris) entdeckt und 1867 von A. Nobel zur Herstellung des Dynamits verwendet.

Glyzin, svw. → Glykokoll.

GMT, Abk. für Greenwich Mean Time, → Zeit.

Gneis, metamorphes Gestein von hohem Metamorphosegrad, das vorwiegend aus Feldspat, Quarz und Glimmer besteht. Das Gefüge ist im wesentlichen schiefrig oder flasrig (**Flasergneis**), auch mit metablastischen Großkristallen (**Augengneis**), oder fast granitisch körnig (**Granitgneis**). Die G.e sind teils aus Eruptivgesteinen entstanden (**Orthogneis**), teils aus Sedimentgesteinen (**Paragneis**). G. ist das häufigste metamorphe Gestein.

Goethit, svw. → Lepidokrokit.

Gold [lateinisch aurum], Symbol **Au**, chemisches Element aus der I. Nebengruppe des Periodensystems, Edelmetall, Reinelement; Ordnungszahl 79, Atomgewicht 196,967 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III, seltener I, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 19,3 g cm^{-3}, F. 1063 °C, Kp. 2700 °C. G. besitzt eine große elektrische und Wärmeleitfähigkeit. Es ist von gelbroter Farbe, schönem Glanz, polierfähig, ziemlich weich, sehr dehnbar und läßt sich z. B. zu **Blattgold** von $^1/_{8000}$ mm Dicke auswalzen oder ausschlagen; aus 1 g G. kann man einen Draht von 3 km Länge ziehen. Gegenüber chemischen Agenzien ist G. sehr widerstandsfähig, nur durch Halogene, Kaliumzyanid und Königswasser wird es angegriffen.

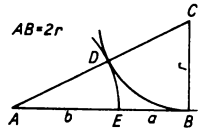
Vorkommen. G. findet sich meist gediegen als **Berggold**, unregelmäßig eingesprengt in quarzigen Gängen, meist mit Silber und kleinen Mengen Kupfer, Platin, Eisen, Blei, Arsen, Antimon u. a. verunreinigt, oder in Flußsanden und Ablagerungen der Flüsse als **Seifen-** oder **Waschgold**. Auch in gebundener Form kommt G. vor, z. B. an Tellur gebunden im Sylvanit (Schrifterz) $AuAgTe_4$, Nagyagit (Blättertellur) $AuTe_2 \cdot 6Pb$ (S, Te) und Petzit (Ag, $Au)_3Te$. Meerwasser enthält 0,01 bis 0,05 mg G. je m^3. Die bedeutendsten Vorkommen befinden sich in Südafrika (Transvaal), der Sowjetunion (Ural, Ost- und Nordostsibirien), den USA (Kalifornien, Kolorado, Alaska), Kanada, Australien und Vorderindien. In der DDR wird G. als Nebenprodukt bei der Aufbereitung des Mansfelder Kupferschiefers gewonnen.

Gewinnung. Das goldhaltige Gestein wird zerkleinert und dann durch Amalgamation (Legieren mit Quecksilber, → Amalgam), → Zyanidlaugung, → Flotation oder Kombination dieser Verfahren weiterverarbeitet. — Waschgold wird von den umgebenden Mineralen durch Auswaschen mit Wasser in Pfannen oder Kästen mit Siebböden getrennt.

Feingold (99,7 bis 99,8 % G.) erhält man durch Behandeln des Rohgoldes mit konzentrierter Schwefelsäure, wobei das anhaftende Silber ge-

löst wird (*Affination*). Durch elektrochemische Trennungsverfahren gewinnt man **Elektrolytgold** (abg. **E-Gold**) mit einem Feingehalt von 99,98 %.

Verwendung. G. wird meist zur Verbesserung der mechanischen Festigkeit mit Ag, Cu, Pt, Pb, Ni und Rh legiert verwendet (→ Feingehalt) für Schmuckgegenstände, Zahnersatz, feinmechanische und optische Teile, elektrische Kontakte, Laboratoriumsgeräte, Spinndüsenwerkstoffe. Das prächtig rotgefärbte Goldrubinglas enthält G. in kolloider Form. **Goldverbindungen**, vor allem **Tetrachlorogold(III)-säure** (**Chlorogoldsäure**) $H[AuCl_4] \cdot 4H_2O$ und ihr Salz, das **Natriumtetrachloroaurat** $Na[AuCl_4] \cdot 2H_2O$, auch **Goldsalz** genannt, verwendet man in der Photographie für Goldtonbäder, in der Medizin als Ätzmittel, in der Glas- und Porzellanmalerei und zum → Vergolden.



Goldener Schnitt; $\overline{AB}:\overline{AE} = \overline{AE}:\overline{EB}$

Goldener Schnitt, stetige Teilung, lateinisch **sectio aurea**, die Teilung einer Strecke in der Weise, daß sich die kleinere Teilstrecke zur größeren verhält wie diese zur ganzen Strecke. Konstruktion: Die Strecke $\overline{AB}$ wird nach dem Goldenen Schnitt geteilt, indem man in B die Senkrechte $\overline{BC} = {}^1/_2\,\overline{AB}$ errichtet, C mit A verbindet und ${}^1/_2\,\overline{AB} = \overline{CB}$ von C aus auf CA abträgt, wodurch man D erhält. Trägt man dann $\overline{AD}$ von A aus auf $\overline{AB}$ ab, so ergibt sich der Teilungspunkt E. Rechnerische Lösung: Eine Strecke von der Länge l soll nach dem G. S. geteilt werden. Dann muß gelten $l : x = x : (l - x)$, d. h. $l^2 - lx = x^2$, $x^2 + lx - l^2 = 0$, folglich $x_{1,2} = -\frac{l}{2} \pm \sqrt{\frac{l^2}{4} + l^2} = -\frac{l}{2} \pm \frac{l}{2} \cdot \sqrt{5}$, und, da der negative Wert der Lösung keine geometrische Bedeutung hat, $x = 0{,}6185\,l$. Diese Zahl ist irrational. Der G. S., der schon im Altertum als ästhetisch besonders befriedigendes Maßverhältnis von großer Bedeutung war, tritt in vielen Werken der bildenden Kunst und der Architektur als Strecken- und Seitenverhältnis in zahlreichen Varianten auf.

Gestaffelter Grabenbruch

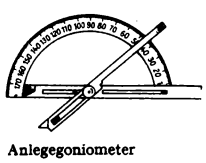
Goldschmidtverfahren, svw. → Aluminothermie.

Goldschwefel, → Antimon.

Golfstrom, → Meeresströmungen.

Gon, svw. → Neugrad.

Goniometer, Winkelmesser, ein Gerät zur Bestimmung des Neigungswinkels zweier Flächen, z. B. zweier Kristallflächen. Das **Anlege-** oder **Kontaktgoniometer** besteht aus zwei mit einem geteilten Halbkreis verbundenen Linealen, die man den Flächen anlegt. Das **Reflexionsgoniometer** beruht auf der Zurückwerfung von Lichtstrahlen, die auf die Kristallflächen auffallen. Mit dem **Röntgengoniometer**, einem in der Strukturuntersuchung von Kristallen mittels Röntgenstrahlung benutzten Gerät, werden die Lagen und Intensitäten Braggscher Reflexe von Netzebenen (→ Kristall) gemessen.



Anlegegoniometer

Goniometrie, ein Teilgebiet der Trigonometrie, die Lehre von den Eigenschaften und den gegenseitigen Beziehungen der goniometrischen oder Winkelfunktionen.

GOST, Abk. für russ. Gossudarstwenny obstschesojusny standart (Staatlicher Allunionsstandard), für die gesamte UdSSR geltendes fortschrittliches Vereinheitlichungsergebnis in bezug auf Beschaffenheit der wichtigsten Arbeitsgegenstände, Arbeitsmittel und Erzeugnisse, auf Herstellungs-, Prüf- und andere Verfahren (z. B. Methoden der Beförderung und Aufbewahrung) sowie auf Verständigungsmittel. Die GOST sollen bewirken, daß Umfang und vor allem Güte der Produktion den Erfordernissen der Volkswirtschaft entsprechen. Sie sind in der Regel verbindlich. Für die enge wirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen der UdSSR und der DDR ist die Abstimmung der entsprechenden GOST mit den TGL ein wichtiges Erfordernis.

Vorläufer der GOST sind die OST (Obstschesojusny standart = Allunionsstandard), die von 1925 bis 1940 veröffentlicht wurden und heute noch gültig sind.

Gotisch, → Schriftarten.

Goubauleitung, ein metallischer Leiter mit aufgebrachter Schicht eines verlustarmen Isolierstoffes, z. B. Polyäthylen. Elektromagnetische Wellen genügend hoher Frequenz laufen ohne wesentliche Strahlung in den Raum den Leiter entlang. Die Leitungsverluste sind sehr gering, steigen bei Vereisung jedoch stark an. Die Ankopplung erfolgt im allgemeinen durch Exponentialtrichter, d. s. Trichter, deren Querschnitte sich vom Mundstück zur Öffnung nach einem Exponentialgesetz erweitern. Die Aufhängung erfolgt ähnlich wie die einer Freileitung. Geradlinigkeit ist anzustreben, da Knicke oder kleine Krümmungsradien die Dämpfungsverluste erhöhen. Die G. wird z. B. zur Fernsehversorgung kleiner Ortschaften oder Gebäudegruppen in Gebirgstälern angewandt. Die Anschaltung der einzelnen Teilnehmer an die G. geschieht meistens durch eine einfache Koppelschleife.

Goudron, veraltete Bezeichnung für Dichtungsaufstrich und Klebemasse aus Bitumenlösung oder -emulsion und bis zu 20% Steinmehl- oder Faserstoffzusatz, kaltflüssig oder heißflüssig. G. besitzt große Binde- und Klebkraft und dient zum Verlegen von Dachpappe und Dichtungsbahnen.

Graben, Grabenbruch, ein zwischen zwei stehengebliebenen oder gehobenen Schollen an mehr oder weniger parallelen Verwerfungen abgesunkener Streifen der Erdkruste (Abb.). Bekannt sind der G. der Oberrheinischen Tiefebene (Betrag der Absenkung 3000 m), der G. des Jordantales, dessen tiefste Stelle 793 m unter dem Meeresspiegel im Toten Meer liegt, der Ostafrikanische und der Zentralafrikanische Graben (tiefster Punkt des Tanganjikagrabens 655 m unter dem Meeresspiegel).

Grabenräummaschinen, Grabenräumer, meist selbstfahrende, schwimmende oder an den Traktor angebaute Maschinen zum Reinigen und Instandsetzen von Wasserläufen (Vorfluter, Gräben). Eingesetzt werden als G. Grabenräumschnecken, Schilfmähmaschinen, Grabenfräsen, Grabenreiniger, Eimerketten- und Kratzerkettenbagger, Saugspülbagger u. a. Die G. haben besondere Bedeutung für offene Entwässerungssysteme, deren Unterhaltung in Handarbeit nicht möglich ist. Die Anwendung von G. setzt befahrbare, nicht mit Bäumen, Sträuchern u. a. bestandene Grabenränder voraus.

grad, Abk. für → Gradient.

Grad, 1) Kurzz. ° (in Verbindung mit Zahlen zu schreiben, z. B. 3°), gesetzliche Einheit des ebenen Winkels, → Altgrad. 2) Kurzz. ° (in Verbindung mit Kurzz. — Buchstaben — zu schreiben, z. B. 3 °C), Einteilung bei Temperatur-, Aräometer- und anderen Skalen, z. B. Grad Balling (→ Ballingskale), Grad Baumé (veraltet, → Bauméskale), Grad Celsius (→ Celsiusskale), Grad Engler (veraltet, → Englergrad), Grad (degree) Fahrenheit (→ Fahrenheitskale), Härtegrad (→ Härte 2), Grad Kelvin (→ Kelvinskale), Grad (degree) Rankine (→ Rankineskale), Grad Réaumur (veraltet, → Réaumurskale). 3) Einheit der Temperaturdifferenz, → grd, → degree.

Gradation, in der Photographie die Neigung des geradlinigen Teils der **Gradationskurve** (→ Schwärzung) zur Abszissenachse. Die G. wird dabei als Verhältnis des Dichteunterschiedes zum zugehörigen Belichtungsintervall angegeben. Die Neigung ist ein Maß für die Umsetzung von Ob-

jekthelligkeitsabstufungen in Dichteabstufungen. Sie kann durch die Entwicklung beeinflußt werden. Hat die photographische Schicht eine **steile G.**, so arbeitet sie hart, d. h., sie gibt die Kontraste übertrieben wieder. Schichten mit **flacher G.** gleichen die Kontraste aus (→ Kontraststeuerung).

Grader, svw. → Straßenhobel.

Gradient, abg. **grad,** allgemein ein Vektor, der auf der Niveaufläche eines skalaren Feldes (z. B. Temperatur T, Luftdruck p, Höhe einer Druckfläche H, Vertikalkomponente g des Schwerevektors) senkrecht steht und von einer Fläche niederen nach einer Fläche höheren Wertes gerichtet ist. Sein Betrag ist dem Abstand der Niveauflächen umgekehrt proportional. Von besonderem Interesse sind meist die horizontalen, in der Meteorologie auch die in einer Fläche gleichen Luftdruckes gelegenen Komponenten des Gradient-Vektors.

Horizontale G.en werden in der Meteorologie meist auf 100 km, in der Geophysik auf 1 km bezogen, z. B. 5 grd/100 km, 3 mbar/100 km, 1 mGal/1 km = 10^{-3} cm/s² km.

Mit **Gefälle** (Temperaturgefälle, Luftdruckgefälle) werden die dem Betrag nach gleichen, jedoch der Richtung nach gerade entgegengesetzten Vektoren (umgekehrte Vorzeichen) anschaulich bezeichnet.

Gradnetz, ein Orientierungsnetz der Erde und des Himmelsgewölbes in 360-Grad-Teilung. Die Breitenkreise (Parallelkreise) sind — außer dem Äquator — nahezu gleichabständige Kleinkreise, die Längenkreise eine sich in den beiden Polen schneidende Großkreisschar. Breitenkreise und Längenkreise schneiden sich rechtwinklig. Jeder Punkt der Oberfläche ist somit durch die geographische → Länge und die geographische → Breite, die zusammen die geographischen Koordinaten bilden, eindeutig fixiert. Das G. bildet als Kartennetz das Grundgerüst der → Karten.

Gradtage, Zeichen Gt, ein Kontroll- oder Vergleichswert für den Wärmeverbrauch in der Heizungstechnik, dem langjährige meteorologische Mittelmeßwerte zugrunde liegen. $Gt = d \cdot (t_i - t_{a_m})$; dabei ist d = jährliche Heiztage, t_i = Innentemperatur (Mittelwert 19 °C), t_{a_m} = mittlere Außentemperatur während der Heizperiode (DDR-Mittelwert 3,9 °C). Die G. dienen als Grundlage für die Vorausberechnung des durchschnittlichen Brennstoffbedarfs für eine Heizperiode.

Gramm, Kurzz. g, gesetzliche Einheit der Masse. 1 g = 10^{-3} kg. **Dekagramm,** Kurzz. dag, = 10 g. **Hektogramm,** Kurzz. hg, = 10^2 g. **Kilogramm,** Kurzz. kg, = 10^3 g (→ Kilogramm). **Dezigramm,** Kurzz. dg, = 10^{-1} g. **Zentigramm,** Kurzz. cg, = 10^{-2} g. **Milligramm,** Kurzz. mg, = 10^{-3} g. **Mikrogramm,** Kurzz. μg (früher in der Pharmazie γ), = 10^{-6} g.

Grammäquivalent, → Äquivalentgewicht.

Grammatit, ein → Amphibol.

Grammatom, Atomgramm, so viel Gramm eines Elementes, wie sein relatives Atomgewicht angibt, z. B. 1 G. Kohlenstoff = 12 g Kohlenstoff. Ein G. eines jeden Elementes hat $6{,}023 \cdot 10^{23}$ Atome (Loschmidtsche Zahl).

Grammion, die numerisch dem Atom- oder Molekulargewicht eines Ions entsprechende Menge in g.

Grammkalorie, Kurzz. **gcal,** alte, nicht mehr zulässige Bezeichnung für → Kalorie.

Grammolekül, svw. → Mol.

Grammophon, Wz. für einen → Plattenspieler.

Gramm-rad, nicht gesetzliche Einheit der Energie ionisierender Strahlung. 1 Gramm-rad = 10^2 erg = 10^{-5} J (Joule).

Granate, 1) *Sing.*, ein → Geschoß.

2) *Plur.*, eine umfangreiche Mineralgruppe mit der allgemeinen Formel $X_3Y_2[SiO_4]_3$, wobei X = Mg, Fe, Mn, Ca (alle zweiwertig) und Y = Al, Fe, Mn, Cr (alle dreiwertig); kubisch, durchsichtig bis undurchsichtig, Härte nach Mohs 6,6 bis 7,5, D. 3,4 bis 4,6 g cm^{-3}. Die wichtigsten Grundtypen sind 1) **Aluminiumgranate** $X_3Al_2[SiO_4]_3$, z. B. **Pyrop** (rot), **Almandin** (blaurot), **Spessartin** (gelbrot), **Grossular** (grün); 2) **Ferrigranate,** z. B. brauner **Andradit** $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$; 3) **Chromgranate,** z. B. grüner **Uwarowit** $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$. G. kommen am häufigsten kontaktmetasomatisch vor, ferner treten sie als Neubildungen in metamorphen Gesteinen auf und sedimentär in Seifenlagerstätten. Man verwendet G. als Schmucksteine sowie als Schleifmaterial.

Granatwerfer, → Geschütz.

Granit, das verbreitetste Tiefengestein, das aus Feldspat (Orthoklas, weniger Plagioklas), Quarz und Glimmer (Biotit) oder Amphibolen besteht. Seine Struktur ist fein- bis grobkörnig, seltener durch große Feldspäte porphyrartig; die Farbe wird durch den Feldspat bestimmt und ist meist hell (rötlich, gelblich, weißlich, bräunlich). G. ist gesetzmäßig geklüftet (Granittektonik); durch Verwitterung entstehen oft wollsackähnliche Formen, die „Blockmeere" bilden können. Tiefergreifende Verwitterung liefert Grus, tropische Verwitterung Kaolin. Vom G. werden die viel selteneren **Alkaligranite** unterschieden, die durch Alkalipyroxene und -amphibole gekennzeichnet sind. G. entspricht chemisch dem Liparit und dem Quarzporphyr. Die G.e sind in allen Erdteilen weit verbreitet und treten meist in großen Massiven auf. G. ist sehr hart und widerstandsfähig sowie gut teilbar. Er wird deshalb in großem Umfang zu Pflastersteinen, Bau- und Werksteinen verwendet.

Granitisierung, Granitisation, Granitbildung auf dem Wege der → Ultrametamorphose.

Granitporphyr, ein Ganggestein, das wie Granit aus Feldspat, Quarz und wenig dunklen Mineralen besteht und wie Quarzporphyr eine porphyrische Struktur, jedoch deutlich körnige Grundmasse aufweist. G.e (meist mit Biotit) begleiten viele Granite. Aus **Pyroxengranitporphyr** von Beucha in Nordwestsachsen wurde das Völkerschlachtdenkmal in Leipzig erbaut.

Granodine-Verfahren, → Phosphatieren.

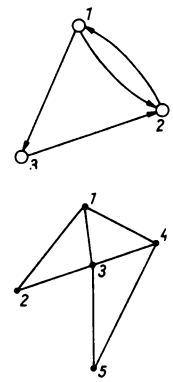
Granodiorit, ein zwischen Granit und Diorit stehendes Tiefengestein.

Granophyr, → ein Quarzporphyr.

Granulieren, → Stückigmachen.

Granulit, ein hochmetamorphes Gestein mit schiefrigem Gefüge, das — ähnlich der Zusammensetzung von Granit — unter anderem aus Quarz, Feldspat und (statt Biotit) Granat besteht.

Graph, in verschiedenen Teilgebieten der Mathematik ein ebenes Schema, das aus Knotenpunkten und Kanten besteht. Die **Knotenpunkte** sind dabei beliebige, durch einen kleinen Kreis oder einen Punkt markierte und meist durch eine Zahl bezeichnete Punkte der Ebene. Die **Kanten** sind Verbindungslinien von je zwei Knotenpunkten, bei denen festgelegt sein kann, welcher der beiden Punkte Anfangspunkt und welcher Endpunkt ist. In diesem Fall wird der Endpunkt der Kante durch eine Pfeilspitze markiert, und man spricht von einem **gerichteten G.**, andernfalls von einem **ungerichteten G.** Ein *Weg* durch einen G. ist festgelegt durch eine wiederholungsfreie Folge von Knotenpunkten, von denen je zwei aufeinanderfolgende durch eine Kante (in der richtigen Richtung) verbunden sind. Der abgebildete ungerichtete G. enthält z. B. einen Weg vom Knotenpunkt 1 zum Knotenpunkt 2, der durch die Folge 1,4,5,3,2 gegeben ist. Von einem **zusammenhängenden G.** spricht man, wenn es zwischen je zwei seiner Knotenpunkte mindestens einen verbindenden Weg gibt. Ein Knotenpunkt,



Graph: oben gerichtet, unten ungerichtet

der von keiner Kante erreicht wird, heißt ein **isolierter Punkt.**

Lit. König: Theorie der endlichen und unendlichen G.en (Leipzig 1936).

graphische Darstellung, Diagramm, Schaubild, die zeichnerische Darstellung des Zusammenhangs zwischen den Zahlenwerten zweier oder mehrerer Größen. Die Größen, deren Veränderlichkeit gezeigt werden soll, können z. B. durch Strecken, Flächen, Winkel in verschiedenen Abmessungen (oder auch verschiedenen Farben) dargestellt werden. Am wichtigsten für die Naturwissenschaft ist das Auftragen einer funktionalen Abhängigkeit $y = f(x)$ als Kurve in einem Koordinatensystem, meist den rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten (Millimeterpapier). Für bestimmte Zwecke können abweichende Formen gewählt werden. — Die g. D. dient auch häufig als Hilfsmittel zur (wenigstens angenäherten) Lösung mathematischer Aufgaben, deren rechnerische Behandlung Schwierigkeiten bereitet.

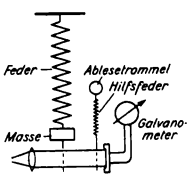
graphisches Rechnen, svw. → Nomographie.

Graphit, chemisch die hexagonal kristallisierende Modifikation (Schichtgitter) des Kohlenstoffs; Härte nach Mohs 1, D. 2,1 bis 2,3 g cm^{-3}. G. ist sehr weich, fühlt sich fettig an und zeigt geringen Metallglanz. G. ist ein guter elektrischer Leiter und Wärmeleiter. Erhitzt man G. unter einem Druck von 100000 at mehrere Stunden auf etwa 3000 °C, so wandelt er sich in Diamant um. Chemisch ist G. reaktionsfähiger als Diamant.

Natürlicher G. findet sich z. B. in kristallinen Schiefern **(Graphitschiefer).** Synthetisch gewinnt man ihn nach dem *Acheson-Verfahren.* Dabei werden Koks und Quarz (Siliziumdioxid SiO_2) im elektrischen Ofen auf 2000 bis 2200 °C erhitzt. Die Bildung des G.s führt man darauf zurück, daß entweder die im Koks vorliegenden kleinen Graphitkristalle größer werden oder daß zunächst Siliziumkarbid SiC entsteht, das in G. und Silizium zerfällt. Man verwendet G. vor allem zur Herstellung von Schmelztiegeln, hitzebeständigen Schwärzungsmitteln, Reaktionsgefäßen, Elektroden, Bürsten für Generatoren und Elektromotoren, Bleistiften, in Öl kolloidal gelöst als Schmier- und Rostschutzmittel. In Kernreaktoren dient er wegen seiner Fähigkeit, schnelle Neutronen abzubremsen, als Moderator.

Lit. U. Hofmann: G. (Berlin 1957); Humann: Der G. (Berlin 1953); Kunowski: Die Verwendung von G. in Schmiermitteln (Garmisch-Partenkirchen 1951).

Grasmäher, ein Erntebergungsgerät für Futterpflanzen. Nach dem Antrieb unterscheidet man Gespanngrasmäher, Anhängegrasmäher und Motormäher. 1) **Gespanngrasmäher** mit Bodenantrieb bestehen im wesentlichen aus dem zweirädrigen Fahrgestell mit dem Getriebe, aus dem verstellbaren Hilfsrahmen mit dem Mähwerk, der Aufzugsvorrichtung für das Mähwerk, der Deichsel mit der Zugvorrichtung und dem gefederten Fahrersitz. Das gewöhnlich an der rechten Seite angebrachte → *Mähwerk* schneidet die Halme mittels eines hin- und herbewegten Messers. Der Antrieb des Messers erfolgt von den Laufrädern über Getriebe, Kurbelscheibe und Kurbelstange. Die eisernen *Laufräder* des G.s haben auf ihrem Umfang Längs- und Querrippen zur Vermeidung von Schlupf beim Bodenantrieb. Es gibt auch G. mit luftbereiften Rädern. Mit einer *Aufzugsvorrichtung* kann das Mähwerk gehoben und gesenkt werden. Gespanngrasmäher können mit einem Aufbaumotor zum Antrieb des Mähwerkes ausgerüstet werden; daneben gibt es auch Gespanngrasmäher mit fest eingebautem Mähwerkmotor. Durch den Motor wird die Schnittleistung von der Fahrgeschwindigkeit unabhängig.



Graf-Gravimeter

2) **Anhängegrasmäher.** Von Traktoren gezogene G. mit Bodenantrieb haben im wesentlichen denselben Aufbau wie Gespanngrasmäher; statt der Deichsel ist eine besondere Anhängevorrichtung (Zugschere) vorhanden. Beim **Zapfwellengrasmäher** erfolgt der Antrieb des Mähwerkes nicht von den Laufrädern, sondern über eine Zapfwelle vom Traktormotor.

3) **Motormäher** sind von einem Verbrennungsmotor angetriebene, einachsige, mit einem Mähwerk versehene Maschinen, die an Sterzen gelenkt werden. Das Mähwerk ist dabei gewöhnlich frontal angeordnet. Meistens sind diese Motormäher als Einachstraktor ausgebildet, wobei das Mähwerk gegen andere Arbeitswerkzeuge ausgetauscht werden kann.

Großflächenmähmaschinen für den Einsatz auf großen Flächen (Steppen u. a.) sind in der Regel mit mehreren Mähwerken ausgestattet.

Frontmäher sind G. mit frontal angebrachtem Mähwerk.

Am G. können verschiedene Zusatzeinrichtungen, wie Grünfuttersammler, Grünfutterschwadenableger, Anhaublech u. a., angebracht werden.

Grat, 1) die hervorspringende Schnittkante zweier Dach- oder Gewölbeflächen. Unterschied: → Kehle.

2) ein scharfer, oft rissiger, überstehender Rand, der beim Abscheren, Gießen, Schmieden und Zerspanen metallischer Werkstücke entsteht. Er muß durch Entgraten (Abgraten) oder Abziehen beseitigt werden.

Gratverbindung, → Holzverbindungen.

grauer Strahler, → schwarzer Körper.

Grauguß, gießbare Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, die meist mehr als 1,7 % Kohlenstoff enthalten, die Hauptmenge davon in Form von Graphitlamellen. G. wird aus Roheisen allein und/oder aus Gußbruch, Stahlschrott und anderen Zusätzen unter Zugabe von Koks im Kupolofen erschmolzen, in Formen gegossen und im allgemeinen keiner zusätzlichen Wärmebehandlung unterzogen. G. besitzt nur eine geringe Zugfestigkeit, jedoch eine hohe Druckfestigkeit und gute Dämpfung (Anwendung für Maschinenfundamente). Durch Zusätze von z. B. Magnesium zur Graugußschmelze wird die Graphitausbildung kugelförmig (sphärolithisches Gußeisen, Gußeisen mit Kugelgraphit). Dadurch wird die Zugfestigkeit verbessert, die guten Dämpfungseigenschaften gehen aber zurück.

Lit. Poetter: G. (Berlin 1954).

Graupel, eine Form der → Hydrometeore.

Grauspießglanz, svw. → Antimonit.

Grauwacke, Sammelname für graue, wenig definierbare paläozoische Trümmergesteine und Tonschiefer. Sie enthalten wechselnde Mengen von Quarz, Feldspat, dunkle Gemengteile und sind mit Gesteinsbruchstücken stark verfestigt. G. wird als Pflaster-, Mühl- und Baustein verwendet.

Gravieren, ein spanendes Fertigungsverfahren. Dabei werden Figuren, Verzierungen, Buchstaben u. a. in ein Werkstück aus Metall, Plast, Elfenbein, Bernstein usw. mittels Stichel, Meißel oder Punze (gehärtetes Stahlstäbchen mit Aufschlag- und Arbeitsfläche) eingefurcht oder aus dem Werkstoff erhaben herausgearbeitet. Bei Glas oder Edelsteinen verwendet man Metallscheiben. Bei der **Graviermaschine** wird das Muster von einer Schablone mit einem verkleinernden Pantograph übertragen und durch Werkzeuge, die in eine Gravierspindel eingespannt sind, in das Werkstück gefräst (→ Druckplattengraviermaschine).

Lit. Streubel: Handb. der Gravierkunst (3. Aufl. Leipzig 1959).

Gravimeter (Abb.), geophysikalisches Gerät zur Bestimmung der Schwereintensität (Größe der Schwerkraft). Das Meßprinzip beruht a) auf der Längenänderung einer vertikal aufgehängten

Feder unter Einfluß der Schwerkraft oder b) auf Neigungsänderung eines an einem horizontal gespannten Torsionsfaden oder an einer Feder befestigten Pendels oder c) auf der Durchbiegung einer mit einem Gewicht versehenen Blattfeder oder d) auf der Frequenzänderung einer durch ein Gewicht gespannten, schwingenden Saite bei Änderung der Erdanziehung. Die Meßgenauigkeit liegt im Feldbetrieb bei 0,05 mGal (Milligal).

Gravimetrie, 1) **Gewichtsanalyse,** ein Verfahren der quantitativen chemischen Analyse. Bei der G. wird der zu bestimmende, abgewogene und gelöste Stoff durch geeignete Fällungsmittel oder elektrolytische Verfahren als Element oder definierte stabile Verbindung aus der Lösung abgeschieden, gewaschen und getrocknet bzw. durch Erhitzen in eine wägbare Verbindung bekannter Zusammensetzung überführt. Zur quantitativen Abscheidung des zu bestimmenden Stoffes muß das Fällungsmittel im Überschuß zugesetzt werden. Aus der Menge des Endproduktes wird die Menge des zu bestimmenden Stoffes errechnet.

Lit. → Analyse.

2) Geophysik: eine Methode zum Messen des Schwerefeldes an einzelnen Stellen der Erde. Die G. dient zur Untersuchung der Figur der Erde, des geologischen Aufbaues der festen Erde und ihrer Gezeiten. Die Schwerewerte sind abhängig von der Verteilung leichterer und schwererer Massen in der Erdkruste. Aufwölbungen dichterer Schichten oder Einlagerungen spezifisch schwerer Massen im Untergrund verursachen positive Abweichungen der Normalschwere. Senken und Einlagerungen spezifisch leichterer Massen rufen negative Abweichungen hervor. Auf Grund dieser *Schwereanomalie* dient die G. indirekt auch zum Aufsuchen von Lagerstätten, die sich bevorzugt in bestimmten Strukturen der Erdkruste finden (z. B. Erdöl), sowie solcher Bodenschätze, die sich in der Dichte von ihrem Nebengestein unterscheiden (Erze, Salze). Instrumente zum Messen der Schwereintensität sind Pendel und Gravimeter, zum Messen des horizontalen Schweregradienten dient die Eötvössche Drehwaage.

Lit. Molodenski: Grundbegriffe der geodätischen G. (dtsch Berlin 1958).

Gravitation, svw. → Massenanziehung.

Graviton, Gravitationsquant, das dem Gravitationsfeld zugeordnete Quant (→ Quantentheorie der Felder). Es hat wahrscheinlich die Ruhmasse 0 und den Spin 2. Seine Existenz ist noch nicht gesichert.

grd, Kurzz. für Grad als Temperaturdifferenz in der Kelvinskale und der Celsiusskale (ohne das betr. Kurzzeichen zu schreiben).

Grège, → Naturseide.

Greifer, ein an Kranen, Baggern und Ladern angebrachtes Lastaufnahmemittel für Schüttgut (Kohle, Erz, Erde, Sand o. a.). Der G. besteht aus zwei oder mehr schaufelartigen Schalen, die sich durch die Eigenlast des G.s beim Schließen in das Fördergut eingraben und füllen. Die Schalen können durch ein Seil **(Einseilgreifer),** zwei Seile (**Zweiseilgreifer,** Abb.), einen Hydraulikkolben **(hydraulischer G.)** oder einen Motor im G. **(Motorgreifer)** bewegt werden. Der Zweiseilgreifer wird auch als **Stangengreifer** bezeichnet, weil die Greiferschalen durch Stangen mit der oberen Greifertraverse verbunden sind. Der Stangengreifer erfordert ein Windwerk mit zwei Trommeln (einer Hub- oder Haltetrommel und einer Schließtrommel), die sich unabhängig voneinander einschalten und abbremsen lassen. Der **Polypgreifer** hat mehrere im Kreis angeordnete gebogene Arme, die mit den Klauen tief in das Fördergut eingreifen. Sind statt der Arme Schalen angebracht, spricht man von einem **Mehrschalengreifer.** Ein solcher G. ist z. B. der Druckluftgreifer, bei dem die Schalen durch Druckluft geschlossen werden. Er wird, an einem Seil hängend, besonders beim Abteufen von Schächten verwendet. Mit **Trimmgreifern,** die eine sehr große Greifweite haben, kann man auch am Boden und in Ecken von Räumen (z. B. Schiffsladeräumen) arbeiten, wobei das Fördergut zusammengescharrt wird. Für Rundholz u. ä. gibt es G. mit Zangen **(Zangengreifer).**

Greisen *m*, durch pneumatolytische Einwirkung umgewandelter Granit, dessen Feldspäte und Glimmer durch Quarz und lithiumhaltige Glimmer ersetzt sind. G. enthält oft auch noch Topas, Turmalin und Erze (Zinnstein, Wolframit). Manche G. sind als Zinnsteinlagerstätten wichtig.

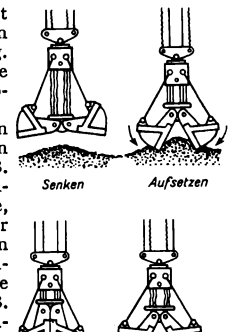
Grenzfläche, Fläche, die zwei Stoffe oder Phasen eines thermodynamischen Systems voneinander trennt. Zwischen folgenden Phasenpaaren sind G.n möglich: flüssig–gasförmig, flüssig–flüssig, fest–gasförmig, fest–flüssig, fest–fest. Eine G. gegen Gase oder Dämpfe heißt Oberfläche. Senkrecht zu einer G. ändern sich Dichte oder Zusammensetzung des Systems innerhalb molekularer Größenordnungen sehr stark. An G.n können deshalb die verschiedensten z. T. sehr verwickelten **Grenzflächenerscheinungen** auftreten. Zu ihnen gehören Adsorption, Oberflächenspannung, Kapillarität, thermo- und photoelektrische Effekte, Elektronenemission überhaupt, Vorgänge an Elektroden bei der Elektrolyse u. a. Bei Phasenumwandlungen (Verdampfung, Kondensation, Kristallisation usw.) spielen molekularkinetische Vorgänge an den G.n eine entscheidende Rolle. Für viele Vorgänge in Physik und Technik sind Transporterscheinungen an G.n wichtig: Grenzflächendiffusion, Wärmedurchgang u. a. In der Chemie haben Katalysatoren, deren Wirkung meist auf Grenzflächenerscheinungen beruht, sowie Grenzflächenreaktionen selbst eine sehr vielseitige Verwendung gefunden.

Lit. K. L. Wolf: Physik und Chemie der G. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957).

grenzflächenaktive Stoffe, kapillaraktive Stoffe, oberflächenaktive Stoffe, Tenside, Detergenzien, organisch-chemische Verbindungen, die die Oberflächen- oder Grenzflächenspannung von Flüssigkeiten, besonders von Wasser, verringern. Sie bestehen stets aus einem *hydrophoben (wasserabstoßenden)* Rest, z. B. einer Kohlenwasserstoffkette mit 10 bis 18 C-Atomen oder einem Alkylarylrest, und einer *hydrophilen (wasseranziehenden)* Gruppe, z. B. $-COOMe$, $-OSO_3Me$, $-SO_3Me$, $-NH_2$, $=NH$. Durch die Erniedrigung der Oberflächenspannung wird eine bessere Benetzung, Emulgierbarkeit oder Dispergierbarkeit erzielt. Die grenzflächenaktive Wirkung ist von der Größe des hydrophoben Restes abhängig. Zu den g.n S.n gehören die Waschgrundstoffe (→ Waschmittel), die Netzmittel, die Emulgatoren und die Dispergiermittel.

Nach der chemischen Konstitution teilt man die g.n S. ein in 1) **anionaktive Stoffe,** bei denen die hydrophobe Gruppe beim Anion ist, z. B. Salze der Karbonsäuren, Salze saurer Schwefelsäureester (z. B. Fettsäuresulfate, Alkylsulfate, Fettsäurekondensationsprodukte), Salze echter Sulfonsäuren (z. B. Alkylsulfonate, Sulfonate von Fettsäuren, Alkylbenzol- und Alkylnaphthalinsulfonate); 2) **kationaktive Stoffe,** bei denen die hydrophobe Gruppe beim Kation steht, z. B. quaternäre Ammoniumsalze, Alkylpyridiniumverbindungen; 3) **nichtionogene Stoffe,** die nicht in Ionen spaltbar sind, z. B. Polyalkoholmonoester und Polyglykoläther; 4) **Ampholyte,** die innere Salze bilden. Sie werden eingeteilt in Alkylbetaine und Sulfobetaine.

Die g.n S. werden vor allem als Wasch- und Reinigungsmittel für den Haushalt gebraucht,



Wirkungsweise eines Zweiseilgreifers

außerdem in der Erdöl-, Zement-, Baustoff-, Metall-, Textil-, Lebensmittel- und kosmetischen Industrie.

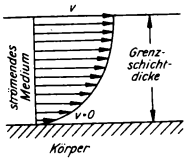
Lit.: Gawalek: Wasch- und Netzmittel (Berlin 1962; Lindner: Tenside-Textilhilfsmittel-Waschrohstoffe, 2 Bde (2. Aufl. Stuttgart 1964); G. S. in der Waschmittel- und Textilhilfsmittel-Industrie (Berlin 1963).

Grenzkohlenwasserstoffe, svw. → Alkane.

Grenzlehre, → Lehre.

Grenzmaße, in der Meßtechnik die Maße (Größtmaß und Kleinstmaß), zwischen denen das → Istmaß und das → Paarungsmaß des Prüflings beliebig liegen darf, → Toleranz.

Grenzschicht, 1) der durch Reibung an einer festen Oberfläche abgebremste Teil der Strömung. Die Grundlage zur Berechnung der G. wurde 1904 von dem deutschen Physiker Prandtl durch die nach ihm benannten Prandtlschen Grenzschichtgleichungen geschaffen. Bei der Umströmung eines Körpers bildet sich an der Oberfläche (Grenzfläche) vom Staupunkt ausgehend eine dicker werdende Schicht, in der das strömende Medium durch Reibung abgebremst wird. Hierbei haften die innersten Strömungsteilchen durch Adhäsion am festen Körper und haben die Geschwindigkeit $v = 0$, während die Strömung mit zunehmender Entfernung vom Körper immer schneller gleitet, bis schließlich die volle Strömungsgeschwindigkeit erreicht wird **(Grenzschichtprofil).** Das hinter dem Körper abströmende Grenzschichtmaterial wird als → Nachlauf bezeichnet. Die G. ist bestimmend für den Oberflächen- (Reibungs-) Widerstand des umströmten Körpers und der Ausgangspunkt für Wirbelbildungen. Ihr wird der Druck der umgebenden Strömung aufgeprägt, so daß bei starker Verzögerung das energieärmere Grenzschichtmaterial den Druckanstieg in Strömungsrichtung nicht überwinden kann und sich unter Wirbelbildung von der Körperoberfläche ablöst. Das verwirbelte Gebiet abgelöster Strömung in einem Strömungsfeld wird als *Totwasser* bezeichnet. Es wird durch eine Trennungs- oder Diskontinuitätsfläche (→ Strömungslehre) von der gesunden, d. h. nicht verwirbelten Strömung getrennt. Durch Grenzschichtbeeinflussung kann die Grenzschichtablösung weitestgehend vermieden werden. Hierbei wird entweder das energiearme Grenzschichtmaterial abgesaugt oder aber durch Einblasen von energiereichem Material erneut beschleunigt. Die G. ist anfangs laminar (→ Strömungslehre) und kann bei Erreichen des Umschlagpunktes in Strömungsrichtung turbulent werden. Auf Grund der intensiveren Mischbewegung in der turbulenten G. sind hier die Schubspannungen und damit die Energieverluste größer. Man versucht deshalb oft, durch entsprechende Formgebung, die eine beschleunigte Strömung bewirkt, die G. laminar zu halten (→ Laminarprofil). Die *Verdrängungsdicke* der G. gibt die äquivalente Dicke an, die der Verdrängungswirkung infolge der Abbremsung in der G. entspricht. Analog wurden für den Impulsverlust und den Energieverlust in der G. die *Impulsverlustdicke* und die *Energieverlustdicke* definiert. In neuerer Zeit haben die Erkenntnisse der Grenzschichttheorie entscheidende Bedeutung für Probleme des Wärme- und Stoffaustausches gewonnen.



Grenzschichtprofil

Lit. Schlichting: Grenzschicht-Theorie (5. Aufl. Karlsruhe 1965).

2) **planetarische G.,** die unterste, auf dem Erdboden aufliegende Luftschicht, die von der Bodenreibung beeinflußt wird.

Grenzwelle, Bezeichnung für eine elektromagnetische Welle mit einer Frequenz zwischen 1605 und 2850 kHz und einer Wellenlänge zwischen 105 und 187 m. G.n werden für verhältnismäßig kurze Entfernungen im kommerziellen Funk, z. B. im Seefunk, eingesetzt.

Grenzwert, Limes, ein Begriff von grundlegender Bedeutung für die gesamte Analysis, da ein erheblicher Teil ihrer Untersuchungen auf G.-Betrachtungen beruht. Er gestattet eine exakte Formulierung von unendlichen, in der Praxis nicht ausführbaren Prozessen. Eine Zahl g heißt *G. einer* (unendlichen) *Zahlenfolge* $\{x_n\} = x_1, x_2, \ldots, x_n, \ldots$ (→ Folge), wenn sich die Glieder x_n für wachsendes n dieser Zahl g unbegrenzt nähern, d. h., wenn man zu jeder beliebig kleinen, fest vorgegebenen positiven Zahl ε eine ganze positive Zahl N (im allgemeinen von ε abhängig) angeben kann, so daß für alle Glieder x_n der Folge mit dem Index $n > N$ die Beziehung $|x_n - g| < \varepsilon$ gilt. Man drückt dies aus durch die Schreibweise $\lim\limits_{n\to\infty} x_n = g$ (gelesen: limes x_n für n gegen Unendlich gleich g) oder auch einfach durch $x_n \to g$. So hat z. B. die Folge $\{x_n\}$ mit $x_n = \frac{n+1}{n}$ den G. $g = 1$; denn $|x_n - 1| = \left|\frac{n+1}{n} - 1\right| = \frac{1}{n}$ wird mit wachsendem n beliebig klein. Für G.e gelten eine Reihe für die praktische Rechnung wichtiger Sätze, z. B.: Aus $a_n \to a$ und $b_n \to b$ folgt $a_n + b_n \to a + b$; $a_n - b_n \to a - b$; $a_n \cdot b_n \to a \cdot b$ und für $b \neq 0$ $a_n : b_n \to a : b$. Wichtig für die Infinitesimalrechnung ist der Begriff des *G.s einer Funktion* $y = f(x)$. Wenn für jede Zahlenfolge $\{x_n\}$ mit $x_n \to a$, $x_n \neq a$ die Folge der zugehörigen Funktionswerte $\{f(x)\}$ gegen ein und denselben G. A strebt, so bezeichnet man diesen als G. der Funktion $y = f(x)$ im Punkt $x = a$, also $\lim\limits_{x\to a} f(x) = A$. Damit gleichbedeutend ist die Aussage: Zu jeder beliebig kleinen positiven Zahl ε gibt es eine positive Zahl $\delta(\varepsilon)$, so daß für alle x mit $x \neq a$, $|x - a| < \delta$ die Ungleichung $|f(x) - A| < \varepsilon$ erfüllt ist.

griechisches Alphabet. Die Buchstaben des griechischen Alphabets werden in Mathematik, Physik, Chemie usw. vielfach zur Bezeichnung von Größen u. a., z. B. Winkeln, verwendet.

Name	Buchstaben		Umschrift	Name	Buchstaben		Umschrift
Alpha	A	α	a	Ny	N	ν	n
Beta	B	β	b	Xi	Ξ	ξ	x
Gamma	Γ	γ	g	Omikron	O	o	o
Delta	Δ	δ	d	Pi	Π	π	p
Epsilon	E	ε	e	Rho	P	ϱ	r(h)
Zeta	Z	ζ	z	Sigma	Σ	$\sigma\ \varsigma$	s
Eta	H	η	e	Tau	T	τ	t
Theta	Θ	ϑ	th	Ypsilon	Y	υ	y
Jota	I	ι	i	Phi	Φ	φ	ph
Kappa	K	$\varkappa$	k	Chi	X	χ	ch
Lambda	Λ	λ	l	Psi	Ψ	ψ	ps
My	M	μ	m	Omega	Ω	ω	o

Griesel *f*, eine Form der → Hydrometeore.

Griff, derjenige Teil des → Arbeitsganges, der alle zu einer zweckbestimmten Handlung notwendigen Tätigkeiten umfaßt. Ein G. ist z. B. das Einspannen eines Werkstücks. **Griffelemente** umfassen mehrere einzelne Bewegungen innerhalb eines G.es. Mehrere G.e bilden eine **Griffgruppe.**

Grignard-Verbindungen, eine Form der → metallorganischen Verbindungen.

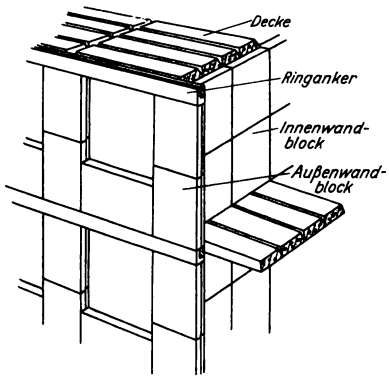
Grisuten, → Chemiefaserstoffe, Übers.

Großblockbauweise, eine Montagebauweise im Hochbau für Typenbauten auf der Grundlage standardisierter Beton- oder Ziegelblöcke. Die G. wird zur Zeit noch für den vier- bis fünfgeschossigen Wohnungsbau eingesetzt. Verwendet werden Leicht- und Schwerbetonblöcke sowie Ziegelblöcke der Laststufe ≦ 800 kp. Blöcke aus Leichtbeton (für Außenwände) oder aus Schwerbeton (für Quer- und Kellerwände) werden in

Betonwerken in Standbatterien oder im Strangverfahren (Gleitfertiger) hergestellt und auf der Baustelle nach einem Montageablaufplan montiert. Die Elemente sind gekennzeichnet und mit dem Fertigungsdatum versehen. Ziegelblöcke werden in der Ziegelei unter Verwendung von Halbautomaten aus Voll- oder Lochziegeln hergestellt.

Die Aussteifung des Bauwerkes bei der G. wird durch das Zusammenwirken der einzelnen Wände, der Geschoßdecken und der in Höhe der Geschoßdecken eingezogenen Ringanker (Ringankerelement und Ortbeton) erreicht. Schwierigkeiten bestehen in der Maßhaltigkeit der Bauelemente und der Fugenausbildung. Nachteile der G. bestehen in der Vielzahl der Kranspiele, dem hohen Fugenanteil und der geringen Komplettierungsmöglichkeit. Deshalb wird die Anwendung der Großplattenbauweise angestrebt.

Lit. Häusler, Grothe u. Hellwig: G. (Berlin 1963).



Konstruktionssystem bei der Großblockbauweise

Großdyn, alte Bezeichnung für → Newton.

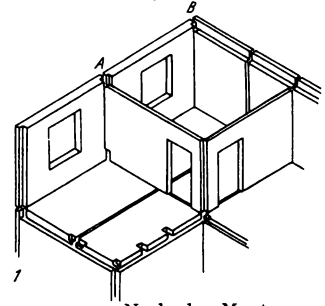
Größe, in der Physik ein Begriff, der qualitative und quantitative Aussagen über meßbare physikalische Zustände oder Vorgänge macht. G.n sind das Produkt aus Zahlenwert und Einheit, z. B. Länge $l = 32{,}34$ m, Geschwindigkeit $v = 3$ km/min $= 50$ m/s $= 180$ km/h.

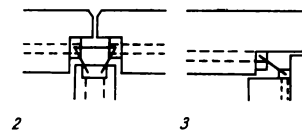
Größenart, die Qualität eines physikalischen Zustandes oder Vorganges, dessen Eigenschaften und Merkmale einzeln weder beobachtet noch gemessen werden können. Alle G.en lassen sich auf eine kleine Zahl von **Grundgrößenarten** zurückführen. Sie werden durch **Größengleichungen** dargestellt, die meist auch Definitionsgleichungen sind. Die Anzahl der erforderlichen Grundgrößenarten hängt von dem betrachteten Gebiet ab. Während man in der Mechanik mit den Grundgrößenarten Länge, Masse und Zeit auskommt, benötigt man für die Elektrotechnik zusätzlich eine elektrische, die Stromstärke, in der Thermodynamik eine thermodynamische, den thermodynamischen Temperaturgrad, für die Photometrie zusätzlich als Grundgrößenart die Lichtstärke. Ergänzend kommen dazu noch der ebene und der räumliche Winkel, Radiant und Steradiant.

Die physikalischen G.en werden durch → Formelzeichen gekennzeichnet, die zum großen Teil international eingeführt sind. (TGL 0-1304).

Großkreis, svw. → Hauptkreis.

Großplattenbauweise (Tafel 40), eine Montagebauweise im Hochbau für Wohn- und Gesellschaftsbauten auf der Grundlage raumwandgroßer Wandelemente. Verwendet werden oberflächenfertige, komplettierte und bewehrte Wandelemente der Laststufe 5 Mp. Die Außenwände haben einen mehrschichtigen Aufbau, Innenwände für die Querwandbauweise bestehen aus Schwerbeton. Die Anfertigung der Großplatten erfolgt stehend in Batterie- oder liegend in Einzelformen, der Transport zur Baustelle auf Spezialfahrzeugen oder auf Paletten. Die Montage wird nach einem festgelegten Montageablaufplan vorgenommen. Nach der Montage und dem Ausrichten werden die Großplatten an einbetonierten Stahlplatten mit Bügel zusammengeschweißt.





1 Konstruktionssystem bei der Großplattenbauweise, *2* Verankerung in Punkt A, *3* Verbindung in Punkt B

Die Vorteile dieser Bauweise gegenüber der Großblockbauweise bestehen in der Verringerung der Kranspiele und im geringen Fugenanteil. Schwierigkeiten bestehen noch in der Maßhaltigkeit der Wandelemente (Einhaltung der zulässigen Toleranzen) und in einem allen Anforderungen entsprechenden Fugenverschluß.

Lit. Herholdt: Plattenbauweise (Berlin 1963).

Größtmaß, → Toleranz.

Grossular, → Granate.

Grotesk, → Schriftarten.

Grubber, ein Bodenbearbeitungsgerät für die Saatbettvorbereitung und zum Stoppelumbruch. Die Werkzeuge des G.s bewirken eine Lockerung, Krümelung, Mischung und Durchlüftung des Bodens. Hauptbestandteile des G.s sind der Rahmen mit Stellvorrichtung und die an ihm befestigten Arbeitswerkzeuge (Zinken). Eingesetzt werden G. für Gespannzug, G. für Traktorzug und Anbaugrubber. Beim **G. für Gespannzug** wird der Rahmen am hinteren Ende von zwei Laufrädern getragen; vorn ruht er auf einem zweirädrigen Vorderkarren oder einem Stützrad. Das Ausheben der Werkzeuge und die Einstellung der Arbeitstiefe erfolgt mittels Handhebel. Beim **G. für Traktorzug** ruht der Rahmen nur auf zwei Rädern; vorn stützt er sich auf dem Traktor ab. Das Ausheben und Einsetzen der Werkzeuge geschieht wie beim Traktorpflug automatisch. Die Arbeitstiefe wird durch eine Spindeleinrichtung reguliert. Der **Anbaugrubber** wird an einem Traktor befestigt und von diesem getragen (→ Anbaugeräte); er ist mit zwei Stützrädern ausgerüstet, die auch bei unebenem Boden genaues Einstellen und einwandfreies Einhalten der Arbeitstiefe gewährleisten. Der **Drehgrubber** ist ein Anbaugrubber mit rotierenden Werkzeugen, die über eine Zapfwelle vom Traktormotor angetrieben werden.

Als Arbeitswerkzeuge besitzt der G. Zinken, bestehend aus Stiel und auswechselbarem Schar. Die Zinken sind meistens in zwei oder drei Reihen hintereinander versetzt am Rahmen befestigt. Nach dem Arbeitswerkzeug unterscheidet man 1) G. mit federnden Zinken, bezeichnet als **Federzahngrubber, Federzinkengrubber, Krümmer, Kultivator** oder auch als **Mischgrubber,** da sie den Boden durch schwingende Bewegung des gefederten Zinkenbügels durcheinanderschleudern und mischen; 2) G. mit halbstarren Zinken, die **Wühlgrubber;** 3) G. mit starren Zinken.

Die auswechselbaren Zinkenschare haben zwei gerade Schneiden mit keilförmigem Profil. Nach

der Form unterscheidet man Gänsefuß-, Wechsel-, Meißel-, Spitz- und Reißschare.

Der **Tiefgrubber** ist ein G. mit starren Zinken, die bis zu einer Tiefe von 100 cm arbeiten. Tiefgrubber werden zur Untergrundlockerung und zur Beseitigung von Pflugsohlenverdichtungen verwendet. Der **Kombinator**, eine Kombination von G. und Krümelwalzenegge, besteht aus einem Rahmen mit mehreren Reihen Grubberzinken und zwei hintereinandergelagerten, ineinandergreifenden Sternwalzen.

Grübchen, → Pitting.

Grubenbahn, eine Schienenbahn zur Beförderung von Kohle oder Mineralen und totem Gestein (Abraum) im Bergbau. **Untertage-Grubenbahnen** werden mit Druckluftlokomotiven oder elektrischen Lokomotiven (aus Akkumulatoren oder aus einer Fahrleitung gespeist) betrieben. Die Schlagwettergefahr im Kohlebergbau schließt den Oberleitungsbetrieb aus. **Übertage-Grubenbahnen** verkehren meist als Zweischienenbahnen, zuweilen als Schmalspurbahnen, meist jedoch mit Normalspur. Hohe Achslasten (bis 30 Mp) erlauben den Einsatz von Selbstentladewagen mit großem Fassungsvermögen. Die Dampfzugförderung ist heute weitgehend durch die elektrische Zugförderung mit Energiezuführung über Fahrleitung abgelöst worden. Als Stromsysteme dienen Gleichstrom mit 1200 oder 2400 V und Einphasenwechselstrom 50 Hz mit 6 oder 10 kV.

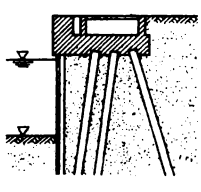
Zur Verstärkung der Lokomotivzugkräfte werden bei langen, steilen Rampen (Tieftagebaue) zusätzlich → Motorkippwagen eingesetzt. Unter Baggern wird die Fahrleitung (Strossenfahrleitung) wegen der Beladung seitlich angeordnet, oft auch vom Bagger gespeist, um die Züge bei der Beladung besonders langsam bewegen zu können (Zugverholung). Das tote Gestein wird durch besondere Abraumbahnen zur Kippe gefahren, das gewonnene Fördergut wird ebenfalls auf dem Schienenweg zur Aufbereitung oder zum Verbraucher (Kraftwerke bei Kohlenförderung) gebracht.

Grubenbrand, ein Schadenfeuer in einem Bergwerk. G. kann entstehen durch Selbstentzündung von anstehender Kohle (Flözbrand) oder von Kohlenstaub (→ Explosion) oder als offener Brand durch Auskochen, d. h. Abbrennen statt Explodieren von Sprengpatronen, durch Maschinenbrände infolge Heißlaufens, Kurzschluß infolge Leitungsschadens, Entzünden von Holzausbau u. a. Zur Warnung werden an verschiedenen Stellen Feuer- und Rauchgasmelder angebracht, zur Verhütung z. B. alle leergeförderten Abbaue versetzt und alle Ausbauhölzer imprägniert. Die Bekämpfung geschieht wie die von Bränden über Tage sowie dadurch, daß man brennende Grubenbaue durch Brandmauern (Dämme) abschließt.

Grubengas, → Methan.

Grubenlampe, → Geleucht.

Grubenrettungswesen, die Gesamtheit aller Maßnahmen, die das Vorgehen und Arbeiten vor allem in schädlichen Gasen, die Rettung von Menschenleben, die Bergung von Verunglückten, den Schutz von Anlagen und Geräten sowie Maßnahmen zur Sicherung der Produktion umfassen. Jede Grube verfügt je nach Größe über eine eigene freiwillige **Grubenwehr** (Grubenrettungsstelle, Stützpunkt, Gasschutzstelle), zu deren Unterstützung in den Bezirksrettungsstellen sowie in den zentralen Rettungsstellen hauptamtliche oder freiwillige Grubenwehren zur Verfügung stehen. Die der Obersten Bergbehörde unterstehende Hauptrettungsstelle übernimmt die Anleitung des gesamten G.s. Die Stärke der Grubenwehr soll 2 bis 4 % der Belegschaft betragen, kleine Gruben mit geringer Belegschaft stellen mindestens ortskundige Führer für die betreuende Grubenwehr der Nachbargrube. Der Einsatz in Ernstfällen erfolgt nach einem Havarieplan, der alle notwendigen Maßnahmen vorsieht und alle wichtigen Unterlagen das Werkes enthält. Für das Vordringen in giftigen Gasen und Brandschwaden ist die Grubenwehr mit tragbaren → Atemschutzgeräten ausgerüstet, meist mit Kreislaufgeräten, ferner verfügt sie über → Beatmungsgeräte, Meßgeräte für Wetterzusammensetzung, Tragen u. dgl., in großen Gruben auch über Rettungssonden (→ Rettungsbohrung). In schlagwettergefährdeten Gruben muß jedes Belegschaftsmitglied einen CO-Filter-Selbstretter mitführen, der die Flucht in Grubenbaue mit normalen Wettern ermöglicht.



1 Pfahlgründung

Grundablaß, ein tiefliegender Durchlaß in Stauanlagen zum vollständigen Entleeren des Stauraumes; bei → Wehren verschließbare Öffnung (im einfachsten Fall durch → Schütze), bei → Talsperrren Rohrleitung in Höhe der Talsohle oder darunter mit Rechen, Not- und Regulierverschluß. Der G. wird unter Umständen auch zur Hochwasserentlastung herangezogen.

Grundbau, alle Baugrunduntersuchungs-, Projektierungs- und Ausführungsarbeiten, die zur → Gründung eines Bauwerkes erforderlich sind.
Lit. → Gründung.

Grundlast, → Belastung.

Grundlinie, die → Basis.

Grundrechenarten, Grundoperationen, die Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Mit Hilfe der G. erklärt man in der Mathematik weitere Rechenarten, wie Potenzieren, Radizieren, Logarithmieren.

Grundschicht, → Troposphäre.

Grundschleppnetz, ein → Fischfanggerät.

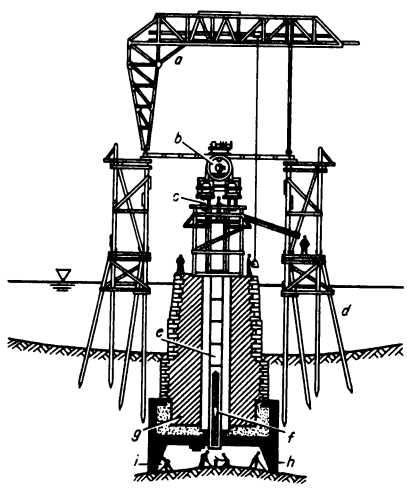
Grundton, → Tongemisch.

Gründung, alle Arbeiten, die mit der Herstellung von Bauwerksfundamenten zusammenhängen.

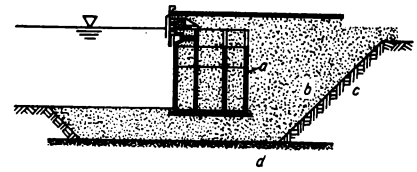
1) **Flächengründungen.** a) Bei der **G. in offener Baugrube (G. auf dem Lande)** wird das Bauwerk in einer wasserfreien oder bei Grundwasserandrang in einer durch Wasserhaltung trockengelegten → Baugrube auf den tragfähigen Untergrund gesetzt. Wenig mächtige nichttragfähige Schichten werden durch Kiespolster ersetzt, mächtigere weiche Schichten durch Kiesschüttung oder Sprengung zur Seite gedrängt (Dammbau im Moor). Sandboden verfestigt man durch Zementeinpressung, durch Pfähle oder durch Spezialmaßnahmen (→ Injektion). Spalten und Klüfte im Gestein werden durch Injektionen von Zementmilch oder besonderen Chemikalien verpreßt (bei Talsperren, Brückenpfeilern). Im allgemeinen werden Einzel- und Streifenfundamente, Fundamentplatten oder Trägerroste, bei geringer Tragfähigkeit meist nur Fundamentplatten (Stahlbeton) verwendet. b) Bei **G. im freien Wasser** wird das Bauwerk im Schutze einer Umschließung (→ Spundwand, → Fangedamm) errichtet. Der Beton wird entweder durch Wasserhaltung trocken eingebracht oder aber als Unterwasserbeton (→ Beton), nach dessen Erhärtung das Wasser abgepumpt und das Bauwerk im Trocknen hochgeführt wird.

2) **Tiefgründungen.** a) Einzelne **Pfeiler** werden durch Anlage von Schächten auf dem tiefliegenden, tragfähigen Untergrund gegründet. Die Bauwerkslasten werden durch Stahlbetonbalken oder durch Gewölbe abgefangen und auf die Pfeiler übertragen. b) Die **Pfahlgründung** (Abb. 1) wird meist dort angewendet, wo der tragfähige Untergrund tief liegt. Bei stehender Pfahlgründung greifen die Pfähle in den tragfähigen Untergrund ein (Spitzenwiderstand und Mantelreibung), bei schwebender Pfahlgründung erreichen die Pfähle den tragfähigen Untergrund nicht (nur Mantelreibung). Die Pfahlköpfe werden in eine Platte einbetoniert, auf die das Bauwerk aufgesetzt wird (Pfahlrost). c) Die **Brunnengründung**

wird besonders bei tiefen G.en und schweren Auflasten verwendet (Unterbau von Brückenpfeilern, Kaimauern, Molen, Anlegebrücken, Türmen, schweren Gebäuden u. a.). Dabei wird ein oben und unten offener Hohlkörper aus Mauerwerk, Beton, Betonformsteinen, Stahlbeton oder Gußeisen auf einen Brunnenkranz mit einer Stahlschneide aufgemauert, hochbetoniert oder aufgesetzt. Durch die ständig zunehmende Eigenschwere oder durch Zusatzbelastung sinkt der Brunnen in das Erdreich ein (Senkbrunnen). Das Erdreich wird im Inneren des Brunnenkörpers ausgehoben; bei der erforderlichen Tiefe füllt man den Hohlraum ganz oder zum Teil mit Beton aus. Um das Absenken des Brunnens zu erleichtern, wendet man unter anderem das → Spülverfahren an oder bringt zwischen Brunnenmantel und umgebendes Erdreich eine thixotrope Flüssigkeit (→ Thixotropie) ein. d) Bei der **Druckluftgründung** (Abb. 2) wird der tragfähige Baugrund im Grundwasser oder freien Wasser unter dem Schutz einer Druckluftkammer erreicht. Es ist dies ein unten offener *Senkkasten* (*Caisson*) aus Stahl oder Stahlbeton, aus dem durch Einpressen von Druckluft das Wasser entfernt wird und der somit als Arbeitsraum verwendet werden kann. Die Verbindung zwischen Arbeitskammer (Druckluft) und Baustelle (Außenluft) erfolgt durch Schachtrohre und durch Luftschleusen. Die Druckluftkammer wird mit Beton verfüllt und bildet einen Bestandteil des späteren Bauwerkes. Die Druckluftgründung wird dort angewendet, wo ein Bauwerk im Trockenen bei stärkstem Wasserandrang, großer Tiefe oder schwierigen Untergrundverhältnissen (Hindernisse im Boden) hergestellt werden muß, z. B. bei Brückenarbeiten, Hafenarbeiten. Die größte erreichbare Tiefe unter dem Wasserspiegel beträgt etwa 35 m. e) Bei der **Taucherglockengründung** wird ein mit Spindeln am Gerüst hängender Senkkasten (Taucherglocke) verwendet, der mit dem Höherführen des von seinem Arbeitsraum überdeckten Bauwerkes angehoben und schließlich abgehoben wird (wiedergewonnene Druckluftkammer). Die Taucherglockengründung wird angewendet bei Arbeiten auf der Gewässersohle, für das Verzimmern von hölzernen Pfahlrosten sowie für das Schließen von Fugen zwischen Betonblöcken, Schwimmkästen, Senkkästen usw. f) Bei der **Blockgründung** (Abb. 3) werden von Schwimmkränen große massive Blöcke versetzt. Diese G. wendet man für Kaimauern, Molen u. dgl. an. g) Bei der **Schwimmkastengründung** (G. im freien Wasser, Abb. 4) werden Hohlkästen aus Stahlbeton schwimmend zur Baustelle gebracht, mit Steinen, Sand oder Kies gefüllt und abgesenkt. Die Gründungssohle muß zuvor eingeebnet und durch Steinschüttungen vorbereitet werden. h) Bei der **Gefriergründung**, die man bei sehr großen Gründungstiefen, z. B. beim Teufen von Schächten, anwendet, werden rings um die Baugrube Bohrrohre bis zur wasserundurchlässigen Schicht eingebracht und tiefgekühlte Flüssigkeit eingeleitet, die einen wasserdichten Mantel aus gefrorenem Boden herstellt. So geschützt, wird der Boden im Trockenen ausgehoben und das Bauwerk errichtet.



2 Druckluftgründung eines Strompfeilers. *a* Kran, *b* Drucklufterzeuger, *c* Einsteigluken, *d* Führungsgerüst, *e* Förderschacht, *f* Förderkorb, *g* Aufbau des Strompfeilers (Betonfüllung), *h* Senkkasten, *i* Arbeitsraum



4 Schwimmkastengründung einer Kaimauer. *a* Schwimmkasten, *b* Sandschüttung, *c* weicher Boden, *d* fester Sand

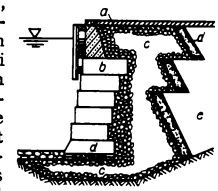
3) **Maschinengründung.** Der Unterbau von Maschinen wird durch die von den Maschinen ausgehenden dynamischen Kraftwirkungen in Schwingungen versetzt, die sich in den Baugrund fortpflanzen. Die Gründungskörper sollen die Schwingungen und Stöße dämpfen und von benachbarten Bauteilen durch eine Fuge (Luftspalt) getrennt sein. Maschinenfundamente werden heute ausschließlich aus Beton oder Stahlbeton hergestellt.

Besondere Gründungsmaßnahmen. In *Bergsenkungsgebieten* mit zusammenbrechenden, vom Bergbau verursachten Hohlräumen und in *Erdfallgebieten* mit einstürzenden, natürlich entstandenen Hohlräumen müssen die Fundamente durch entsprechende Bewehrung (→ Stahlbeton) so ausgebildet sein, daß entstehende Spannungen aufgenommen bzw. Bruchstellen überbrückt werden, oder die Gebäude werden durch Dreipunktlagerung gestützt. In *Erdbebengebieten* sind bei G.en die bei → Erdbeben auftretenden Horizontalkräfte zu berücksichtigen.

Lit. Plagemann u. Langner: Die G. von Hoch- und Ingenieurbauten (Leipzig 1958); Wedler u. Luetkens: Bauten im Bergsenkungsgebiet (Berlin 1948).

Grundverbesserung, svw. → Melioration.

Grundwasser, das die Hohlräume in der Erdkruste zusammenhängend ausfüllende und sich der Schwerkraft nach bewegende Wasser. Das G. stammt aus den atmosphärischen Niederschlägen. Es sickert in **Grundwasserleitern,** d. h. in durchlässigen Gesteinen, dem Gefälle folgend, weiter. Die Grundwasserleiter sind nach unten durch eine schwerer durchlässige Schicht begrenzt, die die **Grundwassersohle** bildet. Die obere Grenzfläche bezeichnet man bei Grundwasserleitern, die oben nicht von einer schwer durchlässigen Schicht begrenzt werden, als **Grundwasseroberfläche.** In solchen Grundwasserleitern ist das G. nach oben hin frei. Bei Grundwasserleitern dagegen, die von einer schwer durchlässigen Schicht überdeckt sind, nennt man die Oberfläche **Grundwasserdeckfläche.** Unter Grundwasserdeckflächen ist das G. gespannt. Wenn durchlässige und undurchlässige Schichten mehrfach wechsellagern, so bilden die durchlässigen Schichten **Grundwasserstockwerke.** Die Höhe, die freies G. in Brunnen, Bohrlöchern u. a. einnimmt, bezeich-



3 Blockgründung einer Kaimauer. *a* Betonplatte, *b* vorgefertigter Block, *c* Bruchsteine, *d* Schotter, *e* Baggerboden

net man als **Grundwasserspiegel**; bei gespanntem G. spricht man von **Druckspiegel**. Tritt G. zutage, so entstehen → Quellen; in Karstgebieten verursacht es so die → Karsterscheinungen.

Der **Grundwasserstand** ist natürlichen Schwankungen unterworfen, die jahreszeitlich oder durch Klimaänderungen bedingt sind.

Die Absenkung des Grundwasserstandes **(Grundwassersenkung)** kann z. B. durch Anlage von Gräben und Dräns bewirkt werden, ferner durch Pumpen mit dem Ziel, im Trockenen Baugruben auszuheben und Bauwerke zu errichten.

Unerwünschte Absenkungen des Grundwasserstandes werden häufig durch Bergbau, großflächige Abholzungen, Flußregulierungen u. a. hervorgerufen.

Lit. Gießler: Das unterirdische Wasser (Berlin 1958); Müller-Delitzsch: Grundlagen der Grundwassergewinnung (2. Aufl. Leipzig 1952); Pfalz: Grundgewässerkunde (Halle 1951).

Grundzahl, 1) **Kardinalzahl,** eine natürliche (positive ganze) Zahl, z. B. 1, 2, 3, ...; 2) bei Potenzen und Logarithmen svw. → Basis.

Grundzeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

grüner Zinnober, Chrom(III)-oxid, → Chrom.

Grünspan, spanisches Grün, ein Gemisch von basischen Kupfer(II)-azetaten von grüner oder blauer Farbe. G. entsteht z. B. bei der Einwirkung von Essigsäuredämpfen auf Kupfer und Messing in Gegenwart von Luft. Ferner bildet sich G. durch saure Speisen in Kupfergefäßen. Er wird vor allem in der Malerei als Pigment verwendet.

Grünstich, ein → Farbstich.

Gruppe, grundlegender Begriff der Mathematik, insbesondere der modernen Algebra. Die allgemeine Definition einer G. lautet: Eine Menge von Elementen irgendwelcher Art (z. B. von Zahlen, von Transformationen) heißt eine G., wenn in ihr eine Verknüpfung (im allgemeinen Multiplikation genannt) zweier Elemente erklärt ist, die die folgenden Eigenschaften hat: 1) Jedem geordneten Paar a, b von Elementen der Menge ist durch die erklärte Verknüpfungsvorschrift eindeutig ein Element der Menge zugeordnet (meist Produkt der beiden Elemente genannt und mit ab bezeichnet), d. h., durch die Verknüpfung zweier Elemente der Menge entsteht wieder ein Element der Menge. 2) Für je drei Elemente a, b, c der Menge gilt das Assoziativgesetz $a\,(bc) = (ab)c$. 3) Die Menge enthält ein Einselement (Einheitselement, Einheit) e mit der Eigenschaft $ae = ea = a$ für alle Elemente a, d. h., das Produkt eines beliebigen Elements a der Menge mit dem Einselement e (in jeder der beiden Reihenfolgen) ist wieder gleich. 4) Zu jedem Element a der Menge gibt es ein Element b der Menge derart, daß $ab = ba = e$ gilt. b heißt das zu a *inverse* Element und wird mit a^{-1} bezeichnet.

Ist die Verknüpfung kommutativ, d. h. $ab = ba$, so spricht man von *abelscher G.* Man unterscheidet **endliche** und **unendliche G.n**, je nach der Anzahl ihrer Elemente. Die Anzahl der Elemente einer G. heißt ihre *Ordnung*.

Beispiele für die Elemente einer G. sind Permutationen, Matrizen und gewisse geometrische Transformationen. Eine G. bilden z. B. a) die reellen Zahlen ohne die Null, wenn man als Verknüpfung die gewöhnliche Multiplikation nimmt, oder b) die ganzen rationalen Zahlen, wenn man die Addition als Verknüpfungsvorschrift zugrunde legt (die Null ist dann das Einselement, und das Inverse eines Elements ist sein negativer Wert: $e = 0$, $a^{-1} = -a$), oder c) die Drehungen eines gleichseitigen Dreiecks um eine im Dreiecksschwerpunkt zur Dreiecksfläche senkrechte Achse.

Das Rechnen mit G.n, ihre Struktur u. a. untersucht die **Gruppentheorie**. Der Gruppenbegriff spielt in fast allen Gebieten der Mathematik, vor allem in der Theorie der Auflösung algebraischer Gleichungen (→ Galoissche Theorie), in der → Geometrie (Kleins Erlanger Programm), in der Algebra, in der Topologie sowie in der Kristallographie und in der Atomphysik eine wichtige Rolle. Die Gruppentheorie, die sich verhältnismäßig spät entwickelte, entstand zunächst im Zusammenhang mit der Gleichungslehre auf Grund von Untersuchungen über die Eigenschaften endlicher Permutationen, die man als *Gruppeneigenschaften* bezeichnet. Ihre Bedeutung wurde in ihrer Allgemeinheit erst im 19. Jh. klar erkannt. In neuester Zeit hat die Gruppentheorie infolge ihrer vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten große Bedeutung erlangt.

Lit. Alexandroff: Einführung in die Gruppentheorie (dtsch 4. Aufl. Berlin 1964); Baumgartner: Gruppentheorie (Sammlung Göschen); Baruvka: Grundlagen der Gruppoid- und Gruppentheorie (Berlin 1960); Kurosch: Gruppentheorie (Berlin 1953); Kochendörffer: Lehrbuch der Gruppentheorie unter besonderer Berücksichtigung der endlichen G.n (Leipzig 1965); Lugowski: Grundzüge der Algebra, Tl 1 (2. Aufl. Leipzig 1964).

Gruppenbearbeitung, eine Methode in der Fertigung, bei der für einzelne Gruppen von Erzeugnissen, die sich konstruktiv und technologisch ähnlich sind, gleichartige, hochproduktive Fertigungsverfahren festgelegt und gleichartige, schnell umzurüstende Fertigungsmittel eingesetzt werden. Die G. als technologische Methode beeinflußt die Konstruktion, Technologie, Organisation und Wirtschaftlichkeit der Produktion. Die Anwendung der G. ermöglicht den Übergang zu einer höheren Fertigungsart oder Organisationsform des Fertigungsablaufes.

Grundlagen der G. sind 1) die Klassifizierung und Gruppierung der Einzelteile sowie die Bestimmung des Fertigungsablaufes; 2) die Konstruktion von Gruppenvorrichtungen und Werkzeugen sowie der Fertigungseinrichtungen für die Bearbeitung bestimmter Gruppen; 3) die Modernisierung und Spezialisierung der Fertigungseinrichtungen für die Bearbeitung bestimmter Gruppen.

Lit. Mitrofanow: Wissenschaftliche Grundlagen der G. (Berlin 1961); Weitz: G. (Berlin 1962); Organisatorische Grundlagen der G. (Berlin 1965).

Gruppengeschwindigkeit, die Ausbreitungsgeschwindigkeit einer Wellengruppe. Eine Wellengruppe besteht aus verschiedenen Wellen (mit nur wenig voneinander abweichenden Wellenlängen), die zusammen nur einen bestimmten Raumbereich ausfüllen und sich als Ganzes fortbewegen (Wellenpaket). Sie hat ihr Maximum dort, wo die Phasen der Teilwellen übereinstimmen. Ist die → Phasengeschwindigkeit aller Teilwellen dieselbe, dann stimmen Gruppen- und Phasengeschwindigkeit überein. Bei Dispersion dagegen ist die G. $v_g = v_\varphi - \lambda \cdot \frac{\mathrm{d}v_\varphi}{\mathrm{d}\lambda}$ (v_φ = Phasengeschwindigkeit, $\mathrm{d}v_\varphi/\mathrm{d}\lambda$ = Änderung der Phasengeschwindigkeit mit der Wellenlänge λ). Die G. spielt sowohl in der elektrischen Nachrichtentechnik als auch in der Wellenmechanik eine wichtige Rolle.

Grus, kleine kantige Gesteinskörnungen, die durch Verwitterung von Gesteinen, insbesondere von Granit entstanden sind.

Gs, Kurzz. für → Gauß.

GSC, → Chromatographie.

G-Schicht, → Ionosphärenschichten.

GTMS, Abk. für Gasturbinen-Motorschiff, → Motorschiff.

Guanin, 2-Amino-6-hydroxypurin, ein Baustein der Nukleinsäuren. G. ist in großen Mengen im Guano enthalten. Durch Oxydation entsteht aus G. **Guanidin** (Iminoharnstoff), das technisch aus Zyanamid und Ammoniak gewonnen wird und ein wichtiges Zwischenprodukt bei der Synthese von Kunstharzen ist. Derivate des Guanidins

sind in der Natur weit verbreitet, z. B. Arginin und Kreatin.

Guillochieren, das maschinelle Eingravieren von regelmäßig, aber vielfach verschlungenen Linien in Druckplatten für Geldscheine und Wertpapiere, damit diese nicht nachgeahmt werden können.

Guldinsche Regeln, Baryzentrische Regeln, Pappussche Regeln, zwei Regeln zur Bestimmung der Oberfläche (Mantelfläche) und des Volumens von Rotationskörpern, die durch Drehung einer ebenen Figur um eine in ihrer Ebene liegende, die Figur nicht schneidende Gerade entstehen. 1) Die Oberfläche (Mantelfläche) des Rotationskörpers ist gleich dem Produkt aus der Länge des rotierenden Bogenstücks und dem Weg seines Schwerpunktes. 2) Das Volumen des Rotationskörpers ist gleich dem Produkt aus dem Flächeninhalt der rotierenden Fläche und dem von ihrem Schwerpunkt bei der Drehung zurückgelegten Weg. Beispiel: Das Volumen V des Torus, der bei der Rotation einer Kreisfläche vom Radius r um eine in der Ebene der Kreisfläche liegende Achse entsteht (die vom Mittelpunkt des Kreises den Abstand $a < r$ hat), ist $V = r^2 \cdot \pi \cdot 2a\pi = 2\pi^2 \cdot ar^2$; denn der Inhalt der Kreisfläche ist $r^2 \cdot \pi$, und der von ihrem Schwerpunkt, in diesem Falle dem Mittelpunkt des Kreises, bei der Drehung zurückgelegte Weg ist gleich $2a\pi$. Die Oberfläche des Torus ist $O = 2\pi r \cdot 2\pi a = 4\pi^2 ar$, da die rotierende Bogenlänge $2\pi r$ beträgt. (Abb.)

Die G.n R. sind benannt nach dem Schweizer Mathematiker Guldin, wurden aber bereits von Pappus von Alexandria (um 300) benutzt.

Gummi, *Plur.* die Gummi, 1) G. *m*, Bezeichnung für vulkanisierten → Kautschuk. Man unterscheidet zwischen **Weichgummi**, einem elastischen Material, das 5 bis 10 % Schwefel enthält, und dem nichtelastischen, festen **Hartgummi** mit einem Schwefelgehalt von 30 bis 50 %.

2) G. *n*, der wasserlösliche Bestandteil der **Gummiharze.** Diese sind erhärtete Lösungen von Harzen in gummiartigen Stoffen und kommen in einigen Pflanzen als Milchsäfte vor. Die Gummiharze, z. B. Gummiarabikum und Mastix, werden häufig in der Klebemittelindustrie verwendet.

Gummilinse, → pankratisches System.

Gummistempel-Tiefziehen, Gummipreßverfahren, ein Blechziehverfahren der Kaltumformung zur Herstellung von flachen Hohlteilen mit kleiner Dicke aus ebenen Blechzuschnitten. In einem Stempel eingelegte Gummiplatten drücken beim Niedergang des Stempels den Blechzuschnitt an eine Matrizenform an.

Gummit, → Uranminerale.

Gurt, 1) Hochbau: bei Vollwandstahlträgern svw. → Flansch, bei Fachwerkträgern der oben **(Obergurt)** oder unten **(Untergurt)** durchgehende Stab, je nach Beanspruchung als **Druck-** oder **Zuggurt.**

2) Textiltechnik: → Band.

Gurtbandförderer (Tafel 14), ein Fördermittel (→ Bandförderer) zum stetigen Transport von Stück- oder Schüttgut mittels eines endlosen Gurtbandes. Das Gurtband ist gleichzeitig Zugorgan und stützt sich auf Tragrollen ab. Es ist als Textilgurt ausgeführt, bei nur geringer Belastung und Länge sowie entsprechendem Fördergut mit Kunststoffumkleidung. Größeren Anforderungen genügt der Gummigurt mit Einlagen aus Baumwolle, Zellwolle, Kunstseide, Polyamidfasern oder Stahlseilen. Das Gurtband wird durch Reibschluß von der Antriebstrommel über Motor (in der Regel ein Elektromotor, in Sonderfällen auch ein Verbrennungsmotor) und Untersetzungsgetriebe angetrieben; bei der Elektrotrommel sind Antriebsmotor und Untersetzungsgetriebe innerhalb der Trommel eingebaut. Eine Umlenktrommel dient zum Umlenken und meist auch zum Spannen des Gurtes. Die Spannkräfte werden durch Spanngewichte oder Spannwinden, bei kürzeren G.n auch durch Spindeln erzeugt. Antriebstrommel, Umlenktrommel und Tragrollen sind in einer Stahlkonstruktion gelagert. Bei größeren G.n werden mehrere Tragrollen zu einer Tragrollenstation zusammengefaßt, deren äußere Rollen meist geneigt angeordnet werden, damit der Gurt eine Mulde bildet und mehr Fördergut aufnehmen kann als bei einem geraden Gurt. Größere G. mit Bandbreiten bis zu 2200 mm und Längen bis 4000 m (z. B. für Tagebau) werden als **rückbare G.** ausgebildet (→ Gleisrückmaschinen). Bei G.n mit Girlandentragrollen werden die Tragrollen gelenkig miteinander verbunden oder auf biegsamen Achsen gelagert. Zum Aufhängen der Girlandentragrollensätze verwendet man auch in Längsrichtung des G.s gespannte Drahtseile, die in bestimmten Abständen durch leichte Gerüste unterstützt werden, um zu großen Durchhang zu verhindern. G. dieser Art weisen eine geringe Eigenlast auf, sie haben sich insbesondere im Einsatz unter Tage bewährt. Eine spezielle Bauart ist der → Schleuderbandförderer. G. können auch als → Steilförderer ausgeführt sein.

Lit. Bahr: G. im Bergbau (Freiberg 1959).

Gurtbogen, die rippenförmige Verstärkung eines Kreuz- oder Tonnengewölbes, auch der Mauerbogen zwischen zwei Gewölbejochen.

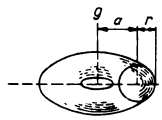
Gurttaschenförderer, Taschenbandelevator, ein Fördermittel, ein Kettenförderer zum meist vertikalen stetigen Transport von empfindlichen Fördergütern, z. B. Bananenstauden, druckempfindlichen Säcken. Der G. kann zu den Becherwerken gezählt werden. Er besteht aus einer endlosen parallelen langgliedrigen Doppellaschenkette, deren Kettenstränge durch Stäbe miteinander verbunden sind. Über die Stäbe ist ein Gurt so in Falten gelegt, daß nach innen offene Taschen entstehen, in die das Fördergut eingelegt werden kann.

Guß, → Gießen.

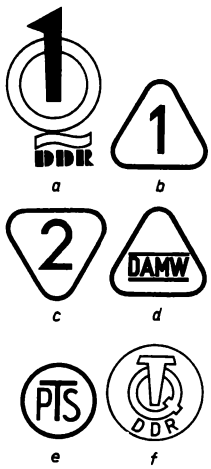
Gußeisen, Eisen-Kohlenstoff-Legierungen mit über 1,7 % Kohlenstoff (meist 2 bis 4 %). G. ist nicht schmiedbar, es besitzt geringe Dehnung und Elastizität, aber hohe Druckfestigkeit. Schnelle Abkühlung des schmelzflüssigen G.s führt zur metastabilen Zementitausbildung (weiße Erstarrung; → Hartguß, → Temperguß), langsame Abkühlung bewirkt eine stabile Gefügeausbildung und Kohlenstoffausscheidung als Graphit (graue Erstarrung; → Grauguß). Unmittelbar aus der Roheisenerzeugung zum Formgießen verwendetes G. nennt man G. erster Schmelzung. Der übliche Gießprozeß verlangt die Einhaltung bestimmter chemischer Zusammensetzungen, die nur durch eine entsprechende Auswahl der Einsatzstoffe im Kupolofen erfolgen kann. Das so umgeschmolzene Roheisen nennt man G. zweiter Schmelzung.

Gütefaktor, → Dämpfung.

Gütezeichen, Kennzeichen in der DDR gefertigter industrieller oder handwerklicher, klassifizierter oder nicht klassifizierter Erzeugnisse, die bestimmten, vielfach in Standards festgelegten Bedingungen in bezug auf ihre Funktionstüchtigkeit für den vorgesehenen Verwendungszweck entsprechen. Die G. dienen dem Schutz der Verbraucher, und zwar sowohl in der individuellen als auch in der produktiven Konsumtion in einer nur unter sozialistischen Produktionsverhältnissen möglichen Weise. Sie sind gleichzeitig ein wichtiges Mittel zur Gütesteigerung, besonders dann, wenn ihre Zu- und Aberkennung mit ökonomischen Hebeln, z. B. differenzierten Preisen, Gewinnzuschlägen und -abschlägen, verbunden wird. Durch die Erteilung der G. durch das Deutsche Amt für Meßwesen und Warenprüfung der DDR (DAMW) wird die Beschaffenheit der zu beurteilenden Erzeugnisse in Be-



Rotationskörper (Torus), der durch die Drehung der Kreisfläche vom Radius r um die in ihrer Ebene liegende Achse g entsteht, die vom Mittelpunkt des Kreises den Abstand $a > r$ hat (zu Guldinsche Regeln)



a b c d e f

Gütezeichen

ziehung zu der Beschaffenheit der auf dem Weltmarkt angebotenen gleichartigen oder ähnlichen Erzeugnisse gesetzt.

Seit 1959 gelten folgende G., deren Gestalt in TGL 3933 festgelegt ist: a) **G. der DDR (Q)** für Erzeugnisse mit hervorragender Güte, die den Höchststand bestimmen bzw. mitbestimmen und somit über dem Durchschnitt der auf dem Weltmarkt angebotenen gleichartigen oder ähnlichen Erzeugnisse liegen (Abb. a); b) **G. für Erzeugnisse der Güteklasse 1**, deren Güte dem Durchschnitt der auf dem Weltmarkt angebotenen gleichartigen oder ähnlichen Erzeugnisse entspricht (Abb. b); c) **G. für Erzeugnisse der Güteklasse 2**, deren Güte noch dem vorgesehenen Verwendungszweck entspricht, die jedoch nicht den Durchschnitt, gemessen am Höchststand, erreichen (Abb. c); d) **Überwachungszeichen des DAMW** für Grundstoffe, Halbfabrikate, Fertigerzeugnisse, die den Anforderungen nach dem Stand der Technik entsprechen und nicht klassifiziert werden (Abb. d); e) **G. „PTS"** (Abk. für Prüfdienststelle für Technische Schiffsausrüstungen) für Erzeugnisse im Bereich der Schiffssicherheit und Schiffsführung, z. B. Kompasse, Radargeräte und Positionslampen, nach praktischer Erprobung auf Versuchsschiffen (Abb. e); f) **Klimaschutzzeichen** für Erzeugnisse, die bestimmten klimatischen Bedingungen entsprechen und für die mindestens das G. für Erzeugnisse der Güteklasse 1 erteilt wurde (Abb. f).

Lit. Messing: Die Gütesicherung, ihre theoretische Grundlage und praktische Anwendung (2. Aufl. Berlin 1955); Qualitätskontrolle – Qualitätssicherung (Berlin 1964).

Guttapercha *f*, ein braunes, schwammiges Produkt, das man beim Eintrocknen des Milchsaftes der im Malaiischen Archipel heimischen Palaquium-Bäume erhält. G. ist dem Kautschuk ähnlich, aber nicht elastisch. Vor allem dient sie zur Isolierung von Unterseekabeln und elektrischen Leitungen sowie zur Herstellung chemikalienbeständiger Kitte.

Guy-Maschine, ein → Mittelfrequenzgenerator.

GW, 1) Kurzz. für Gigawatt, → Watt. 2) Abk. für Gruppenwähler, → Fernsprechen.

GWh, Kurzz. für Gigawattstunde, → Wattstunde.

Gyroantrieb, Elektrogyroantrieb, ein elektrischer Antrieb für Fahrzeuge. Er besteht aus einem Elektromotor (Asynchronmotor) und einem Schwungrad, die beide auf einer gemeinsamen Welle sitzen. Beim Aufladen aus dem Stromnetz (an besonderen Ladestellen) versetzt der Elektromotor das Schwungrad in Drehung; dieses gibt die gespeicherte kinetische Energie auf der Fahrt bis zur nächsten Ladestelle (5 bis 10 km) an den Asynchronmotor ab, der dann als Generator wirkt und einen zweiten, mit den Triebachsen mechanisch gekuppelten Elektromotor als Fahrmotor speist. Der G. wird z. B. in der Schweiz in Omnibussen **(Gyrobusse)** und in manchen Lokomotiven verwendet **(Gyrolokomotiven)**.

gyromagnetische Effekte, magnetomechanische Effekte, Erscheinungen an makroskopischen Körpern, die auf der Verknüpfung von atomaren magnetischen Momenten mit mechanischen Drehimpulsen beruhen. Zu den g.n E.n gehören der Barnett-Effekt und der Einstein-de-Haas-Effekt (→ magnetomechanischer Parallelismus).

Gyroskop, → Kreisel.

h, 1) Kurzz. für → Hekto. 2) Kurzz. für → Stunde (als gesetzliche Einheit der Zeit). 3) *h*, Zeichen für das → Plancksche Wirkungsquantum.

h, 1) Kurzz. für → Stunde (als Zeitpunkt, gelesen ... Uhr). 2) Kurzz. für → Zeitwinkelstunde.

H, 1) Kurzz. für → Henry. 2) Kurzz. für → Heizwert. 3) Symbol für → Wasserstoff. 4) *H*, Zeichen für → Enthalpie. 5) *H*, Zeichen für → magnetische Feldstärke.

°H, Kurzz. für Härtegrad, → Härte 2).

ha, Kurzz. für → Hektar.

Haare, in der Textilindustrie gröbere, steifere, wenig oder nicht gekräuselte (schlichte) Tierhaare im Unterschied zur → Wolle. Man unterscheidet z. B. **Kamelhaare** (für Decken und Lodenstoffe), **Roßhaar** (z. B. als Steifeinlage für Oberbekleidung und als Polstermaterial), **Ziegenhaare**, z. B. **Kaschmirhaar** von der Kaschmirziege (vielfach in Mischung mit Schafwolle für grobe Gewebe, z. B. Loden, Teppiche, Decken), **Angorahaare (Mohär, Mohair)** von der in Kleinasien beheimateten Angoraziege (in Mischung mit Wolle für modische Kleiderstoffe u. ä.).

Haarröhrchenwirkung, → Kapillarität.

Haber-Bosch-Verfahren, katalytisches Verfahren zur technischen Gewinnung von Ammoniak NH_3 aus Stickstoff N_2 und Wasserstoff H_2 bei etwa 500 °C und 250 bis 350 at: $N_2 + 3\,H_2 \rightleftharpoons 2\,NH_3$. Die wissenschaftlichen Grundlagen erarbeitete Haber (1905 bis 1910); die Lösung der technischen Probleme ist Boschs Verdienst (1913). In Gegenwart geeigneter Katalysatoren (mit Aluminium- und Alkalihydroxid aktiviertes, metallisches Eisen) verläuft die Reaktion zwischen Stickstoff und Wasserstoff oberhalb 400 °C hinreichend rasch. Im Interesse einer wirtschaftlich brauchbaren Ammoniakausbeute muß daher bei hohen Drücken gearbeitet werden. (Da die Reaktion exotherm und unter Volumenverminderung verläuft, verschiebt sich das Gleichgewicht zwischen Stickstoff, Wasserstoff und Ammoniak nach dem Le Chatelier-Braunschen Prinzip mit steigendem Druck und fallender Temperatur zugunsten des Ammoniaks).

Der Ausgangsstoff Stickstoff wird aus Luft, der Ausgangsstoff Wasserstoff aus Wasserdampf durch Umsetzung mit Kohlenstoff in Form von Koks in Generatoren gewonnen:

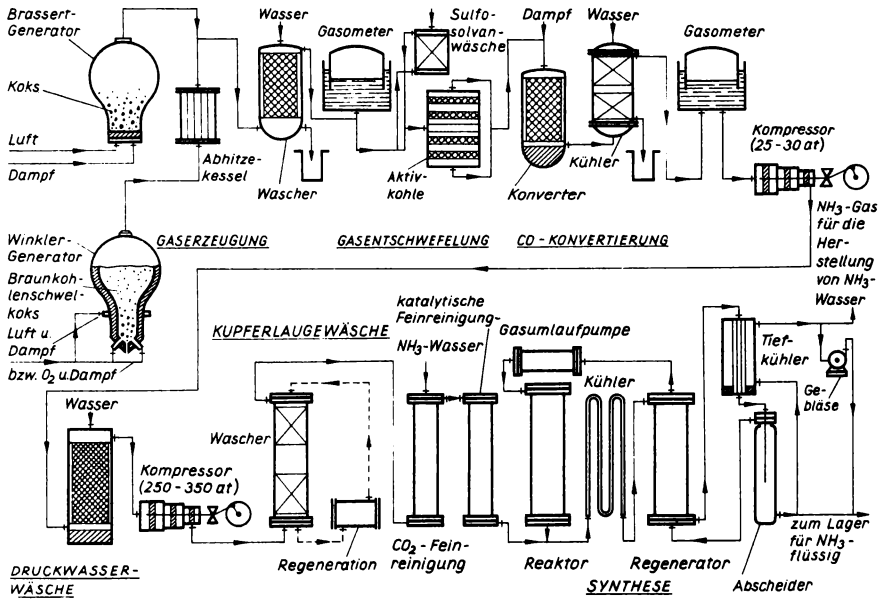
$$\underbrace{4\,N_2 + O_2}_{\text{Luft}} + 2\,C \rightleftharpoons \underbrace{4\,N_2 + 2\,CO}_{\text{Generatorgas}}$$

$$\underbrace{H_2O}_{\text{Dampf}} + C \rightleftharpoons \underbrace{H_2 + CO}_{\text{Wassergas}}$$

Der erste Vorgang verläuft unter Wärmeerzeugung, der zweite unter Wärmeverbrauch. Die beiden Prozesse können so miteinander verknüpft werden, daß der Wärmebedarf der Reaktion des Kohlenstoffs mit Wasserdampf durch die bei der Umsetzung der Kohle mit Luft frei werdende Wärme gedeckt wird: Luft und Wasserdampf werden entweder abwechselnd (Heißblasen – Kaltblasen usw.) oder gleichzeitig in einen mit Koks beschickten Gaserzeuger (Generator) eingeblasen. (Vielfach werden Luftgas und Wassergas auch in getrennten Generatoren erzeugt und nachträglich miteinander vermischt.) Das so erzeugte Mischgas enthält außer den Ausgangsstoffen für die Ammoniaksynthese (Stickstoff und Wasserstoff) größere Mengen Kohlenmonoxid CO und Kohlendioxid CO_2 sowie Schwefelwasserstoff H_2S, Kohlenwasserstoffe (z. B. Methan) und in Spuren auch Argon. Diese Verunreinigungen wirken als Katalysatorgifte und müssen deshalb vor der eigentlichen Ammoniaksynthese nacheinander entfernt werden. Die Gasentschwefelung erfolgt entweder durch Extraktion mit Lösungen des Kalisalzes von Aminosäuren (*Sulfosolvan-*, *Alkazidverfahren*), Kaliumkarbonatlösung (*Heiß-Pottasche-Verfahren*), Thioarsenitlösung (*Thylox-Verfahren*), Aminoalkoholen (*Girbotol-* und *Girdler-Verfahren*) oder mittels Aktivkohle. Häufig werden auch beide Verfahren angewendet. Bei den Extraktionsverfahren nehmen die Lösungen den Schwefelwasserstoff bei

etwa 25 °C auf und geben ihn bei 100 bis 110 °C wieder ab. Der an Aktivkohle abgeschiedene Schwefel wird mit Kohlendisulfid oder Ammoniumsulfidlösung extrahiert und so gewonnen. Die Hauptmenge des Kohlenmonoxids wird im Konverter bei oder oberhalb 400 °C mittels aus dem sich durch Tieftemperaturdestillation reines Argon gewinnen läßt.

In der DDR wird synthetisches Ammoniak ausschließlich im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" gewonnen; die dortige NH_3-Fabrik ist eine der größten der Welt.



Ammoniaksynthese nach dem Haber-Bosch-Verfahren (schematisch)

dampfförmigen Wassers in Kohlendioxid und Wasserstoff umgewandelt. Als Katalysatorgemisch dient Eisen(III)- und Chrom(III)-oxid. Das aus dem Konverter austretende Gas wird nach Kühlung auf 25 bis 30 at komprimiert und durch Waschen mit Wasser vom größten Teil des Kohlendioxids befreit. An Stelle dieser Druckwasserwäsche können die Natronlauge-, Monoäthanolamin-, Pottasche- oder Ammoniakwasserwäsche zur CO_2-Entfernung angewendet werden. Zur Entfernung der letzten Reste Kohlenmonoxid wird das Gas mit ammoniakalischer Kupferlauge unter Synthesedruck bei Normaltemperatur gewaschen. Weitere Möglichkeiten der CO-Feinreinigung bestehen in der Wäsche mit flüssigem Stickstoff sowie in der katalytischen Feinreinigung.

Das so gereinigte Gasgemisch wird durch Zusatz von Stickstoff aus der Luftzerlegungsanlage auf ein Molverhältnis von 1 : 3 eingestellt und gelangt in die Kontaktöfen (Syntheseöfen), wo die Umsetzung zum Ammoniak erfolgt. Die Kontaktöfen enthalten ein System von Wärmeaustauschrohren, die von der Kontaktmasse umgeben sind. Die bei der Reaktion frei werdende Wärme (11 kcal je Mol Ammoniak) dient zur Vorwärmung des durch die Wärmeaustauschrohre einströmenden Gasgemischs, so daß während des Betriebes eine zusätzliche Beheizung nicht erforderlich ist. Das gebildete Ammoniak wird durch anschließende Kühlung im Wasserkühler, Regenerator und Tiefkühler weitgehend verflüssigt und in Abscheideflaschen gesammelt. Nach Ersatz der umgesetzten Stickstoff-Wasserstoff-Menge (etwa 11 %) durch Frischgas kehrt das Restgas im Kreislauf in die Kontaktöfen zurück. Durch den wiederholten Kreislauf reichern sich die Fremdgase Methan und Argon an. Durch Entspannen eines entsprechenden Teiles des Kreislaufgases erhält man ein Gas,

Hackgeräte, mehrreihige landwirtschaftliche Geräte zur Bodenlockerung und Unkrautbekämpfung in Reihenkulturen. Sie werden als Gespann-, Aufsattel- und Anbauhackgeräte hergestellt. Man unterscheidet: 1) H. mit passiven (gezogenen) Werkzeugen. Als Werkzeuge werden Winkel- und Gänsefußmesser verwendet, die an federnden Eingelenkhebeln **(Hebelhackgeräte)** oder an Mehrgelenkhebeln **(Parallelogrammhackgeräte)** sitzen und an einem heb- und senkbaren sowie zwecks Feinsteuerung seitlich verschiebbaren Werkzeugträger angebracht sind. Jeder Hebel hat eine Tiefgangregelung. 2) H. mit aktiven (angetriebenen) Werkzeugen **(Hackmaschinen).** Der Antrieb erfolgt von der Zapfwelle des Traktors. Hierzu gehören Rotor- und Vibrationshacken. Zu den **Rotorhacken** sind die **Hackfräsen** (→ Bodenfräse) und die **Dreh-** oder **Rotationshacken** zu rechnen. Sie besitzen mehrere in Fahrtrichtung rotierende Fräswalzen, die je nach Arbeitsbreite aus mehreren rotierenden Messersternen bestehen. Die Fräswalzen sind, voneinander unabhängig, an einem gemeinsamen Werkzeugträger pendelnd aufgehängt. **Vibrationshacken** sind mit Werkzeugen, die eine vibrierende Bewegung ausführen, ausgerüstet. Die Werkzeuge sind den passiven Hackwerkzeugen ähnlich.

Hackmaschinen, → Hackgeräte.

Häckselmaschine, Häcksler, eine Futteraufbereitungsmaschine zum Schneiden (Häckseln) von Stroh, Heu und Grünfutter auf eine bestimmte Länge.

Die H. besteht gewöhnlich aus der *Einlegelade* (*Häcksellade*) mit *Mundstück*, aus dem *Zubringerwerk* und der *Schneidvorrichtung*. Das Häckselgut wird von Hand in die Lade eingelegt und von dem Zubringerwerk der Schneidvorrichtung zugeführt, die mit ihren Messern am Mundstück vorbeistreicht und schneidet.

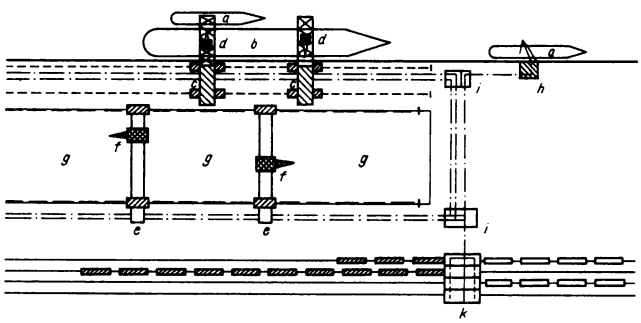
Beim **Scheibenradhäcksler (Messerradhäcksler)** besteht die Schneidvorrichtung aus einem zwei- oder mehrarmigen Schwungrad mit flachen Messern. **Trommelhäcksler** arbeiten mit vier schraubenförmigen Messerschneiden, die an zwei Stirnscheiben einer Trommel angebracht sind. Der **Walzenhäcksler** stellt eine Zusatzeinrichtung zum Mähdrescher dar und wird zum Zerkleinern und Ablegen des Strohes auf die Stoppel benutzt. Er besteht aus zwei Walzen, von denen die eine parallel zur Walzenachse angeordnete Messer trägt.

Der **Gebläsehäcksler** ist eine H., die unterhalb der Schneidvorrichtung ein → *Gebläse* besitzt. Dieses transportiert den Häcksel durch eine Rohrleitung in Wagen oder Lagerräume. Die Arbeit des Gebläses können auch Wurfschaufeln übernehmen **(Wurfhäcksler)**. Gebläsehäcksler, die speziell als Grünguthäcksler zur Beschickung von Gärfuttersilos verwendet werden, führen auch die Bezeichnung **Silohäcksler**. Beim **Breithäcksler** besteht die Schneidvorrichtung aus kreisrunden Messern, die auf einer waagerecht umlaufenden Welle angeordnet sind, parallel zu ihr läuft in entgegengesetzter Richtung eine Walze mit kreisrunden Scheiben. Der Häcksel wird durch ein angebautes Gebläse transportiert.

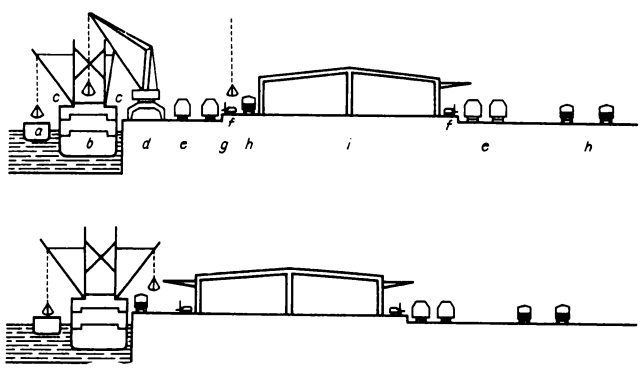
hadal, → Meer.

HAE-Verfahren, → anodische Oxydation.

Hafen, eine natürliche oder durch Ausbaggern künstlich gebildete, von einem Meer, See oder Fluß abgetrennte Wasserfläche, die Wasserfahrzeugen Schutz und Sicherheit gegen Strömung, Seegang, Eisgang und Wind gewährt. Die künstliche Abgrenzung des H.s gegen die freie Wasserfläche erfolgt durch → Molen oder → Wellenbrecher. Die landseitigen Begrenzungen des H.s weisen in der Regel Einrichtungen zum Festmachen der Wasserfahrzeuge und zum unbehinderten Verkehr von Personen und/oder zum Umschlag von Gütern aller Art zwischen den Fahrzeugen und dem Land auf.



1 Umschlaganlage für Import-Schüttgüter. *a* Binnenschiff, *b* Seeschiff, *c* Klappauslegerbrücke, *d* Unterkrandrehkatze, *e* Kranbrücke mit Förderband, *f* Wippdrehkran, *g* Freilagerflächen, *h* Binnenschiffsbelader, *i* Förderbandübergabestellen, *k* Waggonbeladeanlage, *l* Gleisanlage. – – – Kranbahn, –.–. Förderband



2 Kaiquerschnitte. Oben: europäischer, unten: amerikanischer Kaiquerschnitt. *a* Binnenschiff, *b* Seeschiff, *c* Ladegeschirr, *d* Kaikran, *e* Waggon, *f* Rampe, *g* Gabelstapler, *h* Lastkraftwagen, *i* Kaischuppen für Generalgüter

Nach der Lage unterscheidet man See- und Binnenhäfen. 1) **Seehäfen** werden als offene Häfen oder als Dockhäfen gebaut. Der **offene H.** steht in freier Verbindung mit dem offenen Meer; seine jeweilige Wassertiefe regelt sich nach den Gezeiten, und es ergeben sich unter Umständen erhebliche Unterschiede gegenüber dem Normalniveau (NN). Derartige Häfen werden als **Fluthäfen** oder **Tidehäfen** bezeichnet. Bei vorliegenden großen Gezeitenunterschieden baut man den Seehafen als **geschlossenen H.** oder **Dockhafen,** bei dem die Einfahrt in der Regel mit einem Schleusentor geschlossen **(Schleusenhafen)** und dadurch ein annähernd gleichbleibender Wasserstand erreicht wird. Derartige Häfen sind aber nur im letzten Drittel der Flut und im ersten Drittel der Ebbe zugänglich. Mit einer Zweitor- (Kammer-) Schleuse wird ein gleichbleibender Wasserstand und eine jederzeitige Ein- und Ausfahrt erreicht. Offene Seehäfen werden, wenn der natürliche Schutz nicht vorhanden ist oder nicht ausreicht, zusätzlich gegen Seegang, Strömung, Versandung und Verschlickung durch Molen geschützt. Entsteht dadurch eine größere geschützte Wasserfläche, so bezeichnet man diese als **Vorhafen** oder → Reede. Im Vorhafen sind in der Regel → Dalben gesetzt oder Festmacherbojen gelegt. Im allgemeinen wird im Vorhafen der Güterumschlag von Schiff zu Schiff (Bord-Bord-Umschlag) vorgenommen. Er erfolgt zwischen zwei Wasserfahrzeugen verschiedener Kategorien mit schiffseigenem Ladegeschirr oder schwimmenden Hebezeugen (Krane, Getreideheber). Lediglich der Bord-Bord-Umschlag von Schüttgütern erfolgt in der Regel am Kai mit Klappauslegerbrücken mit hängender Laufkatze.

2) **Binnenhäfen** werden eingeteilt in **Flußhäfen** mit wechselnden Wasserständen, **Kanalhäfen** mit praktisch gleichbleibendem Wasserstand und **Binnenseehäfen.**

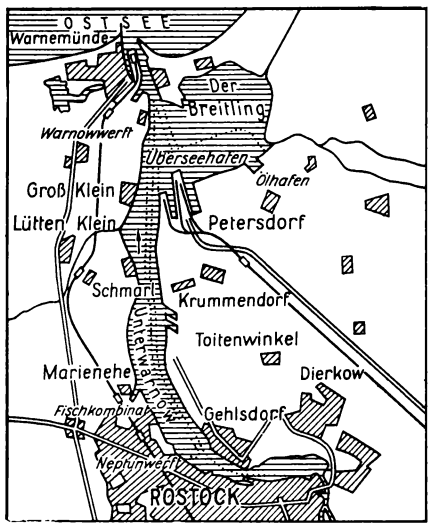
Nach der Zweckbestimmung unterscheidet man **Handelshäfen, Fahrgasthäfen, Fährhäfen, Fischereihäfen, Kriegshäfen** und **Winterhäfen** (letztere nur an den Binnenwasserstraßen). Bei den Handelshäfen haben sich Spezialanlagen ausgebildet, z. B. Erz-, Holz-, Kohle-, Phosphat- und Rohölverladehäfen **(Exporthäfen)** und -entladehäfen **(Importhäfen)** bzw. spezielle **Industriehäfen. Schutz-** und **Sicherheitshäfen** haben die Aufgabe, der Binnenschiffahrt auf den Strömen Schutz gegen Hochwasser- und Eisgefahren zu bieten. An der Küste übernehmen alle Seehäfen diese Aufgabe allen Seeschiffen gegenüber, soweit diese den betreffenden H. tiefgangmäßig anlaufen können. **Ausrüstungshäfen** sind für den Schiffbau bestimmt, sie dienen für die Ausrüstung der vom Stapel gelaufenen Neubauten und für Reparaturarbeiten. **Freihäfen** sind räumlich abgeschlossene Hafenanlagen eines Gesamthafenkomplexes. Das Freihafengelände liegt innerhalb der Staatsgrenzen, wird aber in der Güterbehandlung und der Schiffsabfertigung dem Ausland gleichgesetzt, d. h., seewärts eingeführte Güter können frei bewegt, gelagert, bearbeitet und wieder ausgeführt werden. Aus dem Inland eingeführte Güter müssen dagegen allen Ausfuhrbestimmungen entsprechen, sie werden mit dem Passieren der Grenze Auslandsgut. Der **Freibezirk** ist nur ein Zollausschluß, d. h., die Güter unterliegen der Zollaufsicht, können aber ohne Zollverschluß bis zur endgültigen Verzollung oder Wiederausführung gelagert werden. Sie dürfen weder ganz noch teilweise bearbeitet oder verändert werden. Die zollamtliche Abfertigung

der Seeschiffe ist wesentlich erleichtert und vereinfacht.

Die Häfen ziehen sich entweder längs der Meeresküste oder längs eines Flusses, Kanales oder Binnenseeufers hin oder bestehen aus mehreren Hafenbecken, oder aber sie stellen eine Kombination beider Systeme dar. Die Hafenbecken werden entweder in das Land hinein oder mittels zweckentsprechend breiter → Piers in die Wasserfläche hinein angelegt. Häfen, in denen die Schiffe nicht innerhalb der Hafenbecken wenden können, weisen ein Wendebecken auf. Die Land-Wasser-Grenze im H. wird durch → Kais befestigt, die gleichzeitig dem Güterumschlag dienen. Sie sind mit Schuppen und Freiflächen zur Zwischenlagerung der Güter ausgerüstet sowie (in den europäischen und den dem europäischen Einfluß unterliegenden benachbarten Seehäfen) mit Kranen (Tafel 14) zur Beladung und Entlöschung der Seeschiffe, mit Stetigförderern und Flurfördergeräten und mit Gleisanlagen und Straßen zur An- und Abfuhr der Güter (Abb. 1). Im amerikanischen Raum weisen die Seehäfen außer bei Spezialanlagen keine Kaikrane auf, der Umschlag erfolgt dort mittels schiffseigenen Ladegeschirrs, neuerdings werden mehr und mehr Mobilkrane eingesetzt (Abb. 2).

Bei genügend breiten Becken werden, wenn keine Behinderung der fahrenden und manövrierenden Schiffahrt eintreten kann, zusätzlich Dalben gesetzt, an denen die Seeschiffe zum Bord-Bord-Umschlag festmachen können.

Der größte H. der DDR ist der *Überseehafen Rostock* (Abb. 3), dessen erste Baukomplexe 1960 dem Hafenbetrieb übergeben wurden. Die I. Baustufe ist 1967 ausgelaufen. Damit stehen dem Hafenbetrieb ab 1968 etwa 5 km seetiefer Kai (−11 m NN) mit Spezialanlagen für Importe von Rohöl, Schüttgut, Südfrüchten, Holz, Metall und Generalgut (Hakengut der verschiedensten Struktur, ausgenommen verpacktes Massengut, z. B. Kali in Säcken, Zellulose in Ballen) im Export- und Importverkehr mit einer Kapazität von etwa 10500 kt/a Güter aller Art, davon etwa 2000 kt/a Rohöl, zur Verfügung.



3 Überseehafen Rostock

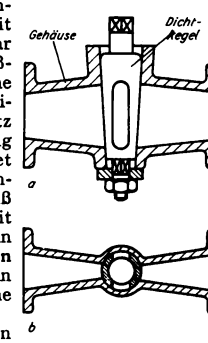
Hafenfeuer, ein → Leuchtfeuer.
Hafenfunk, → beweglicher Landfunk.
Hafenofen, ein Ofen zum Glasschmelzen, → Glas.
Haff, Lagune, eine durch eine Inselkette oder eine Nehrung vom offenen Meer abgetrennte Bucht. Das H. wird meist von einem Fluß durchströmt und dadurch ausgesüßt, z. B. an der südlichen Ostseeküste. Die H.e der Schwarzmeerküste, deren Wasser meist salzig ist, werden **Limane** genannt.

Hafnium, Symbol **Hf,** chemisches Element aus der IV. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 72, Massenzahlen der Isotope 174, 176 bis 180, Atomgewicht 178,49 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist IV, seltener II, III, D. 13,31 g cm^{-3}, F. 2210 °C, Kp. oberhalb 3200 °C; 1922 von G. v. Hevesy und D. Coster entdeckt. H. hat einen hohen Glanz, ist sehr dehnbar und weich; es läßt sich leicht ziehen, walzen, schmieden und hämmern. In der Natur kommt es stets als Begleiter des Zirkoniums vor, dem es in seinen chemischen Eigenschaften sehr ähnlich ist. Man gewinnt H. durch Reduktion von Hafniumtetrachlorid $HfCl_4$ oder von Hafniumoxid HfO_2 mit Natrium. Wegen seines hohen Neutroneneinfangquerschnitts hat H. Bedeutung für die Kerntechnik.

Haftgrundvorbereitung, die Erzeugung einer für nachfolgende Farbanstriche oder Metallspritzschichten geeigneten, genügend rauhen und sauberen Oberfläche. Die H. erfolgt z. B. durch Sandstrahlen, Phosphatieren, im Alodine-Verfahren oder MBV-Verfahren, durch anodische Oxydation, Reaktionsgrundierungen oder spezielle Haftgrundanstriche.

Haftschalen, svw. → Kontaktschalen.
Hagel, eine Form der → Hydrometeore.

Hahn, eine Vorrichtung zum Absperren einer Rohrleitung oder zum Einstellen der Durchflußmenge. Der H. besteht aus einem Gehäuse, in das in eine kegelförmige Bohrung ein Dichtkegel (*Küken*, Neigung 1 : 12) mit einer Langlochbohrung mittels Schraube oder Mutter so weit hineingezogen wird, daß er gerade noch drehbar ist. Steht die Bohrung des Kükens quer zur Fließrichtung, so ist der H. geschlossen; durch eine Drehung des Kükens um 90° (das charakteristische Kennzeichen eines H.es im Gegensatz zum Ventil) wird die Bohrung in Fließrichtung gebracht und der H. geöffnet. Man unterscheidet **Ablaßhahn** mit Gewinde oder Flansch zum Anschluß an Rohrleitungen oder Kegelanschluß zum Einschlagen in Fässer; **Durchgangshahn** mit zwei Gewinden oder Flanschen zum Einbau in Rohrleitungen (Gashahn u. a.); **Dreiwegehahn** mit verschiedenen Einstellmöglichkeiten, z. B. in der chemischen Industrie. Der gewöhnliche Wasserhahn ist ein Ventil.

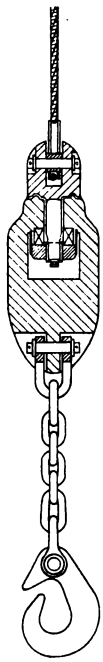


Absperrhahn: *a* Schnitt, *b* Draufsicht

Hähne sind in ihrem Aufbau die einfachsten und ältesten Absperrorgane. Sie sind robust und lassen sich vielseitig verwenden. Durch die großen Dichtflächen und die auftretende Reibung ist ihre Verwendung aber auf kleine Belastungsbereiche (etwa 16 bar und 120 °C) begrenzt. Hähne können nur dort eingesetzt werden, wo der plötzliche Druckanstieg, der infolge des raschen Schaltvorganges entsteht, zugelassen werden kann. Vorteile sind der einfache Aufbau, der geringe Platzbedarf und die geringe Masse, die kurze Öffnungszeit und die bequeme Einschleifmöglichkeit der Dichtflächen.

Hakenflasche, ein → Lastaufnahmemittel für Hebezeuge. Es besteht aus einem Lasthaken und einer oder mehreren losen Rollen eines Flaschenzuges, die zu einer Baugruppe zusammengefaßt sind. Der Lasthaken wird in eine Traverse eingehängt. Bei H.n der kurzen Bauart sind die Seilrollen auf seitlichen Achsstummeln der Traverse gelagert, bei H.n der langen Bauart sind die Seilrollen getrennt vom Lasthaken auf einer Achse gelagert und durch Zugbänder mit der Lasthakentraverse verbunden. (Abb. S. 400)

Hakengeschirr, ein → Lastaufnahmemittel für Hebezeuge, bei denen die Last nur an einem



Hakengeschirr

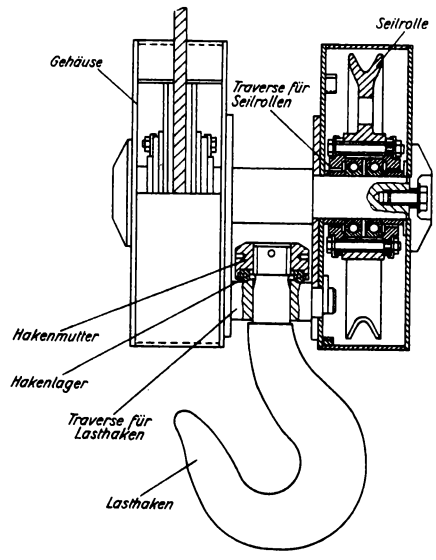
Seilstrang angehängt wird. Das H. besteht aus mehreren Gliedern einer Rundgliederkette (→ Kette), an der der Lasthaken befestigt wird. Ein Abweiser am Lasthaken verhindert, daß er sich an Kanten, Lukenrändern o. dgl. festhaken kann. Zum Straffhalten des Seiles muß eine zusätzliche Masse vorgesehen werden, die *Seilbirne*, in die das Ende des Seiles eingelegt wird.

Halbleiter, ein Stoff (chemische Verbindung oder Element), dessen spezifischer elektrischer Widerstand bei Zimmertemperatur zwischen dem der Metalle und dem der Isolatoren liegt. Bei sehr tiefen Temperaturen sind Halbleiterstoffe praktisch Isolatoren; bei sehr hohen Temperaturen können sie dagegen fast metallisch leitend wirken. Die physikalischen Eigenschaften, z. B. die elektrische Leitfähigkeit, die Thermokraft, der Hall-Effekt, hängen stark von der Dotierung (Anwesenheit von Fremdatomen), Temperatur, Strahlungseinwirkung, mechanischen Beanspruchung, umgebenden Atmosphäre ab.

Man unterscheidet im Kristallaufbau Ionenleitung und Elektronenleitung, von denen z. Z. nur die Elektronenleitung von größerer technischer Bedeutung ist. Die in der Technik verwendeten H. sind also elektronenleitend; man bezeichnet sie als **elektronische H.** oder kurz nur als H. Eine theoretische Erklärung der Halbleiterleitungsvorgänge ist weitgehend durch das → Bändermodell der elektrischen Leitfähigkeit in Verbindung mit der Fermistatistik möglich. Eine völlig ausreichende Theorie fehlt jedoch noch (→ Exciton, → Polaron). Die technisch wichtigsten Vertreter dieser H. sind z. Z. Germanium, Silizium, Selen und Kupfer(I)-oxid. Germanium und Silizium sind vierwertig und kristallisieren im Diamantgitter.

Bei den elektronischen H.n unterscheidet man:

1) Eigenleitung, die auftritt, wenn positive und negative Ladungsträger in gleicher Konzentration vorhanden sind. Dies ist der Fall bei reinen Halbleiterstoffen, bei denen beide Ladungsträger — *negative Elektronen* (*Überschußelektronen*) und *positive Löcher* (*Mangelelektronen* oder *Defektelektronen*) — immer in gleicher Zahl auftreten und so beide zum Stromfluß beitragen. Eine Zuführung von Energie (z. B. Erwärmung, Lichteinstrahlung) bewirkt das Aufbrechen einzelner Paarbindungsbrücken und damit eine Paarbildung (*Generation*) von freien, d. h. beweglichen Ladungsträgern. Es entstehen gleichzeitig ein negatives Leitungselektron und ein positives Loch (erforderliche Energie etwa 0,78 eV bei Germanium und 1,1 eV bei Silizium). Beide Ladungsträgerarten können sich im Kristall bewegen und damit zum Ladungstransport beitragen.



Hakenflasche

2) Rekombination, d. i. der umgekehrte Vorgang, bei dem sich ein Überschuß- und ein Mangelelektron wieder zu einer Gitterverbindung vereinigen. Dieser Vorgang tritt ein, wenn im Gitter bestimmte Energie- und Impulsbedingungen erfüllt sind. Paarbildung und Rekombination stehen in einem thermischen Gleichgewicht. Die Paarbildungsgeschwindigkeit nimmt mit der Temperatur zu.

3) Störstellenleitung (Fremdleitung); hierbei wird die elektrische Leitfähigkeit von Halbleiterstoffen durch Einbringen von *Fremdatomen* in das Kristallgitter stark erhöht. Für Germanium und Silizium kommen dafür vor allem Elemente der V. und III. Gruppe des Periodensystems in Frage; die ersteren erzeugen Mangelleitung, die letzteren Überschußleitung. Fremdatome, die beim Einbau in das Kristallgitter freie Elektronen abgeben, z. B. Antimon, heißen *Donatoren* oder *Elektronenspender*. Die durch sie hervorgerufene Leitfähigkeit heißt *Überschuß-*, *Elektronen-* oder *n-Leitung*, weil die Leitfähigkeitszunahme durch negative Ladungsträger verursacht wurde. Wird in das reine Germanium z. B. Indium eingebracht, so entsteht im Kristallgitter ein Loch, das ein benachbartes Elektron unter Bildung eines neuen Elektronenloches aufzunehmen vermag und als beweglicher positiver Ladungsträger wirkt. Fremdatome, die Elektronen aufzunehmen vermögen, heißen *Akzeptoren* oder *Elektronenauffänger*. Die durch sie hervorgerufene Leitfähigkeit heißt *Mangel-*, *Löcher-*, *Defekt-* oder *p-Leitung*, weil die Leitfähigkeitszunahme durch positive Ladungsträger verursacht wird. Störstellenleitung kann auch durch Gitterbaufehler hervorgerufen werden (Fehlordnung). Man hat es somit in der Hand, Germanium herzustellen, das entweder mit Elektronen oder mit Löchern angereichert ist. Überwiegen die Elektronen, spricht man von *n*-Germanium, überwiegen die Löcher, so spricht man von *p*-Germanium. Es ist nicht möglich, einen der beiden Leitungstypen mit völliger Reinheit darzustellen, da in der Praxis immer neben der Störstellenleitung eine wenn auch oft nur sehr geringe Eigenleitung vorhanden ist. Überlagert man *n*- und *p*-Leitung miteinander, so entsteht ein Leitungstyp, der von der Konzentration der beiden zu mischenden Partner abhängt. Im allgemeinen wird einer der beiden Partner überwiegen; nur bei Konzentrationsgleichheit beider Teile entsteht als Sonderfall die Eigenleitung. Die in der Überzahl vorhandenen Ladungsträger nennt man *Majoritätsträger*, die in der Minderzahl vorhandenen *Minoritätsträger*. Letztere sind für die Funktion des Transistors von großer Wichtigkeit.

Unter den elektrisch halbleitenden Verbindungen sind die $A^{III}B^{V}$-Verbindungen, auch kurz III-V-Verbindungen genannt, von besonderem Interesse, d. s. solche Stoffe, die sich im stöchiometrischen Verhältnis aus je einem Element der III. und V. Hauptgruppe des Periodensystems aufbauen, z. B. InSb, InAs, AlSb, GaP, InP, AlAs, GaAs. Diese intermetallischen Stoffe zeigen verwandte Eigenschaften zu Germanium und Silizium.

Die Eigenschaften der H. werden in der Technik sehr vielseitig genutzt. Man unterscheidet: gleichrichtende (Gleichrichter), verstärkende (Transistoren), thermoelektrische und photo-

elektrische Halbleiterbauelemente. Der Einsatz von Halbleiterbauelementen ist eine der Voraussetzungen für die gesamte Automatisierung der Industrie. Als Transistoren treten sie immer mehr an die Stelle der Elektronenröhren. Auch als Halbleiterdioden werden sie wegen ihrer Kleinheit und der Vielseitigkeit ihrer Anwendungsmöglichkeiten auf nahezu allen Gebieten der Elektrotechnik verwendet. Die Entwicklung der modernen Nachrichtentechnik mit ihren vielen Teilgebieten (z. B. Fernsehtechnik) und der Steuer- und Regeltechnik verdankt ihren heutigen Stand vor allem dem Einsatz von Halbleiterbauelementen. Als photoelektrische Halbleiterbauelemente ermöglichen sie die Steuerung elektrischer Vorgänge durch Licht. Zu den neuesten Halbleiterbauelementen gehören die Funktionsblöcke der Molekularelektronik, die alle Funktionen eines Gerätes oder einer Schaltgruppe innerhalb eines Kristallkörpers ausführen; sie sind hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Kleinheit unübertroffen. Kleiner als 1 cm^3 sind Kristallblöcke, die z. B. einen kompletten 4-Watt-Verstärker enthalten. Die große Stoßfestigkeit von Halbleiterbauelementen gestattet ihre Verwendung in der Raketentechnik. Bei Halbleiterbauelementen ist eine Beschleunigung von 300 km s^{-1} möglich. Die vielseitige Ausstattung der sowjetischen und der amerikanischen Trägerraketen mit Meß- und Steuereinrichtungen und mehreren Sendern und Empfängern wäre ohne Halbleiterbauelemente nicht möglich gewesen. Allein die Sender, mit Röhren und ihren Stromquellen bestückt, würden ein Vielfaches des verfügbaren Raumes beanspruchen.

Lit. Anselm: Einführung in die Halbleitertheorie (dtsch Berlin 1964); Fritzsche: Herstellung von H.n (2. Aufl. Berlin 1962); Joffé: Physik der H. (dtsch 2. Aufl. Berlin 1960); Pfüller: H. — Bauelemente neuer Technik (2. Aufl. Leipzig 1964); Sauter: Halbleiterprobleme (Berlin 1962); Frank: Halbleiterbauelemente, 2 Bde (dtsch (Berlin 1964); Rumpfu Pulvers: Transistor-Elektronik (3. Aufl. Berlin 1967); → Elektronik.

Halbleiterdetektor, ein → Strahlungsdetektor, der aus einem Halbleitermaterial (Germanium oder Silizium) besteht, in dem z. B. durch entsprechende Dotierung ein *p-n*-Übergang (→ Halbleiter) erzeugt wurde, der als Sperrschicht wirkt. An dieses System wird in Sperrichtung eine elektrische Gleichspannung von etwa 100 Volt gelegt. Trifft ein Teilchen einer ionisierenden Strahlung auf die Übergangsschicht, so fließt infolge der freigesetzten Ladungsträger, der Überschußelektronen und Defektelektronen, ein kurzer Stromstoß, der mit geeigneten Geräten verstärkt und registriert wird. Der H. zeichnet sich insbesondere durch sein sehr hohes energetisches Auflösungsvermögen aus.

Halbleiterphotozelle, svw. → Photowiderstand.

Halbmesser, svw. → Radius.

Halbmetalle, chemische Elemente, die in ihren Eigenschaften eine Mittelstellung zwischen den Metallen und den Nichtmetallen einnehmen. Zu den H.n gehören Bor, Silizium, Germanium, Arsen, Antimon, Selen, Tellur und Polonium. Sie kommen im allgemeinen in einer metallischen und in einer nichtmetallischen Form vor. In der Technik gewinnen die H. (außer Polonium) als Halbleiter immer mehr an Bedeutung.

Lit. Krebs: Die Struktur und Eigenschaften der H. (Köln 1955).

halbpolare Doppelbindung, → Bindung 1).

Halbraupen, svw. → Ansteckraupen.

Halbschranke, → Schranke.

Halbstoff, Halbzeug, Sammelbegriff für die halbfertigen Ausgangsstoffe für die Papierherstellung, wie Zellstoff, Halbzellstoff (der ebenfalls als H. bezeichnet wird), Holzschliff sowie zubereitete Lumpen und Altpapier. Unterschied: → Ganzstoff.

Halbwertsschicht, die Dicke eines Körpers, der eine Teilchen- oder Wellenstrahlung absorbiert und dabei die Strahlungsintensität um die Hälfte verringert. Die H.en sind ein wichtiges Mittel zur Untersuchung von Strahlungen.

Halbwertszeit, 1) allgemein die Zeit, in der eine irreversible Reaktion erster Ordnung (→ Reaktionskinetik) zur Hälfte abläuft.

2) bei Radionukliden die Zeit, in der die Hälfte der Atomkerne zerfällt, → Radioaktivität.

Halbzellstoff, Halbstoff, ein durch chemische Vorbehandlung von Faserholz, insbesondere mit Natriumsulfit in neutraler oder saurer Lösung unter Überdruck, und anschließende mechanische Behandlung in → Stoffmühlen gewonnener Faserstoff für die Papierindustrie u. dgl. Er enthält noch gewisse Mengen an Lignin und Hemizellulosen. Die Struktur des Holzes wird durch die Vorbehandlung so aufgelockert, daß die Fasern bei der nachfolgenden mechanischen Behandlung besser erhalten bleiben als bei der Herstellung von Holzschliff aus unvorbereitetem Holz. Dadurch weisen die daraus gefertigten Papiere ohne oder mit geringem Zellstoffzusatz eine gute Festigkeit auf. Die Ausbeute aus Faserholz beträgt etwa 80 %, während man bei Zellstoff nur mit etwa 50 % rechnen kann. Auch **Gelbstrohstoff,** den man durch Aufschluß von gehäckseltem Getreidestroh mit Kalkmilch gewinnt, kann man zu den H.en rechnen. Er wird für die Herstellung von Karton und Pappe, vor allem für die gewellte Papiereinlage in Wellpappe, verwendet.

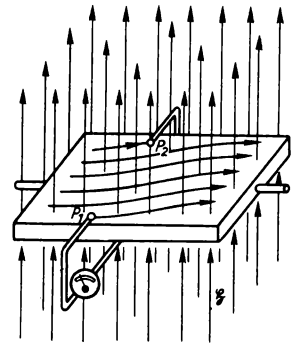
Halbzeug, 1) Metallurgie: die vorgewalzten rohen Blöcke, Brammen, Knüppel, Platinen u. a., aus denen Träger, Eisenbahnschienen, Bleche u. dgl. hergestellt werden.

2) Metallbearbeitung: Bleche, Bänder, Profile, Drähte, Rohre u. a., die zu Werkstücken weiterverarbeitet werden.

3) Papierherstellung: svw. → Halbstoff.

Halde, → Rekultivierung.

Hall-Effekt, ein von dem amerikanischen Physiker Hall 1879 entdeckter Effekt. Er besagt, daß in elektrischen Leitern, die sich in einem homogenen Magnetfeld $\mathfrak{H}$ befinden und in denen senkrecht zum Magnetfeld ein elektrischer Strom fließt, senkrecht zum Magnetfeld und zum Strom eine Spannungsdifferenz zwischen den Punkten P_1 und P_2 entsteht. Eine Anordnung nach diesem Prinzip (Abb.) bezeichnet man als **Hallgenerator.**

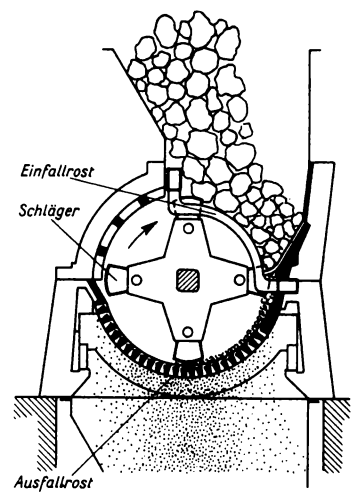


Hall-Effekt

Neben diesem **normalen H.-E.** gibt es noch den **anomalen H.-E.,** bei dem sich eine Spannung mit entgegengesetzten Vorzeichen ergibt. Während der H.-E. bei Metallen meist sehr gering ist, zeigen einige Halbleiterlegierungen, z. B. Indiumantimonid, Indiumarsenid, einen großen H.-E.

Anwendungen des H.-E.es sind Hallsonden für Magnetfeldmessungen und deren Regelung, Beweglichkeitsmessungen von Trägern in Halbleitern und Hallmultiplikatoren.

Hallgenerator, → Hall-Effekt.
Hallraum, → Nachhall.
Hallwachs-Effekt, ein → lichtelektrischer Effekt.
Halo *m*, 1) Meteorologie: ein heller, farbiger Ring, der Sonne oder Mond infolge einer Brechung des Lichtes in feinen Eiskristallen im Abstand von 22° (**kleiner H.**) oder 46° (**großer H.**) umgibt. Es gibt außerdem luftoptische Erscheinungen, die auf ähnlicher Ursache wie der H. beruhen und mit ihm oft zusammen auftreten.
2) Photographie: svw. → Lichthof.
Halogene [griechisch, ‚Salzbildner'], Bezeichnung für die chemischen Elemente Fluor, Chlor, Brom, Jod und Astat der VII. Hauptgruppe des Periodensystems. Atomgewicht, Dichte, Schmelz- und Siedepunkt nehmen in der Reihenfolge Fluor, Chlor, Brom, Jod zu. Die äußere Elektronenschale der H. enthält 7 Elektronen, so daß ihr zur Ausbildung der nächsthöheren Edelgasschale ein Elektron fehlt. Hierauf beruht die große Reaktionsfähigkeit der H. Sie bilden mit Wasserstoff die **Halogenwasserstoffsäuren**, mit Metallen Salze, die **Halogenide**.
Halogenierung, die Überführung von Elementen oder Verbindungen in reine Halogenide oder die — vor allem in der organischen Chemie wichtige — Einführung der Halogene Fluor, Chlor, Brom oder Jod in Verbindungen. Chlorierungen und Bromierungen zeigen viele Gemeinsamkeiten, während Fluorierungen und Jodierungen eigene Arbeitsweisen erfordern.
Am häufigsten in der Technik sind **Chlorierungen**. Von Bedeutung sind folgende Verfahren: 1) Die Addition von Halogen oder Halogenwasserstoff an ungesättigte Verbindungen (Alkene, Alkine), z. B. die Addition von Chlorwasserstoff an Äthin, bei der das Vinylchlorid entsteht: $H-C\equiv C-H + HCl \rightarrow H_2C=CHCl$. 2) Die Substitution von Wasserstoff in niederen Alkanen durch Chlorierung im UV-Licht (Photochlorierung), wobei ein oder mehrere Chloratome eingeführt werden und Lösungsmittel entstehen. 3) Die Substitution von Wasserstoff in Benzol und anderen aromatischen Kohlenwasserstoffen durch Chlor zur Gewinnung z. B. von Chlorbenzolen und -naphthalinen. Die Kernchlorierung gelingt nur in Gegenwart von Katalysatoren. Bei Benzolhomologen, z. B. Toluol, können Kern und Seitenkette chloriert werden. Es gilt die Regel: Kern/Katalysator/Kälte (KKK) und Seitenkette/Sonne/Siedehitze (SSS). 4) Die Substitution von Hydroxylgruppen in Säuren durch Chlor, bei der Säurechloride entstehen. Hier verwendet man vor allem Thionylchlorid und Phosphorpentachlorid als Chlorierungsmittel.
Halogenzählrohr, ein → Geiger-Müller-Zählrohr.
Halonlöscher, → Handfeuerlöscher.
Halsen, → Segeln.
Haltepunkt, → thermische Analyse.
Haltlichtanlage, → Blinklichtanlagen.
Haltung, → Wasserhaltung.
Haltzylindermaschine, → Zylinderdruckmaschine.
Hämatit, ein Mineral, ein wichtiges, weit verbreitetes Eisenerz (Eisengehalt 40 bis 65%), Fe_2O_3; trigonal, stahlgrau bis schwarz, auch bunt angelaufen, Härte nach Mohs 5,5 bis 6, D. 5,0 bis 5,3 g cm^{-3}. H. kommt als Gemengteil in Magmagesteinen und kristallinen Schiefern vor, ferner als färbende Substanz in Sedimentgesteinen, und findet sich in dichten, körnigen, erdigen oder schuppigen Massen. Man unterscheidet a) derbe, dichte, feinfaserige Aggregate, z. B. **Roteisenstein** (eine dichte, kryptokristalline Varietät); **Roter Glaskopf** (kugel- oder nierenförmig mit radialfaserigem Aufbau); **Rötel (Rotstein, Roter Bolus, Rotocker)**, eine fast erdige und stark mit Ton verunreinigte und daher weiche Abart. b) Kristalle und gröber kristalline Aggregate mit Metallglanz, z. B. **Eisenglanz (Spekularit, Glanzeisenerz), Eisenglimmer** (dünne Blätter). H. dient vorwiegend zur Gewinnung von Gußeisen und Stahl, ferner als Polierstein, gepulverte reine Arten für Farben und Farbstifte.
Häme, Komplexverbindungen der Porphyrine mit zweiwertigem Eisen, → Hämoglobin.
Häminfermente, Fermente, die als Koferment **Hämine** (d. s. Komplexverbindungen der Porphyrine mit dreiwertigem Eisen) enthalten. Zu ihnen gehören einige Oxydoreduktasen, z. B. die Zytochromoxydase, Zytochrome, Katalasen und Peroxydasen.
Hammer, → Maschinenhammer.
Hammerbrecher, eine Maschine zum Grobzerkleinern von mittelharten bis weichen Stoffen, z. B. Kalk, Salz, Kohle u. a. In einem Gehäuse befinden sich eine oder zwei maschinell angetriebene Wellen mit aufgesetzten Schlagkreuzen. Diese tragen an den Enden bewegliche Schläger (Hämmer), die bei schneller Drehung infolge der Zentrifugalkraft durch einen Einfallrost hindurchgreifen, Stücke von dem darin liegenden



Material abschlagen und dann weiter zerkleinern, bis das Brechgut unten durch den Ausfallrost fällt.
Dem H. ähnelt die **Hammermühle** zum Feinzerkleinern der genannten Stoffe sowie von Getreide, Futtermitteln u. a. Sie unterscheidet sich vom H. dadurch, daß sie eine größere Anzahl Schläger aufweist (Schlägermühle); ein Einfallrost fehlt.
Hammermühle, → Hammerbrecher.
Hammerschlag, → Zunder.
Hämogen, → Vitamine.
Hämoglobin, abg. **Hb, Blutfarbstoff,** ein zusammengesetzter Eiweißkörper (Chromoproteid), der färbende Bestandteil der im Blut enthaltenen roten Blutkörperchen, besteht zu etwa 96% aus dem Eiweißkörper **Globin** und zu etwa 4% aus der Farbstoffkomponente **Häm**. Das Häm aller Tierarten ist gleich, während die Globinkomponente unterschiedlich ist. Das Häm besteht aus dem Portoporphyrin und einem Atom zweiwertigem Eisen. Das Protoporphyrin leitet sich vom Porphingerüst ab, das aus vier Pyrrolringen besteht, die durch vier Methingruppen —CH= verknüpft sind. Protoporphyrin ist ein 1,3,5,8-Tetramethyl-2,4-divinyl-6,7-dipropionsäure-porphin. Auf ein Molekül H. entfallen vier Atome zweiwertiges Eisen, da ein Molekül H. je vier Moleküle Häm und 4 Moleküle Globin enthält.

Das menschliche H. hat ein Molekulargewicht von 64458. Ein Molekül H. kann je nach Grad der Sauerstoffspannung ein Molekül Sauerstoff aufnehmen und wird dadurch zum **Oxyhämoglobin**, das den Sauerstoff abgeben kann. Die wichtigste Funktion des H.s besteht in dem Sauerstofftransport von den Atmungsorganen Lunge, Kiemen u. a., wo sich unter hohem Sauerstoffdruck das H. mit Sauerstoff belädt, zu den Geweben, in denen bei niedrigem Sauerstoffdruck der Sauerstoff für die Zellatmung abgegeben wird. Kohlenmonoxid wird vom H. über 200mal fester gebunden als Sauerstoff, es verdrängt den Sauerstoff und führt zum Ersticken. Schwefelwasserstoff verbindet sich mit H. zu Sulfhämoglobin, das ebenfalls schwer dissoziierbar ist und den O_2-Transport verhindert. Das Blut des Menschen enthält beim Mann 16 %, bei der Frau 14,7 % H.

Lit. Brugsch: H. (2. Aufl. Leipzig 1955).

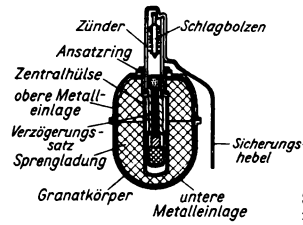
Handfeuerlöscher, kleine Geräte zur Bekämpfung von Entstehungsbränden mit → Feuerlöschmitteln. H. werden nach dem verwendeten Löschmittel eingeteilt. **Naßlöscher** enthalten 10 l Wasser, worin etwa 5 kg Kaliumkarbonat K_2CO_3 zur Erreichung einer Frostbeständigkeit von −30 °C gelöst sind. Der Spritzdruck wird durch Betätigen des Schlagknopfes einer Druckgasstahlflasche erzeugt, die 50 g flüssiges Kohlendioxid CO_2 enthält (Abb.). Bei älteren H.n wird nach Zertrümmerung einer mit Schwefelsäure gefüllten Glasampulle eine Reaktion der Schwefelsäure mit dem im Wasser gelösten Natriumhydrogenkarbonat unter Bildung von CO_2 bewirkt. **Schaumlöscher** enthalten eine Lösung von Wasser, Schaumbildner auf Eiweiß- oder Netzmittelbasis und Glykol, wodurch man eine Frostbeständigkeit von −15 °C erreicht. Durch Zumischung von Druckluft werden 100 bis 140 l Schaum entwickelt, d. h. es erfolgt eine 10- bis 14fache Verschäumung. Bei älteren Typen wird die Schaumerzeugung für die chemische Reaktion zwischen alkalischer und saurer Lösung beim Umdrehen des Löschers bewirkt. **Halonlöscher** enthalten Halogenkohlenwasserstoffe, z. B. 1 bzw. 4 kg Monochlormonobrommethan CH_2ClBr oder 2 l Kohlenstofftetrachlorid CCl_4 **(Tetralöscher)**. Ein Druckluft-Druckpolster ermöglicht den Austritt des Löschmittels beim Öffnen des Ventils. Bei Anwendung von Halonlöschern in schlecht belüftbaren Räumen ist Vorsicht geboten! **Trockenlöscher** enthalten 1, 6 bzw. 12 kg Trockenlöschpulver. Durch Betätigung einer Einschlagarmatur, bei älteren Typen durch Aufdrehen eines Ventils wird Kohlendioxid aus einer Druckgasstahlflasche ausgetrieben, das das Löschpulver als Pulvergasgemisch über einen Schlauch auf den Brandherd treibt. Eine Spritzpistole ermöglicht die Unterbrechung des Pulverstrahls. **Kohlensäurelöscher** (richtiger Kohlendioxidlöscher) enthalten 1, 5 bzw. 6 kg flüssiges Kohlendioxid, das beim Öffnen eines Ventils über ein Schneerohr gasförmig und fest (festes CO_2) entströmt. Spezialiöscher sind **Netzmittellöscher** für Kohlenstaubbrände, **Magnesiumlöscher** für Leichtmetallbrände und Löscher für Brände von Flugzeugbordanlagen.

Lit. Gruhl: Technische Beschreibung und Bedienungsanweisung der H. (6. Aufl. Berlin 1965). → Feuerlöschmittel.

Handfeuerwaffen, → Feuerwaffen.

Handgranate, eine Nahkampfwaffe, ein Sprengkörper geringer Masse, der von Hand geworfen wird. Man unterscheidet Splitter- und Panzerhandgranaten.

Splitterhandgranaten haben eine enorme Splitterwirkung (Radius 15 bis 20 m) und werden zur Bekämpfung von Gruppen bzw. zur Vernichtung von Schützen in Erddeckungen, zum Häuserkampf u. dgl. verwendet. Sie bestehen aus einem ovalen Stahlblechkörper (daher auch **Eierhandgranaten** genannt) mit Sprengstoffüllung. Zentralhülse und einem einschraubbaren Zünder mit Sicherungshebel und Splint. **Panzerhandgranaten** werden zur Bekämpfung von Panzern und gepanzerten Fahrzeugen eingesetzt. Sie bestehen aus einem topfförmigen Granatkörper mit einer Zentralhülse am oberen Ende. die den Zünder



Splitterhandgranate im Schnitt

aufnimmt; darauf ist der Stiel mit Sicherungseinrichtung geschraubt **(Stielhandgranate)**. Das Scharfmachen („Abziehen") der H. erfolgt durch Herausziehen der Sicherung, wodurch der Zünder (Zeitzünder) ausgelöst wird. Die Wurfweite beträgt 20 m bis 40 m, die Detonation erfolgt 3 bis 4 s nach dem Wurf.

Handsatz, → Setzen.

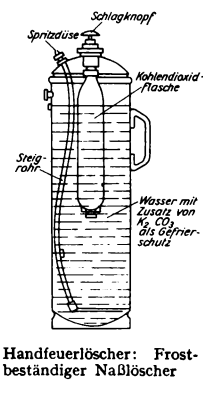
Hanföl, → Fette und fette Öle.

Hängebahn, Schienenhängebahn, unzutreffend auch als **Schwebebahn** bezeichnet, eine zu den → Sonderbahnen gehörende nichtkonventionelle Schienenbahn (Einschienenbahn) zum horizontalen oder geneigten Transport von Lasten oder Personen. Die Lastaufnahmemittel (z. B. Kübel, Kabinen) laufen mittels besonderer Fahrwerke auf einer über den Lastaufnahmemitteln angebrachten Fahrbahn. Die Seilschwebebahnen zählen nicht mit zu den H.en.

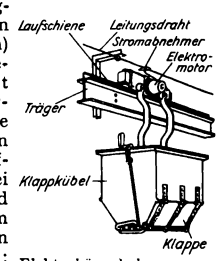
Nach der Verwendung unterscheidet man Lastenhängebahnen und H.en zur Personenbeförderung.

1) **Lastenhängebahnen.** Bei der **Handhängebahn** werden Kübel, Gehänge, Greifer u. dgl. von Hand vorwärts bewegt. Handhängebahnen dienen in der Industrie zum Lastentransport, in der Landwirtschaft zum Transport von Futter **(Futterbahn)** oder Dung **(Dungbahn)**. Bei größeren Anforderungen werden die Fahrwerke elektrisch angetrieben **(Elektrohängebahn)**. Antriebsmotor und Untersetzungsgetriebe sind direkt an den Fahrwerken angeflanscht, die Antriebsenergie wird von Schleifleitungen, die über oder neben den Laufschienen angeordnet sind, abgenommen. Je nach den technologischen Bedingungen können einzelne oder mehrere Fahrzeuge eingesetzt werden und unstetig im Pendelbetrieb oder stetig im Kreislauf verkehren. Bei mehreren Fahrzeugen wird die Anlage in Blockstellen aufgegliedert, wodurch der Fahrzeugabstand reguliert wird. Die Fahrzeuge können auch mit Führerstand (Führerstandslaufkatzen) ausgerüstet werden. Hand- und Elektrohängebahnen sind nur für den horizontalen Transport geeignet. Für geneigten Transport zur Überwindung von Höhenunterschieden haben die Fahrzeuge keinen eigenen Antrieb und werden an ein Zugseil gekuppelt. Sie können als Umlauf- oder als Pendelbahnen betrieben werden. Bei Umlaufbahnen laufen die Fahrzeuge stetig und werden nur an den Be- und Entladestellen vom Zugseil abgekuppelt. Bei Pendelbahnen werden die Fahrzeuge fest mit dem Zugseil verbunden; während das eine Fahrzeug nach oben bewegt wird, fährt das Gegenfahrzeug nach unten, und umgekehrt.

Im weitesten Sinne sind auch die Kreisförderer Lastenhängebahnen.



Handfeuerlöscher: Frostbeständiger Naßlöscher



Elektrohängebahn

2) H.en zur Personenbeförderung laufen üblicherweise mit Doppelspurkranzrädern auf einer Stahlschiene, die auf einem durch Stützen getragenen Stahl- oder Betontragwerk verlegt ist. Fahrwerk und Wagenkasten sind durch einen gekrümmten Arm unsymmetrisch verbunden. Die französische SAFEGE-Hängebahn verwendet als Fahrbahn einen Stahlhohlbalken mit rechteckigem Querschnitt, in dem luftbereifte Drehgestelle als Fahrwerk laufen. Der Wagenkasten ist symmetrisch an ihnen aufgehängt, der Hohlbalken ist deshalb an seiner Unterseite zwischen den Fahrspuren offen. In Kurven können die Wagenkästen seitlich ausschwenken. Personenhängebahnen werden ausschließlich elektrisch betrieben, die Stromzuführung und -rückleitung erfolgt durch am Fahrbahnbalken angebrachte Fahrleitungen. Die Antriebsmotoren sind im Fahrwerk eingebaut.

Abgesehen von der Wuppertaler und der Dresdener Schwebebahn sind Personenhängebahnen bisher nur als Versuchsanlagen bekannt geworden. Die sehr schwierige Weichenkonstruktion verhindert eine im städtischen Verkehr notwendige Netzbildung.

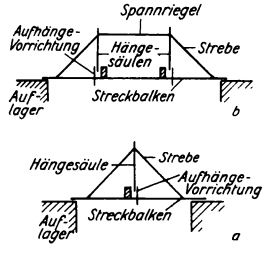
Hängebank (Tafel 21), im Bergbau meist etwa in halber Höhe um das Fördergerüst angeordnetes Zwischengeschoß oder Plattform mit Stahlplattenboden und Gleisen, Endpunkt der Schachtförderung. Von der Leerseite der H. aus werden die leeren Förderwagen in die Förderkörbe geschoben (eingehängt), auf der Vollseite die gefüllten abgezogen und entweder in einem Kreiselwipper entleert oder den Aufbereitungsanlagen von oben zugeführt. Die **Rasenhängebank** ist die zu ebener Erde liegende Fläche um das Fördergerüst, von der aus Material in die Förderkörbe eingehängt wird.

Hangendes, die geologische Schicht, die über der jeweils betrachteten Schichtengruppe, der Lagerstätte oder dem Gang liegt. Bei ungestörter Lagerung von Sedimentgesteinen ist das Hangende jünger als die darunterliegende Schicht. Gegensatz: → Liegendes.

Hanger, → Ladegeschirr.

Hängestück, → Bühnentechnik.

Hängewerk, im Bauwesen eine Konstruktion aus Holz oder Stahl zum Überbrücken von großen Spannweiten. Die Eigenmasse der Konstruktion und die Nutzlasten werden über abgestrebte **Hängesäulen** zu den Auflagern übertragen, so daß die waagerechten, an den Hängesäulen aufgehängten Streckbalken entlastet sind. Bis zu 8 m Spannweite wendet man einfache H.e an,



Hängewerk: *a* einfaches, *b* doppeltes Hängewerk

bis zu 12 m doppelte, für größere Spannweiten dreifache. H.e finden sich vor allem im Dach- und Brückenbau. Über **Hängesprengwerk** → Sprengwerk.

Hängezeug, im Bergbau verwendete Vermessungsinstrumente. Das H. besteht aus einem Kompaß und einem Gradbogen zum Bestimmen von Streich- und Neigungswinkeln. Zur Messung werden beide Instrumente an einer zwischen zwei festen Punkten gespannten Schnur aufgehängt.

HARCO, ein System zur → Funkortung.

Hardenit *m*, metallographische Bezeichnung für ein Gefüge in vergütetem Stahl, das sehr große Ähnlichkeit mit dem → Martensit besitzt, aber der unteren → Zwischenstufe angehört.

Hardtop, → Karosserie.

Harkinssche Regel, → chemische Elemente.

harmonische Analyse, Fourieranalyse, Zerlegung einer periodischen Schwingung in ihre einfachen harmonischen Bestandteile, d. h. in ihre Grundschwingung und deren harmonische Oberschwingungen (→ harmonische Bewegung). Dies ist gleichbedeutend mit der Entwicklung einer periodischen Funktion (Schwingung) $f(t)$ in eine trigonometrische Reihe (*Fourierreihe*)

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cdot \cos nt + b_n \cdot \sin nt) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cdot \sin(nt + \varphi_n);\ c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

ist dabei die Amplitude der harmonischen Schwingung, $\varphi_n = \arctan \frac{a_n}{b_n}$ ihre Phasenverschiebung.

Die Bezeichnung h. A. stammt aus der Akustik, und zwar rührt sie her von der Problemstellung, wie man einen gegebenen Ton aus Grundton und Obertönen zusammensetzen kann.

harmonische Bewegung, eine periodische Bewegung, die durch die Projektion eines sich auf einer Kreislinie mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegenden Punktes auf einen Durchmesser des Kreises entsteht. Sie läßt sich durch eine reine Sinusfunktion $y = a \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ darstellen. (Die Variable t bezeichnet die Zeit.) Jede solche Funktion bezeichnet man ebenso wie ihre graphische Darstellung als *einfache harmonische Schwingung* oder auch *reine Schwingung*; a heißt die Amplitude der Schwingung, ω ihre (Kreis-) Frequenz, φ bezeichnet man als Phasenverschiebung, $\frac{2\pi}{\omega}$ ist die Periode der Funktion bzw. der Schwingung. Jede reine Schwingung läßt sich in der Form $\alpha \cdot \cos \omega t + \beta \cdot \sin \omega t$ darstellen und umgekehrt. Die Summe zweier einfachen Schwingungen mit verschiedenen Perioden ist keine einfache Schwingung mehr. Eine reine Schwingung, deren Frequenz doppelt so groß ist wie die einer gegebenen Schwingung, bezeichnet man als *erste harmonische Oberschwingung* zu der ursprünglichen Schwingung, die man auch *Grundschwingung* nennt. Entsprechend heißt eine Schwingung mit der dreifachen Frequenz der ursprünglichen Schwingung eine *zweite harmonische Oberschwingung* der Grundschwingung usw., → Schwingung.

harmonische Funktionen, die Lösungsfunktionen der → Laplaceschen Differentialgleichung.

harmonischer Analysator, mathematisches Gerät zur Durchführung harmonischer Analysen. Bekannt ist der mechanisch arbeitende harmonische A. von Mader-Ott, der die Fourierkoeffizienten einer graphisch dargestellten periodischen Funktion $f(x)$ — Periodenlänge l von 2,5 bis 36 cm — durch Abfahren der Kurve mit dem Fahrstift des Gerätes bestimmt. Man beginnt beim Periodenanfang, fährt bis zum Periodenende längs der Kurve und anschließend zurück auf der Abszissenachse bis zum Periodenanfang. Eine Ergänzung dieses Gerätes in Form eines Gelenkparallelogrammes gestattet die Analyse von Funktionen mit einer Periodenlänge bis zu 72 cm. Normalerweise kann man mit dem Gerät gleichzeitig zwei Fourierkoeffizienten bestimmen, jedoch sind auch hier Erweiterungen möglich, so daß bei einer Umfahrung der Kurve in der oben beschriebenen Art gleichzeitig maximal 14 Koeffizienten ermittelt werden können. Die Arbeitsweise dieses Gerätes besteht im mecha-

nischen Auswerten der Integrale für die Fourierkoeffizienten:

$$a_n = \frac{2}{l}\int_0^l f(x)\,\cos n\frac{2\pi}{l}x\;\mathrm{d}x$$

$$b_n = \frac{2}{l}\int_0^l f(x)\,\sin n\frac{2\pi}{l}x\;\mathrm{d}x$$

Dazu werden durch den Winkelhebel des Analysators im wesentlichen die Ordinaten der Funktion $f(x)$ auf die Abszisse $\sin n\frac{2\pi}{l}x$ und $\cos n\frac{2\pi}{l}x$ übertragen. Die am Gerät angeschlossenen *Polarplanimeter* geben dann die Werte der Stieltjes-Integrale

$$a_n = \frac{1}{n\pi}\int_0^l f(x)\mathrm{d}\left(\sin n\frac{2\pi}{l}x\right),$$

$$b_n = -\frac{1}{n\pi}\int_0^l f(x)\mathrm{d}\left(\cos n\frac{2\pi}{l}x\right)$$

in der Form an, daß einer Noniuseinheit eines Planimeters $\frac{1}{10}$ mm Ordinatenhöhe entspricht.

harmonische Reihe, die aus der *harmonischen Folge* 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, ... gebildete Reihe $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \cdots + \frac{1}{m} + \cdots$. Die h. R. ist divergent.

harmonisches Mittel, → Mittel.

harmonische Teilung, die Teilung einer Strecke $\overline{AB}$ innen und außen im gleichen Verhältnis. Ist C der innere und D der äußere Teilpunkt, so gilt also $\overline{AC}:\overline{CB} = \overline{AD}:\overline{DB}$. Die Punkte A, B, C, D heißen **harmonische Punkte.** Sie haben das charakteristische Doppelverhältnis $(ABCD)$ mit dem Wert -1. Umgekehrt wird auch die Strecke $\overline{CD}$ durch A und B harmonisch geteilt. Strahlen, die von einem beliebigen Punkt S aus durch die harmonischen Punkte verlaufen, heißen **harmonische Strahlen.** Sie schneiden jede beliebige Gerade (die nicht durch S geht) wieder in harmonischen Punkten. (Abb.)

Harnsäure, 2,6,8-Trihydroxypurin, ein Endprodukt des menschlichen und tierischen Eiweißstoffwechsels, das durch den Harn ausgeschieden wird. H. findet sich in geringen Mengen auch im Blut und ist bei Kriechtieren und Vögeln das einzige stickstoffhaltige Endprodukt des Stoffwechsels. Sie ist ein weißes, geschmack- und geruchloses Pulver. Zum Nachweis der H. dient die Murexidreaktion. Synthetisch wird H. unter anderem aus Harnstoff und Zyanessigester (*Traubesche Synthese*) gewonnen. Die Ausscheidungen der H. in kristalliner Form können zu Gicht, Blasen- und Nierensteinen führen. H. ist Ausgangsprodukt zur Gewinnung anderer Purine.

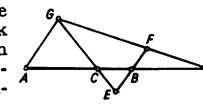
Harnstoff, Karbamid, Kohlensäurediamid, $H_2N{-}CO{-}NH_2$, ein Endprodukt des Eiweißabbaus bei Mensch, Säugetieren, Amphibien und Fischen. H. kristallisiert in farb- und geruchlosen Nadeln (F. 133 °C). Beim Erhitzen auf höhere Temperaturen entsteht → Biuret. Technisch stellt man H. aus Ammoniak und Kohlendioxid über Ammoniumkarbamat her. Ferner erhält man H. z. B. noch durch Einwirkung von Ammoniak auf Kohlensäureester, Phosgen oder Methan sowie aus Ammoniumzyanat (erstmalige synthetische Darstellung durch F. Wöhler 1828). H. wird als hochwertiges Stickstoffdüngemittel, als Grundstoff für die Herstellung von Harnstoffharzen und Schlafmitteln, den Derivaten der Barbitursäure, als Stabilisator für Zellulosenitrat, als wertvolles Eiweißfuttermittel für Wiederkäuer und als Ausgangsstoff für verschiedene organische Synthesen verwendet.

Harnstoffharze, Karbamidharze, Duroplaste aus der Gruppe der Aminoplaste. Sie werden durch Polykondensation von Harnstoff und Formaldehyd hergestellt. Durch Verändern der Herstellungsbedingungen, z. B. gegenseitiges Mischungsverhältnis, Reaktionsdauer und -temperatur, pH-Wert, Katalysatoren, zusätzliche Reaktionskomponenten (ein- oder mehrwertige Alkohole, Amine, Säureamide u. a.), gewinnt man, ebenso wie bei Phenolharzen, über Zwischenstufen hinweg flüssige bis feste, aber noch schmelzbare und lösliche Produkte, die durch Härten in den unschmelzbaren und unlöslichen Zustand übergeführt werden können. Die H. werden meist mit Füllstoffen zu Preßmassen verarbeitet, die lichtecht, geruch- und geschmacklos sind. Sie werden vor allem für Teile der Radiotechnik und für Möbelbeschläge, ferner zur Herstellung von Nahrungsmittelbehältern, Küchengeräten und anderen Gebrauchsartikeln verwendet.

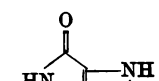
Harpune, → Fischfanggerät, → Walfang.

Hartblei, Sammelbezeichnung für Bleilegierungen, denen zur Steigerung der Härte und Festigkeit Antimon und/oder Arsen zugesetzt ist. H. wird z. B. für chemische Anlagen, Rohrleitungen, Kabelmäntel, Schrot, Lettern und verschiedene Spritzgußteile verwendet, H. mit etwa 9% Antimon für Akkumulatorenplatten.

Härte, 1) in der Werkstoffprüfung meistens definiert als der Widerstand, den ein Körper dem Eindringen eines anderen, härteren entgegensetzt. Eine physikalische Auslegung definiert die Härte als die Kraft, bei der gerade noch keine plastische Verformung auftritt. In der Technik beurteilt man sie vorwiegend aus bleibenden Formänderungen. Bei der technischen Härtemessung unterscheidet man statische und dynamische Verfahren. Bei den **statischen** Verfahren wird ein Prüfkörper mit einer bestimmten Belastung allmählich in das Werkstück eingedrückt. Die H. wird aus der Größe des Eindrucks ermittelt (→ Brinellhärte, → Vickershärte, → Rockwellhärte). Zu den statischen Verfahren zählt man auch die Ritzhärtemessung (→ Mohssche Härteskale). Die **dynamischen** Verfahren lassen sich in 2 Gruppen einteilen: a) Der Prüfkörper wird in den Werkstoff eingeschlagen (Schlaghärte, z. B. mit dem → Poldihammer), die Auswertung ist ähnlich wie bei den statischen Verfahren; b) Man mißt die Rückprallhöhe eines Prüfkörpers, der beim Skleroskop nach Shore in einer Glasröhre frei fallend von oben oder beim Duroskop als Pendel seitlich auf die Werkstückoberfläche auftrifft. Die erhaltenen Werte werden als Shore-, Skleroskop- oder Duroskop-Härte bezeichnet.



harmonische Teilung.
$\overline{AC}:\overline{CB} = \overline{AG}:\overline{EB}$
$= \overline{AG}:\overline{BF} = \overline{GD}:\overline{DF}$
$= \overline{AD}:\overline{DB};\ \overline{EB} = \overline{BF}$


Harnsäure

2) H. des Wassers, der Gehalt des Wassers an gelösten Kalzium- und Magnesiumverbindungen. Sie wird nach Härtegraden (°H) gemessen, deren Bewertung in den einzelnen Ländern unterschiedlich ist. Ein **deutscher Härtegrad** (°dH) entspricht dem Gehalt von 10 mg Kalziumoxid in 1 l Wasser. Im Streben nach einer international einheitlichen Dimensionierung der H. soll nicht mehr nach Härtegraden, sondern nach mval (Millival) gemessen werden. Dem Äquivalentgewicht von Magnesiumoxid MgO entsprechend beträgt 1 °dH = 0,36 mval = 7,19 mg/l MgO. Das Verhältnis zwischen CaO und MgO lautet CaO : MgO = 1 : 0,719.

Nach dem Verhalten des Wassers beim Kochen unterscheidet man zwischen vorübergehender und bleibender H. Die **vorübergehende** oder **temporäre H.,** auch als **Karbonathärte (KH)** bezeichnet, beruht auf den sich beim Kochen zersetzenden Hydrogenkarbonaten des Kalziums und Magnesiums. Dabei scheiden sich die schwerlöslichen Karbonate ab (Bildung von Kesselstein). Die **bleibende** oder **permanente H.,** auch als **Nichtkarbonathärte (NKH)** bezeichnet, be-

ruht auf den Kalzium- und Magnesiumsulfaten, -chloriden, -silikaten, -nitraten und -humaten. Karbonathärte (KH) und Nichtkarbonathärte (NKH) ergeben zusammen die **Gesamthärte (GH).**

Einteilung der Wässer nach der Härte (Gesamthärte)

	°dH	mval
sehr weich	0··· 4	0··· 1,44
weich	4··· 8	1,44··· 2,88
mittelhart	8···12	2,88··· 4,32
ziemlich hart	12···18	4,32··· 6,48
hart	18···30	6,48···10,8
sehr hart	> 30	> 10,8

Nachteile des harten Wassers sind z. B. Kesselsteinbildung in Dampfkesseln, größerer Verbrauch an Seife beim Waschen und schlechtes Weichkochen von Gemüse, besonders von Hülsenfrüchten.

Die **Enthärtung des Wassers** geschieht durch chemische Verfahren, z. B. Zusatz von Ätzkalk, Ätznatron, Soda, Salz- oder Schwefelsäure, Trinatriumphosphat und Ionenaustauschern, sowie durch chemisch-physikalische und rein physikalische Methoden, z. B. Destillations-, Ausfrier- und elektrolytische Verfahren.

3) H. von Röntgen-, Gamma-, kosmischer Strahlung, ihr Durchdringungsvermögen. Bei Wellenstrahlung ist sie bei gleichem Material im allgemeinen um so größer, je kleiner die Wellenlänge der Strahlung ist **(harte Strahlung).** So wird eine Strahlung mit der Wellenlänge 0,154 nm von 0,049 mm Aluminium zu 50 %, eine Strahlung der Wellenlänge 0,021 nm erst von 8 mm Aluminium zu 50 % absorbiert.

Härten, 1) Fertigungstechnik: Verfahren der → Wärmebehandlung zur Härtesteigerung von Metallen, vor allem von Stählen, durch Gefügeänderungen.

1) Das **Kalthärten** wird durch → Kaltumformen (Schmieden, Walzen oder Ziehen) erreicht, wobei eine Kaltverfestigung eintritt.

2) **Abschreckhärten** oder **Umwandlungshärten,** oft nur als H. bezeichnet, geschieht bei Stahl durch Erwärmen auf eine Temperatur im γ-Gebiet (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen) und Abschrecken, wobei → Martensit entsteht. Durch Abschrecken härtbar sind unlegierte Stähle mit 0,35 bis etwa 2 % Kohlenstoff sowie legierte Stähle, die außer Kohlenstoff noch Mangan, Chrom, Nickel, Molybdän und andere Legierungselemente enthalten können. Die Arbeitsstufen beim Abschreckhärten sind a) Erwärmen auf Härtetemperatur, die normalerweise 30 bis 50 °C über der Umwandlungstemperatur liegt (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen); b) → Abschrecken.

Abarten des Abschreckhärtens. Das **Warmbadhärten** zum Erzielen verzugs- und spannungsfreier Werkstücke erfolgt durch Abkühlen in einem Warmbad, dessen Temperatur in der Nähe des Martensitpunktes liegt, Halten in dem Bad bis zum Temperaturausgleich und nachfolgendes beliebiges Abkühlen auf Raumtemperatur. Das **Brennhärten (Oberflächen-, Flammen-, Autogenhärten)** ist Abschreckhärten der Oberfläche von Stählen mit mehr als 0,35 % Kohlenstoff, wobei deren Randschicht mit einer Flamme erwärmt wird. Empfindliche Werkstücke erwärmt man, damit sie sich nicht verziehen, mit Mittel- oder Hochfrequenzstrom **(Induktionshärten).**

3) Beim **Aushärten** oder **Ausscheidungshärten** geben durch Lösungsglühen (→ Glühen), Abschrecken und Auslagern (Lagern der Werkstücke bei Raum- oder höherer Temperatur) hervorgerufene atomare Ausscheidungsvorgänge im Kristallgitter größere Festigkeit und Härte. Aushärtbar sind eine große Anzahl von Legierungen (z. B. Duralumin, Berylliumbronze).

4) Beim **Nitrieren (Nitrierhärten, Aufsticken)** bilden sich durch Eindringen von Stickstoff aus einer Gasatmosphäre oder einem Härtebad bei Temperaturen bis etwa 580 °C (→ Eisen-Kohlenstoff-Legierungen) in die Oberfläche geeigneter Stähle **(Gasnitrieren** bzw. **Badnitrieren)** ohne Abschrecken der Werkstücke Nitridverbindungen von sehr großer Härte. Nitrierbar sind vor allem Stähle mit Zusätzen von Chrom, Silizium, Aluminium und solchen Legierungselementen, die eine große Verwandtschaft zum Stickstoff haben und sein Eindringen in die Stahloberfläche begünstigen (praktisch angewendete Dicke der Nitridschicht höchstens 1 mm).

5) Das **Einsatzhärten** erfolgt nach vorherigem → Aufkohlen oder Diffusion von Stickstoff in die Oberflächenrandschichten.

Lit. Jasnogorodski: Elektrolytisches H. (dtsch Berlin 1951); Kubasta: Das Härtungsverhältnis der Edelstähle (2. Aufl. Halle 1949); Moszeik: Härterei (7. Aufl. Leipzig 1952); Reimann: Das H. (4. Aufl. Leipzig 1953); Warnke u. Schramm: Stahlhärtung (Berlin 1961); → Wärmebehandlung.

2) Chemie: die Fetthärtung, → Fette und fette Öle.

Hartgewebe, ein → Schichtpreßstoff.

Hartguß, ein → Gußeisen mit großer Härte (Vickershärte bis zu 600 kp/mm²). Der Kohlenstoff ist fast vollständig in Form von → Zementit abgebunden. Die Härte wird durch entsprechende Zusammensetzung der Legierung (niedriger Siliziumgehalt, hoher Mangangehalt) oder durch gießtechnische Maßnahmen erzwungen, indem man das flüssige Metall nicht in Sandformen, sondern in Kokillen vergießt, wo es sich an der Oberfläche schnell abkühlt. Man unterscheidet danach **Vollhartguß** oder **Legierungshartguß,** einen durch und durch weiß erstarrten, also harten Guß, und **Schalenhartguß** mit außen weißer, karbidischer, harter Schreckschicht und einem grauen, weichen Kern. H. wird angewandt für Panzerplatten, Walzen für Kaltwalzwerke, Brechbacken für Steinbrecher u. a.

Lit. Meyer: Der H. (Halle 1955); Poetter: H. und Walzenguß (Berlin 1953).

Hartmanganerz, → Braunstein.

Hartmetall, durch Pressen und Sintern hergestellte Legierung von großer Härte (Vickershärte 700 bis 800 kp/mm²) und hoher Temperaturbeständigkeit (bis 900 °C). Als Härteträger enthalten die H.e die hochschmelzenden Karbide von Wolfram, Titan, Tantal, Molybdän. H.e dienen hauptsächlich zur spanabhebenden Bearbeitung von Metallen, z. T. werden sie aber auch in Bohrern, Glasschneidern u. dgl. sowie für Turbinenschaufeln verwendet. H.e zur spanabhebenden Bearbeitung werden in drei Zerspanungshauptgruppen eingeteilt: P (Farbkennzeichen blau) für langspanende Werkstoffe, M (Farbkennzeichen gelb) für lang- und kurzspanende Werkstoffe, K (Farbkennzeichen rot) für kurzspanende Werkstoffe. H.e für die Bearbeitung langspanender Werkstoffe sind meist titankarbidhaltig (etwa 68 bis 85 % Wolfram, 4 bis 18 % Titan, 5 bis 8 % Kobalt, 6 bis 8 % Kohlenstoff), für die Bearbeitung kurzspanender Werkstoffe meist titankarbidfrei (etwa 83 bis 91 % Wolfram, 3 bis 10 % Kobalt, 6 % Kohlenstoff). H. wird unter den Namen Harthü (Wz. DDR), Widia und Titanit (Wz. WD) gehandelt.

Hartpapier, ein → Schichtpreßstoff.

Hartsalz, → Kali.

Harzalkyde, → Alkydharze.

Harze, größtenteils amorphe organische feste oder halbfeste Körper, die gewöhnlich einen charakteristischen Glanz zeigen und durchscheinend sind. H. sind nicht so sehr durch ihre chemische Zusammensetzung als durch ihre

ähnlichen physikalischen Eigenschaften charakterisiert und stellen unterkühlte Schmelzen wie etwa die Gläser dar. Sie haben keinen festen Schmelzpunkt, sondern gehen allmählich vom flüssigen in den festen Zustand über.

Man teilt die H. in natürliche und künstliche ein.

1) Die **natürlichen H.** sind in der Hauptsache pflanzlichen Ursprungs und treten für sich oder gemischt mit Terpentinöl oder anderen Ölen als Absonderungen von Nadelhölzern wie Kiefern, Tannen und Fichten auf. Flüssige H. oder Lösungen von H.n in ätherischen Ölen werden *Balsame* genannt, z. B. Kanadabalsam und Perubalsam.

Chemisch sind die Naturharze mit den Terpenen und ätherischen Ölen verwandt und bestehen meistens aus komplexen Gemischen von Harzsäuren (Resinosäuren), Harzalkoholen und Phenolen (Resinole), Phenolen mit Gerbstoffeigenschaften (Resinotannole), stark ungesättigten Stoffen (Resene) und Harzsäureestern. So stellt z. B. die nicht wasserdampfflüchtige Fraktion des Kiefernharzes ein Gemisch von fünf isomeren Diterpensäuren dar, an denen die Abietinsäure den größten Anteil hat. Von den **Baumharzen** bezeichnet man die ältesten als *fossile H.*, deren Hauptvertreter der Bernstein ist. Die jüngeren, jedoch auch schon mehrere Jahrhunderte alten Baumharze sind die *rezentfossilen H.*, zu denen die Kopal-, Dammar- und Elemiharze gehören. Die frischgewonnenen H. nennt man *rezente H.*, deren Hauptmenge die Balsamharze darstellen, die in der Hauptsache durch künstliche Verletzung von Nadelbäumen gewonnen werden (sekundärer Harzfluß). Durch Destillation des Rohbalsams erhält man Terpentinöl und als Destillationsrückstand nach dem Schmelzen → Kolophonium. Sonstige **Pflanzenharze,** wie Mastix und Sandarak, besitzen mengenmäßig keine große Bedeutung. Das wichtigste **Harz tierischen Ursprungs** ist der → Schellack. Die Umwandlungsprodukte von Naturkautschuk (→ Kautschuk) rechnet man ebenfalls zu den natürlichen H.n. Viele der natürlichen Rohharze werden nach dem Schmelzen und Filtrieren durch Dampf- oder Vakuumdestillation in verschiedene Bestandteile getrennt und dienen zur Herstellung von Lacken, Firnissen, Polituren, kosmetischen Artikeln, Textilhilfsmitteln und Pharmazeutika. Infolge der steigenden Produktion und Vielfalt der künstlichen H. verlieren die Naturharze jedoch mehr und mehr an Bedeutung.

2) **Künstliche H.,** → Kunstharze.

Harzsäuren, Resinosäuren, hydroaromatische Verbindungen, die vor allem in den Fichtenharzen und dem daraus gewonnenen Kolophonium enthalten sind. Die bekannteste Harzsäure ist die Abietinsäure. Die Salze und Ester der H. heißen → Resinate. Man gewinnt H. aus Terpentin und verwendet sie zur Herstellung von Harzseifen, Appreturmassen, Papierleimen u. a.

Haspe *f*, **Haspen** *m*, eine Art Haken, bes. zum Einhängen von Türen, Fensterläden u. dgl. (Abb.)

Haspel, 1) eine ortsfeste → Winde.

2) ein Trog mit Rührschaufeln zum Gerben und Färben.

3) **Weife,** in der Textilindustrie ein prismatischer Rahmen zum Aufwickeln von Fäden, wobei die H. gedreht wird (Weifen, Haspeln). Die Fäden können dann als Strang abgenommen und weiterverarbeitet, z. B. gefärbt werden. Es gibt auch H.n zur Längenmessung (**Sortierweife, Präzisionsweife,** Abb.).

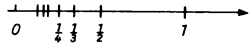
4) im Landmaschinenbau ein rotierendes Lattengestell, das am Mähbinder, Mähdrescher und anderen Mähmaschinen über dem Mähwerk angebracht ist. Es besteht aus mehreren parallel zu einer Welle angeordneten und mit dieser durch Streben verbundenen *Latten* (*Flügeln*), die das zu mähende Gut gegen das Mähwerk der Erntemaschine drücken, wo es geschnitten wird.

Für Lagerfrüchte wird oft eine Spezialausführung verwendet, welche mittels gesteuerter Zinken die Frucht vor dem Schnitt anhebt (**Lagerfruchthaspel**).

Haspelberg, → Bremsberg.

Haubitze, ein → Geschütz.

Häufungspunkt, ein Punkt aus einer Punktmenge mit der Eigenschaft, daß in jeder noch so kleinen Umgebung von ihm unendlich viele Punkte der Menge liegen. Beispiel: die Punkte 1, $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \ldots, \frac{1}{n}, \ldots$ der Zahlengeraden haben die 0 als H., dagegen hat die Punktmenge $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \ldots, \frac{n}{n+1} \ldots$ den H. 1. Der Begriff des H.es spielt besonders in der Analysis und der Topologie eine Rolle.



Haufwerk, Hauwerk, im Bergbau jedes hereingewonnene, d. h. aus seinem Verbande gelöste Mineral oder Gestein.

Hauptachsen, die aufeinander senkrecht stehenden Achsen, für die die Zentrifugalmomente (→ Trägheitsmoment) eines Körpers oder einer Fläche verschwinden. Symmetrieachsen sind stets H. Trägheitsmomente um H. heißen **Hauptträgheitsmomente.** Durch den Schwerpunkt eines Körpers gehende H. sind **freie Achsen** (→ Kreisel). Für die Festigkeitslehre haben die H. als Bezugsachsen große Bedeutung, weil sich dann z. B. die Spannungen bei beliebiger Beanspruchung eines Balkens am einfachsten darstellen lassen.

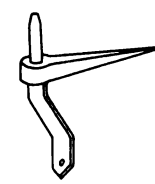
Hauptebene, → Linse.

Hauptkreis, Großkreis, auch **größter Kugelkreis,** jeder Kreis auf der Kugeloberfläche, dessen Mittelpunkt mit dem Mittelpunkt der Kugel zusammenfällt. Im Gradnetz der Erdkugel sind z. B. der Äquator und die Meridiane H.e, die Breitenkreise jedoch nicht.

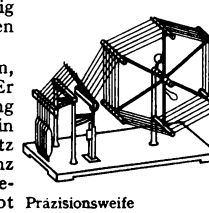
Hauptnährstoffe, svw. → Kernnährstoffe.

Hauptpunkt, → Linse.

Hauptsätze der Thermodynamik, grundlegende Erfahrungssätze, auf denen die gesamte → Thermodynamik beruht.


Haspe

Der 1. **Hauptsatz** ist ein Sonderfall des Energieerhaltungssatzes. Er sagt aus: In einem abgeschlossenen System, in dem beliebige (mechanische, elektrische, thermische, chemische) Vorgänge vor sich gehen, ist es auf keine Weise möglich, die Gesamtenergie des Systems zu verändern, es sei denn, daß von außen Wärme oder Arbeit zugeführt wird. In diesem Falle ist die Zunahme ΔU der inneren Energie U des Systems gleich der Summe der von außen zugeführten Wärme Q und Arbeit A, so daß $\Delta U = Q + A$ gilt. Aus dem 1. Hauptsatz folgt, daß ein Perpetuum mobile 1. Art unmöglich ist, d. h., es gibt keine periodisch wirkende Maschine, durch die fortlaufend Arbeit aus nichts gewonnen werden kann (Max Planck). Er läßt jedoch die Möglichkeit offen, daß Wärmeenergie vollständig in mechanische Energie umgewandelt werden kann.


Präzisionsweife

Inwieweit dies tatsächlich geschehen kann, klärt der 2. **Hauptsatz** oder **Entropiesatz.** Er gibt Auskunft darüber, in welcher Richtung von einem gegebenen Anfangszustand aus ein Prozeß in der Natur verläuft. Der 2. Hauptsatz ist wie der erste ein Erfahrungssatz, der ganz allgemein formuliert aussagt, daß das Perpetuum mobile 2. Art unmöglich ist, d. h., es gibt

Hauptschlußmaschine

keine periodisch arbeitende Maschine, die nichts anderes bewirkt als Erzeugung mechanischer Arbeit und Abkühlung eines Wärmebehälters.

Geht die Wärme Q_T von einer höheren Temperatur $T + \Delta T$ zu einer niederen Temperatur T über, so kann stets nur ein Teil der gesamten Wärmeenergie in mechanische Arbeit umgewandelt werden. Dieser Anteil nähert sich um so mehr einem oberen Grenzwert, je näher die Zustände, die das System während der Temperaturänderung durchläuft, den entsprechenden Gleichgewichtszuständen sind. Dieser obere Grenzwert ist nach dem Carnotschen Kreisprozeß $\eta = \frac{\Delta T}{T + \Delta T}$, d. h., das Verhältnis der gewonnenen Arbeit ΔA zu der bei der höheren Temperatur $T + \Delta T$ zugeführten Wärme $Q_{T+\Delta T}$ ist gleich dem Verhältnis $\Delta T/(T + \Delta T)$. η wird als thermischer Nutzeffekt bezeichnet; er wächst mit steigender Temperaturdifferenz. Der thermische Nutzeffekt (oder Wirkungsgrad) liegt bei Wärmekraftmaschinen in günstigen Fällen um 30 %.

Zur Formulierung des 2. Hauptsatzes muß man also eine Eigenschaft des Prozesses benutzen, die eine Unterscheidung zwischen Anfangs- und Endzustand gestattet: Betrachtet man einen Körper, dem bei der Temperatur T eine Wärme ΔQ zugeführt wird, so nennt man den Quotienten $\Delta Q/T$ die reduzierte Wärme. Läßt man diesen Körper von einem bestimmten Zustand 1 durch eine reversible (umkehrbare) Zustandsänderung in einen Zustand 2 übergehen, so ist die Summe der reduzierten Wärmen, die bei dieser Zustandsänderung zu- oder abgeführt werden, von der Art, wie der Körper von Zustand 1 in den Zustand 2 überführt wird, unabhängig. Also hat die Summe der reduzierten Wärmen, die auch durch das Integral $\int_1^2 \frac{dQ}{T}$ dargestellt werden kann, einen Betrag, der nur vom Anfangs- und Endzustand des Körpers abhängt. Für den Körper existiert also eine Zustandsfunktion S, die im Zustand 1 den Wert S_1 und im Zustand 2 den Wert S_2 hat; es gilt $\int_{\text{rev } 1}^{2} \frac{dQ}{T} = S_2 - S_1$. Diese Zustandsfunktion nennt man → Entropie. Führt man einen reversiblen Kreisprozeß aus, d. h. also einen Prozeß, bei dem Anfangs- und Endzustand gleich sind, so ist die Entropieänderung Null. Bei irreversiblen (nicht umkehrbaren) Zustandsänderungen ist $\int_{\text{irr. } 1}^{2} \frac{dQ}{T} < S_2 - S_1$. Die Entropie nimmt bei diesen Prozessen also zu.

Der 2. Hauptsatz wurde durch die → Informationstheorie erweitert.

Der 3. **Hauptsatz**, auch als **Nernstscher Wärmesatz** bezeichnet, sagt aus, daß bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt die Entropieänderung für sämtliche Phasenumwandlungen und chemischen Reaktionen, sofern sie sich in kondensierten (d. h. flüssigen und festen) Phasen abspielen, sich asymptotisch dem Wert Null nähert. Auf Grund dieser Erfahrungstatsache wird dann nach Planck die Entropie der reinen kondensierten Stoffe so normiert, daß sie am absoluten Nullpunkt gleich Null ist. Folgerungen sind: a) für T gegen 0 gehen auch sämtliche Temperaturkoeffizienten (z. B. Ausdehnungskoeffizient, Spannungskoeffizient, spezifische Wärme) für kondensierte Phasen gegen 0. b) Es ist auf keine Weise möglich, einen Körper bis zum absoluten Nullpunkt abzukühlen.

Als **nullten Hauptsatz** bezeichnet man mitunter den Satz, daß zwei Körper, die genügend lange in thermischem Kontakt gestanden haben, die gleiche Temperatur aufweisen. Der nullte Hauptsatz befaßt sich also mit dem Temperaturbegriff, der erste mit dem Energiebegriff, der zweite mit dem Entropiebegriff. Diese drei Begriffe sind grundlegend für die gesamte Wärmelehre.

Hauptschlußmaschine, eine → elektrische Maschine.

Hauptstrommaschine, eine → elektrische Maschine.

Hausmannit, ein Mineral, Mn_3O_4; tetragonal, bräunlichschwarz, vollkommen spaltbar, Härte nach Mohs 5,5, D. 4,7 bis 4,8 g cm^{-3}. H. kommt mit Braunit und anderen Mangan-Mineralen vergesellschaftet vor und wird in der Eisenmetallurgie zum Schmelzen von Ferromangan u. a. verwendet.

Haustechnik, → Installation.

Hautwirkung, svw. → Skin-Effekt.

Hauwerk, svw. → Haufwerk.

Hauyn, ein → Feldspatvertreter.

Hb, Abk. für → Hämoglobin.

HB, Abk. für → Brinellhärte.

hbar, Kurzz. für Hektobar, → Bar.

H-Bombe, Abk. für Wasserstoffbombe, → Kernwaffen.

HCH-Mittel, Hexamittel, Insektizide, die, als Wirkstoffe Hexachlorzyklohexane enthalten. Von den neun cis-trans-isomeren Formen ist am wirksamsten das γ-Isomere, auch *Gammexan* oder *Lindan* genannt, das zu 10 bis 15 % in den technisch hergestellten HCH-M.n enthalten ist. Die HCH-M. wirken als Kontakt- und als Fraßgifte sicher gegen fast alle fressenden und saugenden Insekten. Im Vergleich zu den DDT-Mitteln wirken sie schneller als diese, doch hält ihre Giftwirkung infolge ihrer großen Flüchtigkeit nicht so lange an. Man wendet die HCH-M. als Spritz- und Stäubemittel an.

He, Symbol für → Helium.

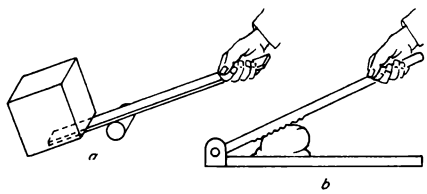
Heaviside-Kennelly-Schicht, → Ionosphärenschichten.

Hebebock, eine kurzhubige → Winde.

Hebebühne, eine Plattform, die mit einer Last hydraulisch (durch Luft-, Wasser- oder Öldruck) oder mechanisch gehoben und gesenkt werden kann. Sie wird z. B. zum Heben von Kraftfahrzeugen für Pflege- und Reparaturarbeiten benutzt oder ermöglicht das Be- und Entladen von Lastkraftwagen und Waggons ohne manuelle Hilfe und ohne störende Rampe. Im letzten Fall werden schwere Stücke mit einem Flurfördergerät (Gabelstapler o. a.) auf die H. gebracht, die bis in Höhe der Ladefläche des Fahrzeugs ausgefahren wird, so daß das Flurfördergerät die Last auf das Fahrzeug befördern oder von diesem entnehmen kann.

Hebel, ein um eine Achse drehbarer Körper, meist eine Stange, an der in beliebigen Punkten außerhalb der Achse mindestens zwei Kräfte angreifen, die einander entgegengesetzte Drehmomente erzeugen. Auf das eine Ende der Stange wird eine Last gelegt, am anderen Ende greift eine Kraft an. Die Entfernung der Last vom Drehpunkt bezeichnet man als *Lastarm*, die der Kraft vom Drehpunkt als *Kraftarm*, beide auch als *Hebelarme*. Die Kraft hält der Last das Gleichgewicht, wenn Last · Lastarm = Kraft · Kraftarm ist, $Q \cdot q = P \cdot p$. Als Hebelarm geht dabei nur die Länge des Lotes vom Drehpunkt auf die Kraftrichtung in die Rechnung ein, ganz unabhängig von der Gestalt und körperlichen Ausführung des H.s. Wirken auf den beiden Seiten des H.s mehrere Kräfte, so muß im Gleichgewicht die Summe der linksdrehenden Drehmomente gleich der Summe der rechtsdrehenden Drehmomente sein (**Hebelgesetz**, Abb.). Greifen

Kraft und Last vom Drehpunkt aus auf derselben Seite des H.s an, heißt er **einseitig**, greifen sie auf verschiedenen Seiten an, heißt er **zweiseitig** (Abb.). Ein H., dessen Arme im Drehpunkt



zweiseitiger Hebel (*a*) und einseitiger Hebel (*b*)

einen Winkel bilden, heißt **Winkelhebel**. Mit Hilfe des H.s kann eine kleine Kraft an einem großen Arm einer großen Last an einem kleinen Arm das Gleichgewicht halten. Die Glieder der Menschen und Tiere sind H. In der Technik werden H. in vielen Abwandlungen angewandt, z. B. bei Waagen, Zangen, Hebebäumen, Scheren usw.

Hebezeuge, Sammelbegriff für Fördermittel, die im wesentlichen zum Heben von Lasten oder Personen dienen, z. B. Hebeböcke, Flaschenzüge, Winden, Aufzüge, Krane.

Hechel, ein kammartiges Werkzeug in der Spinnerei. Die **Hechelmaschine** hat mehrere Hechelfelder, die aus jeweils zwei sich gegenüberliegenden, endlosen Ledergurten gebildet werden, die mit Hechelleisten (Kämmen) besetzt sind. Mit der H. werden Leinfasern vergleichmäßigt und verfeinert. Kurzfasern (Werg) und Verunreinigungen (Schäben) werden dabei ausgeschieden.

Heck, das Hinterteil des Schiffes. Bei modernen, maschinell angetriebenen Schiffen ist das **Kreuzerheck** üblich. Segel- und Motorboote haben häufig ein **Spiegelheck,** d. h. einen breiten und von der Wasseroberfläche bis zum Deck reichenden Spiegel (Platte), an dem bei Jollen das Ruder aufgehängt ist **(Plattgattheck)**. Jachten haben oft ein **Jachtheck,** ein langüberhängendes Heck mit kleinem Spiegel. Fischerboote und ähnliche Fahrzeuge erhalten mitunter ein dem Bug ähnlich gestaltetes **Spitzgattheck,** an dem das Ruder angebracht ist, oder ein diesem ähnliches **Kanuheck,** bei dem sich das Ruder unter dem Schiff befindet. Das **elliptische H.** oder **Dampferheck** ist nur noch an älteren Schiffen zu finden. (Abb.)

Hecklader, → Lademaschinen.

Heckstarter, → Senkrechtstart.

Hedenbergit, ein → Augit.

Hefner-Kerze, Kurzz. **HK,** nach dem deutschen Physiker von Hefner-Alteneck benannte, alte Einheit der Lichtstärke. 1 HK = 0,886 IK (Internationale Kerze) = 0,903 NK (Neue Kerze) = 0,903 cd (Candela).

Heften (Tafel 34), 1) graphische Technik: das Verbinden einzelner Blätter oder Bogen zu einem Heft oder Buchblock durch Draht, Faden oder anderes Material (Drahtheftung, Fadenheftung); eine einfache, sehr haltbare Form des H.s ist die Blockheftung. Hierbei wird der gesamte Buchblock von der Oberseite her seitlich mit Drahtklammern durchstoßen. Das H. geschieht heute fast ausschließlich auf **Heftmaschinen** und nur bei Einzelbänden noch von Hand mit der **Heftlade.**

2) das vorläufige Verbinden zweier Werkstücke durch Schweißstellen in weiten Abständen **(Heftschweißung).**

Heisenbergsche Unschärferelation, eine wichtige Beziehung der Quantenmechanik, die den → Dualismus von Welle und Korpuskel zum Ausdruck bringt. Ein Quant (z. B. ein Elektron) besitzt sowohl Wellen- als auch Korpuskeleigenschaften. Deshalb ist es nicht sinnvoll, dem Quant gleichzeitig zwei klassische, kanonisch konjugierte Größen P und Q genau zuzuschreiben, dies ist nur mit einer Unschärfe ΔP und ΔQ möglich, und zwar derart, daß $\Delta P \cdot \Delta Q \geqq h$ (h = Planckssches Wirkungsquantum). Diese beiden Ungenauigkeiten lassen sich nie gleichzeitig beliebig klein machen. Wegen der Kleinheit des Wirkungsquantums macht sich das jedoch nur im atomaren Bereich bemerkbar. Kanonisch konjugierte Größen sind z. B. Ort und Impuls, Zeit und Energie, → Komplementarität. Die H. U. gibt nun an, in welchen Grenzen klassische (d. h. nichtquantentheoretische) Begriffe, die dem Quantencharakter nicht voll entsprechen, dennoch sinnvoll angewandt werden dürfen. Das ist wichtig, weil alle Meßgeräte unmittelbar nur klassische Größen anzeigen.

Will man beispielsweise gleichzeitig Ort und Impuls (d. h. Geschwindigkeit) eines Elektrons mit einem Mikroskop feststellen, so kann man entweder durch Verwendung sehr kurzwelligen Lichtes den Ort sehr genau messen (der Beugungseffekt tritt zurück), aber den Impuls nur ungenau (die energiereichen Lichtquanten übertragen beim Zusammenstoß mit dem Elektron in unkontrollierbarer Weise ihren Impuls, → Compton-Effekt), oder man bestimmt durch Verwendung langwelligen Lichts (energiearme Lichtquanten) den Impuls sehr genau, dann wird wegen der Lichtbeugung die Ortsunschärfe groß.

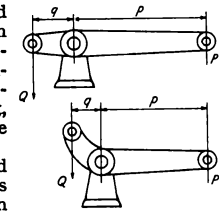
Schon in der klassischen Wellenlehre besteht eine „Unschärferelation", nach der die Ungenauigkeit der Frequenz eines Wellenzuges von bestimmter Länge um so größer ist, je kleiner diese Länge ist. Für Materiewellen kann man aus dieser klassischen Unschärferelation die quantenmechanische Beziehung herleiten. Die H. U. kennzeichnet als Folge des Dualismus von Welle und Korpuskel einen objektiven Sachverhalt. Es ist nicht so, daß ein Quant „an sich" gleichzeitig etwa Impuls und Ort besitzt und diese Größen nur nicht zugleich meßbar sind.

Heißdampf, über seine Sättigungstemperatur erhitzter, trockener (d. h. keine flüssigen Wasserteilchen enthaltender) Dampf. Er ist zum wirtschaftlichen Betrieb von Dampfkraftanlagen sehr günstig (→ Dampfkessel). Zur Zeit liegt die gültige Temperaturgrenze bei 525 °C für ferritische und bei 650 °C für austenitische Werkstoffe.

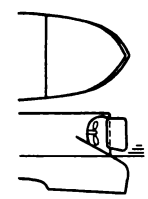
Heißlaufen, übermäßiges Warmwerden von Lagern in der Maschine durch zu große Reibung infolge mangelhafter Schmierung, kann zum Ausschmelzen des Lagermetalles und zum gänzlichen Stillstand der Maschine führen.

Heißleiter, ein temperaturabhängiger Widerstand, und zwar ein Halbleiterwiderstand mit großem negativem Temperaturkoeffizienten (etwa −3 % je °C). Die H. werden aus einer homogenen Oxidkeramik, die bei hoher Temperatur gesintert wird, hergestellt. Der Aufbau dieser Bauelemente ist dem der normalen Widerstände sehr ähnlich. Hinsichtlich der Anwendung der H. unterscheidet man grundsätzlich zwei Gruppen, und zwar je nachdem, ob die Widerstandsänderung durch Eigenerwärmung oder durch Fremderwärmung hervorgerufen wird. Die zur ersten Gruppe gehörenden H. werden zur Vermeidung der Stromspitze in Allstrom-Rundfunk- und Allstrom-Fernsehgeräte, zur Verzögerung von Relais und zur Kompensierung von positiven Temperaturkoeffizienten eingesetzt. Zu dieser Gruppe zählt auch der Urdoxwiderstand, d. i. ein aus Uranoxid hergestellter H., dessen Widerstand mit steigender Temperatur stark abnimmt. Die H., deren Widerstandsänderung durch Fremderwärmung erfolgt, heißen **Thermistoren.** Sie werden zur Temperaturmessung, Kühlwasseranzeige, Vakuumanzeige und Messung der Luftfeuchtigkeit verwendet.

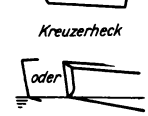
Heißluftmotor, ein Motor, der als Antriebsenergie erhitzte Luft benutzt. Der H. arbeitet

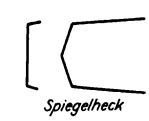


Hebelgesetz: $Q \cdot q = P \cdot p$

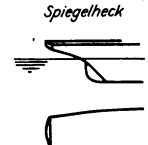


Kreuzerheck

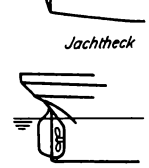




Spiegelheck



Jachtheck



elliptisches Heck

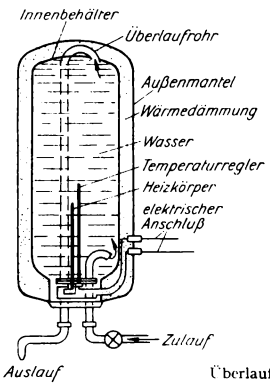
mit einem geschlossenen Kreislauf, d. h., das Arbeitsmedium verläßt den Motor nicht, so daß die Auspuff- und Ansauggeräusche fortfallen. Beim H. arbeiten in einem Zylinder zwei Kolben (Arbeits- und Verdrängerkolben), und zwar der Arbeitskolben im „kalten" Raum, der Verdrängerkolben im „heißen" Raum. Die durch die Kolben gebildeten zwei Arbeitsräume stehen miteinander in Verbindung. In die Verbindungsleitung sind ein Kühler und ein Regenerator eingebaut sowie ein Erhitzer, dem von außen Wärme zugeführt wird. Durch entsprechende Phasenverschiebung der Bewegung beider Kolben wird die Luft zunächst im kalten Raum komprimiert und dann in den heißen Raum übergeschoben, wobei sie in der Verbindungsleitung Wärme aus dem Regenerator und Erhitzer aufnimmt. Dann expandiert die Luft im heißen Raum und wird anschließend wieder in den kalten Raum übergeschoben, wobei Wärme an den Regenerator und Kühler abgegeben wird. Der Regenerator hat also die Aufgabe eines Wärmespeichers. Beim Durchlaufen dieses Arbeitsspieles wird Arbeit geleistet. Der Wirkungsgrad des modernen H.s liegt etwas über dem eines Dieselmotors, nachteilig sind das hohe Masse-Leistungs-Verhältnis, der niedrige Drehzahlbereich und der große Bauaufwand.

Heißsiegeln, das Verbinden von zwei Thermoplastfolien oder -beschichtungen durch Druck und kurzzeitige Erwärmung bis auf den Schmelz- bzw. Siegelpunkt (Temperatur, bei der ein Verschweißen eintritt). Das H. wird vor allem bei Verpackungsmaterial angewendet.

Heißspritzen, svw. → Plastspritzen.

Heißwasserboiler, → Heißwasserspeicher.

Heißwasserspeicher, ein mit Wasser gefüllter, gut wärmegedämmter Behälter, dessen Inhalt durch einen elektrischen Heizkörper (Patronen-, Rohrheizkörper) erwärmt wird. Durch einen meist stufenlos zwischen etwa 20 und 85 °C Wassertemperatur verstellbaren Temperaturregler wird die Wassererwärmung begrenzt. Der Regler schaltet den Heizstrom beim Erreichen der eingestellten Temperatur ab und nach



Überlauf-Heißwasserspeicher

Abkühlung des Wassers um etwa 3 bis 10 grd wieder ein (Zweipunktregelung). Kleinspeicher mit 5 bis 10 l Inhalt haben teilweise eine Kochstufe, womit 2 bis 5 l kochendes Wasser bereitet werden können. Große H. für Gewerbe und Industrie (bis 2000 l) haben oft auf etwa 60 °C fest eingestellte Temperaturregler, da hier erst geringe Kesselsteinabsonderung erfolgt. Wegen der geringen Temperatur werden diese auch **Warmwasserspeicher** genannt. Kleinspeicher sind Tagstromverbraucher. Größere H. benutzen häufig durch Vorschalten einer Schaltuhr billigen Nachtstrom, wobei oft zur Aufheizung am Tage ein zweiter Heizkörper großer Leistung eingebaut ist (Zweikreisheizung). Die Heizleistungen der H. betragen 0,4 bis 10 kW.

Heißwasserboiler haben Behälter ohne Wärmedämmung; der Temperaturregler ist durch einen Temperaturbegrenzer ersetzt, der bei Erreichen der vorgewählten Temperatur (meist maximal 85 °C) den Strom abschaltet, aber nicht wieder einschaltet. Nach dem Aufheizen ist das Wasser bald zu verbrauchen, um Abkühlung zu vermeiden. **Kochendwasserbereiter** sind Heißwasserboiler mit kleinem Inhalt (5 l). Jede Wassermenge von etwa 0,5 bis 5 l ist einfüllbar, am Wasserstandsglas oder an einer Strichskale des Glasbehälters abzulesen und auf beliebig wählbare Temperaturen bis zum Kochpunkt zu erhitzen. Manche Geräte halten die Wassertemperatur am Kochpunkt bis zur Entnahme konstant. Kochendwasserbereiter sind drucklose Entleerungsgeräte.

Nach der Höhe des im Behälter auftretenden Betriebsdruckes unterscheidet man bei H.n und Heißwasserboilern drucklose Geräte, Niederdruckgeräte und Hochdruckgeräte. Entsprechend der Art der Füllung und Entnahme unterscheidet man zwischen Geräten nach dem Überlauf- und dem Entleerungsprinzip. Bei Geräten nach dem *Überlaufprinzip* tritt beim Öffnen kaltes Wasser von unten in den Behälter ein und drückt oben das heiße Wasser durch ein Überlaufrohr zum Auslauf heraus; der Behälter bleibt also stets gefüllt. Eine Mischbatterie ermöglicht die wahlweise Entnahme von kaltem, heißem oder Mischwasser. Bei Geräten nach dem *Entleerungsprinzip* wird der Heißwasservorrat durch das natürliche Gefälle des im Gerät befindlichen heißen Wassers entnommen; aufgefüllt wird durch ein besonderes Füllventil. Mischung ist ebenfalls möglich.

Heizfläche, die zur Wärmeübertragung durch Wärmeleitung, -strömung oder -strahlung einer bestimmten Wärme Q (in kcal) erforderliche Fläche, bei Öfen und sonstigen Raumheizflächen (Radiatoren, Konvektoren u. a.) die Oberfläche zur Luft, bei Heizkesseln die innere Wärmeübertragungsfläche zwischen den Flammen und Rauchgasen zum Wärmeträger (z. B. Wasser oder Dampf). Die erreichbare Wärme je Heizflächenart sowie Zeit- und Flächeneinheit ist die → Heizflächenbelastung.

Heizflächenbelastung, die Wärme einer → Heizfläche, die entsprechend der Konstruktion der Heizfläche und der Brennstoffart oder dem Wärmeträger von einer Flächeneinheit in einer Zeiteinheit bei einem bestimmten Temperaturunterschied (je grd oder Gesamttemperaturdifferenz) übertragen werden kann.

Heizgase, für Heizzwecke verwendete Brenngase. Als H. kann man Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Methan, Äthan, Äthen, Benzol und andere Kohlenwasserstoffe sowie Gemische dieser Stoffe verwenden.

Heizkraftwerk, ein → Wärmekraftwerk.

Heizöle, flüssige Rückstände der Erdölaufbereitung, benzinarme Erdöle, Braunkohlen- und Steinkohlenschwelteere, die als Brennstoffe in Schiffahrt, Industrie und Haushalt verfeuert werden. Der Heizwert liegt bei 10000 kcal kg^{-1}, der Flammpunkt beträgt bis zu 200 °C.

Heizung, die künstliche Erwärmung von Räumen, um eine physiologisch günstige, d. h. dem Wärmebedürfnis von Mensch, Tier oder Pflanze angepaßte Temperatur zu schaffen. Die Größe des dafür benötigten Ofens oder der Fläche des Heizkörpers wird dabei nach dem → Wärmebedarf festgelegt. Eine Vorausberechnung des jährlichen Brennstoffverbrauchs kann mit Hilfe der → Gradtage erfolgen.

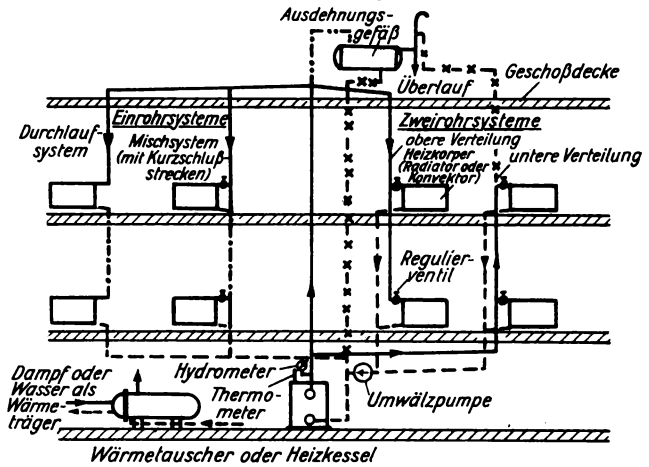
1) Die **Einzelheizung** umfaßt alle Arten von Öfen. Der **Kamin** mit offener Feuerung wirkt nur durch → Wärmestrahlung. **Eiserne Öfen**

sind der **Unterbrandofen**, bei dem ein runder Schacht mit Kohle (Anthrazit) gefüllt wird, die langsam von unten nach oben abbrennt, und der **irische Ofen** oder **Allesbrenner**, in seiner einfachsten Ausführung als **Kanonenofen** ein mit Schamotte ausgemauerter Füllschacht mit Rost, der mit fast jedem Brennstoff beheizt werden kann. Der **Kachelofen** ist aus Platten von gebranntem und glasiertem Ton zusammengesetzt, die die Wärme speichern (→ Speicherofen) und hauptsächlich durch Konvektion (→ Wärmekonvektion) langsam an die Raumluft abgeben. Durch Einbau in eine Trennwand kann der Kachelofen zwei oder drei Zimmer gleichzeitig beheizen (**Mehrzimmerofen**). Beim **Gasofen** durchströmen die bei der Verbrennung von Stadtgas entstehenden heißen Gase den Heizkörper, geben dabei Wärme ab und ziehen im Abzug ab. Bei **elektrischen Öfen** wird durch den Strom ein auf Isolierkörper aufgewickelter Widerstandsdraht oder ein Widerstandsstab erwärmt, wobei die Wärme sofort abgegeben wird oder auch gespeichert werden kann (Speicherofen). Über **Infrarotheizung** → Strahlungsheizung.

2) Bei der **Sammelheizung (Zentralheizung)** werden von einer zentralen Heizkesselanlage durch Warmwasser, Dampf oder Warmluft mehrere Räume, bei der → **Fernheizung** mehrere Gebäude, Häuserblocks oder Stadtteile mit Wärme versorgt. a) Bei der **Warmwasserheizung** wird in einem eisernen Kessel oder einem Stahlkessel durch Koks-, Gas- **(Gasheizung)** oder → Ölfeuerung **(Ölheizung)** Wasser erhitzt, das bei der **Schwerkraftwarmwasserheizung** infolge der Verringerung seiner Dichte in Steigrohren emporsteigt und die Heizkörper der einzelnen Räume durchfließt. Die Heizkörper bestehen aus glatten, hohlen Gliedern (Radiatoren) oder aus berippten Rohrschlangen in einem schachtähnlichen Gehäuse (Konvektoren) und geben ihre Wärme hauptsächlich durch Konvektion ab. Das abgekühlte Wasser fällt durch die Rücklaufleitungen in den Kessel zurück. Für schnelleren Umlauf und in größeren Heiznetzen ist eine Umwälzpumpe vorgesehen **(Pumpenheizung)**. Die Vorlauftemperatur, d. h. die Temperatur des vom Kessel zu den Heizkörpern sich bewegenden Wassers, soll nicht mehr als 90 °C betragen, da bei höheren Temperaturen Staubverschwelung eintritt, die zu Reizungen der Atemwege führt. Fälschlicherweise spricht man dann von zu „trockener" Luft. Bei → Fernheizungen oder in Industriebauten wird aus ökonomischen Gründen immer häufiger Heißwasser (unter Aufgabedruck stehendes Wasser mit Temperatur zwischen 110 bis 180 °C) für Heizzwecke angewendet. Der erforderliche Aufgabedruck muß größer als der zur jeweiligen Temperatur gehörende Sättigungsdruck des Wassers sein. Der Vorteil der Heißwasserheizung besteht darin, daß es infolge des großen Temperaturgefälles von 50 bis 100 grd möglich ist, eine große Wärme mit relativ kleinen Wassermengen zu transportieren. Vielfach werden jetzt Heizrohre in Decken oder Fußböden verlegt (Decken-, Fußbodenheizung), wobei die Hauptwärmeabgabe durch Niedertemperaturstrahlung erfolgt **(Flächenstrahlungsheizung,** → Strahlungsheizung). Bei der **Deckenheizung** erhält man eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung im Raum; die Deckentemperatur darf jedoch in dauernd bewohnten Räumen 37 °C nicht überschreiten, da sonst unangenehme Belästigung der Kopfhaut auftritt. Nachteilig gegenüber Ofenheizung ist, daß sie nur sehr träge regelbar und sehr teuer ist, vorteilhaft jedoch, daß kein Nutzraum beansprucht wird, daß sie infolge geringer Luftbewegung sehr hygienisch ist und daß die Möglichkeit der Raumkühlung im Sommer durch Verwendung von kaltem Wasser besteht. Bei der **Fußbodenheizung** darf die Fußbodentemperatur nicht über 26 °C betragen, da sonst Fußbeschwerden auftreten.

Eine besondere Art der Warmwasserheizung ist die **Etagenheizung (Stockwerksheizung)** mit einem z. B. im Flur stehenden Kleinkessel.

b) Bei der **Dampfheizung** wird in einem Dampfkessel Dampf von 0,1 bis 0,5 at (Niederdruck) oder größerem Druck (Hochdruck) erzeugt, der



Schema einer Warmwasserheizung (offene Schwerkraftanlage). ——— Vorlaufleitung, – – – – Rücklaufleitung, –×–×–×– Luftleitung, –·–·–· Vorlaufleitung bzw. Rücklaufleitung, –···–···– Sicherheitsvorlaufleitung, –××–××–×× Sicherheitsrücklaufleitung

in Stahlrohren zu den Heizkörpern (Radiatoren oder Konvektoren) geführt wird. Hier kondensiert er unter Abgabe seiner Verdampfungswärme und fällt als Wasser in der Kondensleitung zum Kessel zurück.

c) Für Fabrikhallen, Lichtspielhäuser, Theater u. dgl. benutzt man oft die **Luftheizung.** Dabei wird mit einem Ventilator ein Gemisch aus Frischluft und Raumluft angesaugt, durch einen Ofen oder Wärmetauscher erwärmt und durch Kanäle im Mauerwerk oder durch Rohre den einzelnen Räumen zugeführt; ein Teil der verbrauchten Raumluft strömt durch einen Abzugskanal ins Freie. Für die Beheizung von Hallen, Schwimmbädern u. a. dienen auch Anlagen mit → Wärmepumpen, vor allem dort, wo nur geringe Temperaturunterschiede zu überwinden sind, z. B. bei eingebauter Decken- oder Fußbodenheizung.

Als zweckmäßige Temperaturen für die verschiedenen Räume sind anzunehmen: für Wohnräume, Baderäume, Küchen 20 °C, für Schlafzimmer 10 bis 15 °C, für Vorräume, Flure, Aborte 15 °C, für Gesellschaftsräume, Gaststätten u. dgl. 20 °C. Arbeitsräume sollten ebenfalls eine Temperatur von 20 °C haben, falls nicht technologische Erfordernisse eine andere Temperatur bedingen.

Lit. Henoch: Berechnung von Kachelöfen und Herden (Halle 1953); Korbmacher: Praxis und Wirtschaftlichkeit der Dampfheizsysteme (Halle 1956); Krongaus: Wärmeversorgungssysteme mit zentralen Kesselanlagen (dtsch Berlin 1952); Küster: Handb. für den Heizungsingenieur, Bd 1 (Berlin 1952); Wohlfahrt: Grundzüge der Heiz- und Lüftungstechnik (Halle 1953); Garms: Handb. für den Heizungsingenieur (8. Aufl. Berlin 1967); Recknagel: H., Lüftung, Klimatechnik (Berlin 1967).

Heizwert, die Wärme, die bei der vollkommenen Verbrennung von 1 kg festem oder flüssigem oder 1 m³ gasförmigem Brennstoff frei wird; ausgedrückt in kcal kg^{-1} oder kcal m^{-3}.

Hektar, Kurzz. **ha,** gesetzliche Einheit der Fläche, besonders für landwirtschaftliche Flächen verwendet. 1 ha = 10^2 a = 10^4 m².

Hekto, Kurzz. h, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^2 (Hundert), z. B. **Hektoliter,** Kurzz. hl, = 10^2 l; **Hektar,** Kurzz. ha, = 10^2 a.

Helgen, svw. → Helling.

Helianthin, svw. → Methylorange.

Heliarc-Verfahren, → Schweißen.

Helikopter, svw. Hubschrauber, → Rotorflugzeuge.

Heliodor, eine Varietät des → Berylls.

Heliogravüre, Photogravüre, ein Verfahren zur Herstellung von Druckformen für den → Kupferdruck. Dazu wird eine blanke Kupferplatte verwendet, die zur Kornbildung mit angeschmolzenem Asphaltstaub überzogen ist. Auf die so vorbereitete Platte quetscht man eine auf Pigmentpapier hergestellte Pigmentkopie naß auf. Nach dem Entwickeln und Trocknen wird die Platte in verschieden starken Eisenchloridbädern geätzt, wobei die Pigmentkopie die Deckschutzschicht bildet, so daß nur die von ihr frei gelassenen Stellen angegriffen werden. Der Druck erfolgt auf der Kupferdruckhandpresse.

Heliostat, ein → astronomisches Instrument.

Heliotrop, 1) Astronomie: ein von Gauß erfundener Sonnenspiegel zur Zielpunktmarkierung für geodätische Winkelmessungen auf größere Entfernung bei Triangulationsarbeiten (→ Triangulation). Der H. wird im Zielpunkt so aufgestellt, daß das Sonnenlicht in Richtung des Standpunktes des Winkelmeßinstruments (→ Theodolit) gespiegelt wird. Dazu ist am H. eine einfache Visiereinrichtung angebracht. Der Spiegel muß entsprechend dem veränderlichen Sonnenstand kontinuierlich von Hand neu eingestellt werden. Der Beobachter am Theodolit kann den hellen Lichtpunkt bei klarem Wetter bis zu Entfernungen über 50 km wahrnehmen und anzielen.

2) Mineralogie: eine Varietät des → Quarzes.

Heliotropin, svw. → Piperonal.

heliozentrisches System, die Auffassung, nach der sich die Erde wie die anderen Planeten um die Sonne bewegt (im Unterschied zum → geozentrischen System). Das erste heliozentrische S. wurde von Aristarch von Samos (um 265 v. u. Z.) auf Grund seiner Erkenntnis von der überragenden Größe der Sonne aufgestellt. Das zweite heliozentrische S. stammt von Kopernikus (**kopernikanisches System**). Bereits im Altertum hatte man erkannt, daß in der ungleichförmigen geozentrischen Bewegung der Planeten zwei „Ungleichheiten" liegen. Im heliozentrischen S. wird die zweite Ungleichheit durch die Bewegung der Erde beseitigt. Zur Darstellung der ersten Ungleichheit benutzte Kopernikus (wie Ptolemäus in seinem geozentrischen System) die Hilfsmittel der Astronomie des Altertums und Mittelalters, den exzentrischen, mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchlaufenen Kreis und den Epizykel. Da die Übereinstimmung zwischen Theorie und Wirklichkeit nicht besser als im Ptolemäischen System war, wurde das kopernikanische System nicht nur aus weltanschaulichen Gründen sehr zurückhaltend aufgenommen. Die Mängel des kopernikanischen Systems zu beseitigen, gelang erst Kepler durch seine Planetentheorie (Keplersche Gesetze), die das Fundament des dritten heliozentrischen S.s wurde. Seine heutige Vollendung erhielt das heliozentrische S. durch Newtons Gravitationsgesetz.

Helium, Symbol **He,** chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Edelgase; Ordnungszahl 2, Massenzahlen der Isotope 4 und 3, Atomgewicht 4,0026 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit 0, D. 0,12490 g cm^{-3} (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. −272,1 °C bei 25 atm, Kp. −268,93 °C bei 760 Torr, Litergewicht 0,17846 g bei 0 °C und 760 Torr, kritische Temperatur −267,90 °C, kritischer Druck 2,26 atm; 1868 erstmals durch Absorptionslinien in der Sonne nachgewiesen, 1894 auf der Erde von Ramsay entdeckt. Der Heliumkern mit der Massenzahl 4 heißt in der Kernphysik Alphateilchen (→ Alphastrahlung). H. ist farb- und geruchlos, chemisch reaktionsträge. Flüssiges H. existiert in zwei Formen: H. I und H. II. Beim Verflüssigen von gasförmigem H. entsteht zunächst H. I, das bei weiterem Abkühlen zum Umwandlungspunkt (λ-Punkt) in H. II übergeht. H. II zeigt gegenüber H. I und anderen Flüssigkeiten hinsichtlich seiner Wärmeleitfähigkeit und Viskosität so große Unterschiede, daß diese Form als *suprafluessig* oder *superfluid* bezeichnet wird. Die spezifische Wärme und die Viskosität sind — zumindest in den äußeren Schichten — fast Null. In H. II breiten sich daher Inhomogenitäten der Wärmeverteilung, z. B. Schallwellen, aus (Zweiter Schall). H. II ist der beste Wärmeleiter, der bis jetzt bekannt ist. Festes H. erhält man nur unter Druck. H. ist in der Atmosphäre mit 0,72 g t^{-1}, ferner in heißen Quellen, im Erdgas und in einigen Mineralen, z. B. Thorianit (Th, U)O_2 und Monazit $CePO_4$, sowie auf der Sonne und den Fixsternen (nach Wasserstoff als zweithäufigstes Element) enthalten. Technisch erhält man H. aus Erdgasen und aus der Luft bei der Sauerstoffgewinnung. Früher wurden große Mengen H. als Trägergas für Luftschiffe verwendet, heute dient H. zur Füllung von Stratosphären- und Wetterballons, Gasthermometern, elektronischen Schallgeräten, Hochspannungsröhren, Spezialleuchtröhren u. a., im Laboratorium als inertes Schutzgas, in der Vakuumtechnik als Testgas für Lecksuchgeräte und zur Erzeugung sehr tiefer Temperaturen. Ein Gemisch aus 21 % Sauerstoff und 79 % H. kann als Atemluft für Tiefseetaucher verwendet werden.

Heliummethode, → physikalische Altersbestimmung.

Hellichtentwicklung, → Desensibilisatoren.

Helligkeit, in der Astronomie 1) die **scheinbare H.,** Zeichen m, die in Größenklassen, Sterngrößen oder Größen ausgedrückte Maßzahl für die Intensität der zur Erde gelangenden Strahlung der Himmelskörper. Die Einteilung nach Größenklassen stammt aus dem Altertum, wo man 6 Größenklassen unterschied. Dieser Einteilung liegt das psychophysische Grundgesetz von Weber und Fechner zugrunde, nach dem das Auge nicht Differenzen von Lichtmengen, sondern ihr Verhältnis empfindet. Gleiche Größenklassendifferenzen entsprechen damit gleichen Intensitätsverhältnissen, also $m_2 - m_1 = 2{,}5 \cdot \log (I_1 : I_2)$. Der Nullpunkt der Skale wird durch die scheinbare H. des Polarsterns von 2,12 Größenklassen festgelegt. Die Konstanten sind so gewählt, daß auch die älteren Helligkeitsangaben gut in die Skale passen. Mit Abnahme der H. nimmt die Maßzahl zu. Die hellsten Sterne erhalten negative Größen, z. B. Sirius $m = -1^m{,}43$, Mond $m = -12^m{,}70$, Sonne $m = -26^m{,}86$. Bei völliger Dunkeladaption kann man Sterne bis etwa zur 6. Größe wahrnehmen.

$m_2 - m_1$	I_1/I_2	$m_2 - m_1$	I_1/I_2
0	1,000	3	15,849
0,5	1,585	3,5	25,119
1	2,512	4	39,811
1,5	3,981	4,5	63,096
2	6,310	5	100,000
2,5	10,000		

2) die **absolute H.,** Zeichen M, die scheinbare H., die ein gedachter Beobachter in 10 pc (Parsec) Entfernung von dem Gestirn messen würde. Sie ist ein Maß für die → Leuchtkraft eines Sterns.

Man kann die absolute H. aus der scheinbaren berechnen, wenn die Entfernung bekannt ist; es gilt $M = m + 5 - 5 \cdot \log r$, wobei r in pc gemessen wird. Da die Größe $M - m$ nur von der Entfernung abhängt, bezeichnet man sie als *Entfernungsmodul* des Gestirns.

Je nach dem Meßverfahren unterscheidet man u. a. visuelle, photographische, photoelektrische oder bolometrische H.en.

Helligkeitsmesser, svw. → Belichtungsmesser.

Helling *f*, **Helgen** *m*, eine geneigte Ebene, auf der ein Schiff gebaut und von der es ins Wasser gelassen wird. Je nach der Lage des Schiffes zum Ufer und nach der Art des Ablaufs spricht man von einer **Längs-** oder **Querhelling.** Den unter Wasser liegenden Teil bezeichnet man als **Vorhelling,** das obere Ende als **Hellingkopf,** die Oberfläche als **Hellingsohle** und deren Neigung als Fall. Die Neigung der H.e, die sich nach der Größe der zu bauenden Schiffe richtet, beträgt 1 : 12 bis 1 : 24. Jede H. ist mit Kranen als Montagehilfsmittel ausgerüstet (Tafel 13).

Hellschreiber, → Telegrafie.

Helmholtz-Maßzahlen, → Farbmetrik.

Hemimorphit, Kieselzinkerz, ein Mineral, wichtiges Zinkerz (Galmeierz), $Zn_4[(OH)_2Si_2O_7] \cdot H_2O$; orthorhombisch, nierige radialstrahlige Massen und dichte körnige Aggregate, farblos, grünlichblau, Härte nach Mohs 5, D. 3,3 bis 3,5 g cm^{-3}. H. findet sich in den Oxydationszonen sulfidischer Blei-Zink-Erzlagerstätten und metasomatisch.

hemipelagisch, → Meer.

Hemizellulosen, Sammelbegriff für amorphe, mit verdünnten Alkalien extrahierbare, wasserunlösliche Polysacharide, die eine verzweigte Struktur besitzen und im Holz als Zellwandbestandteile gemeinsam mit der Zellulose auftreten. H. sind Polymere von D-Xylose, L-Arabinose, D-Glukose, D-Galaktose, D-Glukuronsäure und D-Galakturonsäure.

Hemmstoffe, → Inhibitoren.

Hemmwerk, ein → Sperrgetriebe.

Hennebergsches Verfahren, ein Verfahren zur Bestimmung der Stabkräfte in Fachwerken von nicht einfachem Aufbau, bei denen sich der → Cremonaplan nicht ohne weiteres zeichnen läßt. Es besteht im wesentlichen darin, durch Stabvertauschung das Fachwerk auf ein Fachwerk mit einfachem Aufbau zurückzuführen.

Henry, Kurzz. **H,** nach dem nordamerikanischen Physiker J. H. Henry benannte gesetzliche Einheit der Induktivität. Das H. ist die Induktivität einer geschlossenen Windung, die, von einem elektrischen Strom der Stärke 1 Ampere durchflossen, im leeren Raum den magnetischen Fluß 1 Weber umschlingt. 1 H = 1 Wb/A (Weber/Ampere) = 1 Vs/A (Voltsekunde/Ampere). **Millihenry,** Kurzz. mH, = 10^{-3} H; **Mikrohenry,** Kurzz. μH, = 10^{-6} H.

Heptane, zu den Alkanen gehörende Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Summenformel C_7H_{16}. Sie sind farblose, leicht entzündliche Flüssigkeiten, die im Erdöl und in Krackbenzinen vorkommen und als Bestandteile für Motorkraftstoffe und als Lösungsmittel verwendet werden.

Heptode, eine → Elektronenröhre.

Heptyl..., → Alkyl...

Herbizide, Unkrautbekämpfungsmittel, chemische Mittel zur Bekämpfung von Unkräutern. Man unterscheidet an H.n: 1) **Totale H.,** z. B. Natrium- und Kaliumchlorat; wirken ätzend und vernichten jeglichen Pflanzenwuchs mit mehr oder weniger langer Nachwirkung. 2) **Selektive H.** greifen nur bestimmte Pflanzen an. Sie zerstören entweder das Pflanzengewebe an der Stelle, auf der sie auftreffen (**Kontaktherbizide,** z. B. DNOC [2,4-Dinitro-o-kresol] und Dinoseb, DNBP [2,4-Dinitro-o-sek.-butylphenol]), oder sie werden vom Leitungsgewebe der Pflanze aufgenommen und führen vor allem in den wachstumsfähigen Geweben zu Zelldeformationen (**translokale H.,** z. B. 2,4-D [2,4-Dichlorphenoxyessigsäure] und das Prometryn [2-Methylmerkapto-4,6-bis (isopropylamino)-1,3,5-triazin]).

Herbstpunkt, Waagepunkt, der um den 23. September von der Sonne erreichte Schnittpunkt zwischen der Ekliptik und dem Himmelsäquator; → Äquinoktium.

Herd, 1) in Herdschmelzöfen (→ Industrieöfen) der muldenförmige Raum, in den das zu schmelzende Gut gegeben wird; in manchen Schachtöfen der untere Teil, in dem sich die Schmelze sammelt.

2) das Gießbett beim Herdguß, → Formguß.

3) zur Anreicherung dienende, schwach geneigte und mit Wasser berieselte Platte, auf der feinkörniges Gut nach seinen Dichten dadurch getrennt wird, daß die leichteren Körner (z. B. taubes Gestein) weiter fortbewegt und an anderer Stelle herabgespült werden als die schwereren Minerale (z. B. Erzkörner).

hermetische Kabine, eine von der Atmosphäre abgeschlossene, von ihr unabhängige Kabine eines Luftfahrzeuges (im Gegensatz zur → Druckkabine). Die h. K. ist bei Flugzeugen erforderlich, die in großen Höhen (oberhalb etwa 20000 m) fliegen. Sie enthält eine eigene Atmosphäre und ist mit speziellen Geräten zur Reinigung der Atemluft versehen. Der verbrauchte Sauerstoff wird aus Sauerstoffbehältern ergänzt, das ausgeatmete Kohlendioxid und andere entstehende Gase werden entfernt.

Heroin, → Morphin.

Heronische Formel, eine Formel die die Berechnung der Dreiecksfläche allein aus den Seiten ermöglicht. Ein Dreieck mit den Seiten a, b, c und der Seitenlängensumme $a + b + c = 2s$ hat den Flächeninhalt $A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$. Die H. F. ist benannt nach dem griechischen Mathematiker und Mechaniker Heron (um 100 v. u. Z.), wurde aber von Archimedes aufgestellt.

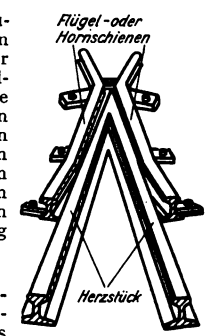
Hertz, Kurzz. **Hz,** nach dem deutschen Physiker H. Hertz benannte gesetzliche Einheit der Frequenz. Das H. ist die Frequenz eines periodischen Vorgangs von der Periodendauer 1 Sekunde. 1 Hz = 1 Schwingung/Sekunde. **Kilohertz,** Kurzz. kHz, = 10^3 Hz; **Megahertz,** Kurzz. MHz, = 10^6 Hz; **Gigahertz,** Kurzz. GHz, = 10^9 Hz; **Millihertz,** Kurzz. mHz, = 10^{-3} Hz.

Hertzsprung-Russell-Diagramm, → Stern.

Herzreizgerät, → elektronisches Herzreizgerät.

Herzschrittmacher, ein → elektronisches Herzreizgerät.

Herzstück, im Gleisbau bei Weichen oder Kreuzungen das Stück, an dem die beiden inneren Schienen keilförmig zusammenlaufen. Die der Herzstückspitze gegenüberliegenden abgewinkelten Schienenstücke heißen *Flügelschienen;* sie bilden mit der Herzstückspitze die Rille für den ungehinderten Lauf der Spurkränze über den Kreuzungspunkt. *Radlenker* sind an den äußeren Schienensträngen einer Weiche gegenüber dem H. liegende Leitschienen (→ Schiene), die dem Spurkranz der Fahrzeuge an der führungslosen Kreuzungsstelle des H.es eine Zwangsführung erteilen.



Herzstück

Herzynit, → Spinelle.

Heßscher Satz, Gesetz der konstanten Wärmesummen, ein 1840 von H. Heß aufgestelltes Gesetz, das besagt, daß die beim Übergang eines chemischen Systems von einem definierten Ausgangszustand in einen definierten Endzustand abgegebene oder aufgenommene Wärme unabhängig vom Wege der Umsetzung ist. *Beispiel:* Die Reaktionsenthalpie (Reaktionswärme bei konstantem Druck) ΔH der Verbrennung von Kohlenstoff C zu Kohlendioxid CO_2 beträgt

-94 kcal, unabhängig davon, ob diese Reaktion direkt $C + O_2 \rightarrow CO_2 - 94$ kcal oder über die Stufen $C + {}^1/_2 O_2 \rightarrow CO - 26{,}4$ kcal und $CO + {}^1/_2 O_2 \rightarrow CO_2 - 67{,}6$ kcal (insgesamt ebenfalls -94 kcal) verläuft. Der Heßsche Satz ermöglicht es, aus bekannten auf unbekannte Reaktionsenthalpien zu schließen.

heterogen, in der physikalischen Chemie Stoffsysteme, die aus Teilen verschiedenen Aggregatzustandes, z. B. aus einer flüssigen und einer gasförmigen Phase, bestehen. Gegensatz: → homogen.

Heteromorphie, → Isomorphie.

heteropolare Bindung, → Bindung 1).

Heterosphäre, in der Meteorologie neuere Bezeichnung für das Gebiet oberhalb der Mesopause. Die H. ist dadurch gekennzeichnet, daß 1) sich in ihr im Gegensatz zur → Homosphäre die einzelnen Luftbestandteile nach ihrer Dichte anordnen; 2) in ihr Diffusionsgleichgewicht herrscht; 3) in ihr die UV-Strahlung — außer derjenigen zwischen 0,2 und 0,3 μm — verschluckt wird, wodurch Ionisation und Dissoziation erzeugt werden; 4) in der H. oberhalb etwa 300 km Höhe die Temperaturen wegen des Tag-Nacht-Effektes in 24 Stunden um etwa 50 grd, außerdem wegen des Sonnenaktivitätszyklus in 11 Jahren um etwa 700 grd schwanken.

heterozyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

HETP-Wert, → Füllkörper.

Heuslersche Legierungen, ferromagnetische Legierungen z. B. auf der Basis Kupfer-Mangan-Aluminium, die als reine Metalle keine ferromagnetischen Eigenschaften besitzen. Der Ferromagnetismus entsteht durch die Änderung der Gitterabstände zwischen den Manganatomen durch die Legierungselemente; dadurch werden die ferromagnetischen Eigenschaften erreicht. Die H.n L. werden als Guß- bzw. Knetlegierungen für Dauermagnete eingesetzt. Sie wurden 1898 von dem Metallurgen F. Heusler entwickelt.

Heuvielfachgeräte, Heuwerbungsgeräte, mi denen sich verschiedene Arbeitsgänge zur Bearbeitung des Heues bei der Bodentrocknung ausführen lassen, z. B. Zetten, Wenden (Breitwenden, Schwadwenden), Schwadziehen, Schwadstreuen.

H. sind für Gespann- oder Traktorzug eingerichtet.

Die Arbeitsweise der H. ist sehr verschieden. Sie sind nach dem Trommel-, Sternrad-, Rechenradprinzip u. a. ausgeführt. 1) **Trommelrechwender** können sowohl zum Wenden des Heues als auch zum Schwaden (Zusammenfassen des Heues zu einem Schwad) und z. T. noch zu anderen Arbeitsgängen verwendet werden. Sie besitzen eine in der Mitte eines Rahmens aufgehängte Zinkentrommel. Der Anstellwinkel der Rechentrommel zur Fahrtrichtung sowie Drehrichtung und Drehzahl der Trommel sind veränderlich. Zum *Zetten* läuft die Trommel im Drehsinn der Laufräder und wird schräg zur Fahrtrichtung gestellt. Zum *Wenden* stellt man die Trommel bei gleicher Drehrichtung nahezu rechtwinklig zur Fahrtrichtung. Wird der Trommelrechwender zum *Schwaden* des Trockengutes eingesetzt, stellt man die Trommel wieder schräg zur Fahrtrichtung und schaltet sie auf entgegengesetzten Lauf, d. h., die Trommel läuft dann mit veränderter Drehzahl entgegen dem Drehsinn der Laufräder. Die Zinken schieben das Trockengut langsam zusammen, bis es am Ende der Trommel zu einem Schwad abgleitet. 2) **Sternradwender,** zum Breitwenden, Schwadrechen und Schwadwenden geeignet, besitzen Sternräder, die in zwei Reihen nebeneinander oder in einer Reihe hintereinander angeordnet sein können. Die Sternräder werden durch die Berührung mit dem Boden oder dem Grünfutter in Drehung versetzt. Zum Auseinanderstreuen zusammengezogener Schwaden ist der Sternradwender nicht geeignet. Sternradwender sind meist als Anbaugeräte für Traktoren (Dreipunktanbau), aber auch als Anhängegeräte ausgeführt. 3) **Radrechwender** (Tafel 36) sind für die Arbeitsgänge Breitwenden, Schwadrechen, Schwadwenden und Schwadstreuen geeignet. Drei hintereinander gestaffelte Wurfräder tragen gesteuerte Federzinken. Der Antrieb der Wurfräder erfolgt von der Zapfwelle des Traktors über Gelenkwelle, Schaltgetriebe, Kette und Keilriemen.

Heuwender, ein Heuwerbungsgerät, das zum Wenden des geschnittenen und am Boden trocknenden Grünfutters dient. Neben Einzweckmaschinen sind überwiegend H. vorhanden, mit denen verschiedene Arbeitsgänge ausgeführt werden können (→ Heuvielfachgeräte). Einzweckgeräte sind für Gespann- oder Traktorzug bestimmt, z. T. auch als Anbaugeräte zum Traktor ausgeführt. Man unterscheidet Gabel- und Trommelwender. **Gabelwender** ahmen die Arbeitsweise der Handheugabel nach. Vier bis acht gefederte Gabeln, die auf einer mehrfach gekröpften Kurbelwelle sitzen, tauchen nacheinander in das trocknende Gut ein und werfen es nach hinten hoch, so daß es möglichst verteilt und aufgelockert auf den Boden zurückfällt. **Trommelwender** haben hinter der Radachse drei bis fünf Zinkenrechen, die so angeordnet sind, daß sie mit zwei Stirnscheiben eine Trommel bilden. Die Rechen tauchen im Drehsinn der Laufräder und im rechten Winkel zur Fahrtrichtung in das trocknende Gut ein und werfen es nach hinten hoch. Der Trommelwender faßt das trocknende Gut besser und lückenloser als der Gabelheuwender und leistet infolge der größeren Zinkenzahl auch bei kurzem Futter gute Arbeit.

Heuzetter, svw. → Zetter.

Hexachlorzyklohexane, → HCH-Mittel.

n-Hexadekanol-(1), ein → Fettalkohol.

n-Hexadezylalkohol, ein → Fettalkohol.

Hexaeder, der → Würfel.

Hexagon, das Sechseck; **hexagonal,** sechseckig oder -winklig.

hexagonal, → Kristall.

Hexahydrobenzol, svw. → Zyklohexan.

Hexamethylendiamin, $H_2N(CH_2)_6NH_2$, seidenglänzende, blättchenförmige Kristalle (F. 41 °C). Man gewinnt H. technisch durch Reduktion von Adipinsäuredinitril. H. ist ein Zwischenprodukt bei der Herstellung der Polyurethane. Wichtig ist das Salz des H.s mit Adipinsäure, das **AH-Salz,** das zu Polyamiden verarbeitet wird.

Hexamethylentetramin, Kurzbez. **Hexamin, Urotropin** (westdeutsches Wz.), $(CH_2)_6N_4$, eine heterozyklische Verbindung. H. bildet farblose, glänzende sublimierbare Kristalle. Man gewinnt H. aus Formaldehyd und Ammoniak. H. wird medizinisch zur Behandlung bakterieller Infektionen der Harnwege und als harnsäurelösendes Medikament, weiterhin als Puffersubstanz, Vulkanisationsbeschleuniger, als Absorptionsmittel für Gase, als Stabilisierungs- und Konservierungsmittel, zur Herstellung von Treib- und Blähmitteln, Kunstharzen und Sprengstoffen, z. B. Hexogen, u. a. verwendet.

Hexamin, svw. → Hexamethylentetramin.

Hexamittel, svw. → HCH-Mittel.

Hexane, zu den Alkanen gehörende Kohlenwasserstoffe der allgemeinen Summenformel C_6H_{14}. Sie sind farblose, leicht entzündliche Flüssigkeiten, kommen in Krackbenzinen und im Erdöl vor und dienen unter anderem als Lösungsmittel für Fette.

n-Hexansäure, svw. → n-Kapronsäure.

Hexode, eine → Elektronenröhre.

Hexogen, Zyklotrimethylen-trinitramin, ein weißes feinkristallines Pulver, das man z. B.

durch Nitrieren von Hexamethylentetramin mit Salpetersäure erhält. H. ist einer der brisantesten Sprengstoffe (Detonationsgeschwindigkeit etwa 8380 m s^{-1}); es dient vorwiegend militärischen Zwecken.

Hexosen, einfache → Kohlenhydrate.

Hexyl..., → Alkyl...

Hf, Symbol für → Hafnium.

HF, Abk. für Hochfrequenz, → Frequenz.

HF-Eisen, ein für Hochfrequenzmagnetisierung besonders geeignetes Sintereisen, → Karbonyleisen.

hg, Kurzz. für Hektogramm, → Gramm.

Hg, Symbol für → Quecksilber.

H-H-Prozeß, → Kernfusion.

HHW, Abk. für höchstes Hochwasser, → Wasserstand.

Hiddenit, ein → Augit.

Hi-Fi, Abk. für → High-Fidelity.

High-Fidelity, abg. **Hi-Fi,** Bezeichnung für eine Schalldarbietung mit hoher Übertragungstreue. Sprache, Musik und Geräusche müssen bei kleinstem Klirrfaktor (minimale nichtlineare Verzerrungen) mit bestmöglicher Dynamik wiedergegeben werden. Optimale H.-F. wird durch stereophone Wiedergabe erreicht (→ Stereophonie).

High-Speed-Photographie, svw. → Hochfrequenz-Kinematographie.

Highway, → Fernsprechen.

Hilbert-Raum, ein von dem deutschen Mathematiker Hilbert (1862—1943) angegebener mathematischer Raum von unendlich vielen Dimensionen. Eine beliebige Funktion $F(x)$ der Variablen x kann mittels eines bestimmten Satzes von unendlich vielen Funktionen $f_i(x)$ stets dargestellt werden in der Form $F(x) = \sum_{i=1}^{\infty} c_i f_i(x)$; die Größen c_i sind dabei bestimmbare Koeffizienten. Damit kann man die Funktion $F(x)$ als Vektor im H.-R. auffassen, dessen c_i-Größen seine Komponenten und dessen $f_i(x)$-Größen die Einheitsvektoren sind, die den H.-R. aufbauen. Der H.-R. ist wichtig für die mathematisch strenge Formulierung der Quantenmechanik und der Theorie der Elementarteilchen. Der Zustand eines mikrophysikalischen Systems wird dabei durch einen Zustandsvektor $\varphi(x)$ im H.-R. gekennzeichnet.

Hildebrand-Knorr-Bremse, → Eisenbahnbremsen.

Hilfszeit, → Zeitgliederung in der Produktion.

Himbeerspat, svw. → Rhodochrosit.

Himmel, Firmament, Himmelssphäre, das scheinbare Gewölbe, das sich über einem auf der Erde befindlichen Beobachter ausdehnt und auf der Erdoberfläche zu ruhen scheint. Der Punkt senkrecht über dem Beobachter heißt *Zenit* (Scheitelpunkt), der entgegengesetzte Punkt *Nadir* (Fußpunkt). Der H. dreht sich scheinbar in 23 Stunden 56 Minuten einmal um die **Himmelsachse (Weltachse),** die mit der über die Erdpole hinaus verlängerten Erdachse zusammenfällt und den H. in den **Himmelspolen** durchstößt. Die an die Himmelskugel projizierten Gestirne beschreiben infolge der Drehung eine scheinbare Kreisbewegung um die Himmelspole. Die scheinbaren Örter der Gestirne am H. werden durch Koordinaten in → astronomischen Koordinatensystemen bestimmt.

Himmelsäquator, → Äquator 2).

Himmelskunde, svw. → Astronomie.

Himmelsmechanik, ein Teilgebiet der Astronomie, behandelt die Bewegungen, die die Himmelskörper unter dem Einfluß der allgemeinen Massenanziehung (Newtonsches Gravitationsgesetz) ausführen.

Wichtige Probleme der H. sind unter anderem das Zwei-, Drei- und Mehrkörperproblem. Das **Zweikörperproblem,** d. h. die Bestimmung der Bahnen zweier beliebiger Massen mit beliebigen Anfangsgeschwindigkeiten und Ausgangsorten bei gegenseitiger Massenanziehung, ist allgemein exakt lösbar. Ein einfaches Zweikörperproblem ergibt sich für die Sonne und einen Planeten. Da die Sonne 99,87 % der Gesamtmasse des Sonnensystems besitzt und die Planeten sich in sehr großen Abständen voneinander befinden, kann man bei der Berechnung der Bahn eines bestimmten Planeten zunächst die Anziehungswirkungen der übrigen Körper außer acht lassen. Berücksichtigt man jedoch außerdem die anziehende Wirkung eines oder mehrerer weiterer Planeten, so liegt ein **Dreikörperproblem** oder ein **Mehrkörperproblem** vor. Das Dreikörperproblem ist allgemein nicht lösbar. Nur in ganz speziellen Fällen läßt sich die Bewegung bei vorgegebenem Anfangszustand exakt angeben. Im allgemeinen muß man den Einfluß (Störungen) der anderen, zum Zweikörperproblem hinzutretenden Körper durch Näherungsmethoden (Störungsrechnung) berücksichtigen. Man erhält dann verbesserte Bahnen des Zweikörperproblems.

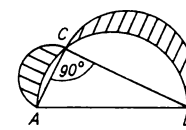
Lit. Stumpff: H. (Berlin, Bd 1 1959, Bd 2 1967).

Himmelssphäre, → Himmel.

Hintermaschine, 1) eine Hilfsmaschine, die dem Läuferkreis einer Asynchronmaschine (→ elektrische Maschine) eine Spannung zuführt und dadurch deren Drehzahl, Phasenverschiebung (→ Phasenschieber) oder Leistung verändert. Die Hilfsmaschine ist entweder mechanisch mit der Asynchronmaschine gekuppelt oder besitzt einen eigenen Antrieb.

2) Bei Kaskadenschaltung zweier Drehstromasynchronmaschinen die Maschine, deren Ständer vom Läufer der Vordermaschine gespeist wird.

Hippokratische Möndchen, nach dem griechischen Mathematiker Hippokrates benannte sichelförmige Flächen, die entstehen, wenn über den Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks Halbkreise geschlagen werden. Die Summe der Flächen der beiden Mondsicheln ist gleich der Dreiecksfläche.



Hippokratische Möndchen

Hirschhornsalz, → Ammonium...

His, Abk. für → Histidin.

Histamin, β-Imidazolyl-äthylamin, ein biogenes Amin. H. entsteht im Organismus aus Histidin. Es wird in geringen Konzentrationen als Gewebshormon freigesetzt und regelt die Gefäßweite des arbeitenden Muskels, die Kontraktion der glatten Muskulatur und die Drüsensekretion. Medizinisch wird H. bei rheumatischen und neuralgischen Erkrankungen und zur Funktionsprüfung der Magensaftsekretion eingesetzt.

Histidin, abg. **His,** α-Amino-β-imidazolyl-propionsäure, eine essentielle Aminosäure. H. kommt in fast allen Eiweißkörpern, vor allem in Globinen, vor.

Histone, → Proteine.

Hittorfsche Überführungszahl, die Zahl, die angibt, mit welchem Anteil die Ionen (Kationen und Anionen) am gesamten Stromtransport bei einer Elektrolyse beteiligt sind. Da die Ionen verschiedene Wanderungsgeschwindigkeiten haben, beteiligt sich jede Ionenart mit einem ganz bestimmten, für das Elektrolytsystem charakteristischen Betrag an der gesamten Leitfähigkeit. Als H. Ü.en ergeben sich: Kationenüberführungszahl $n^+ = \frac{u^+}{u^+ + u^-}$, Anionenüberführungszahl $n^- = \frac{u^-}{u^+ + u^-}$, wobei u^+ und u^- die Wanderungsgeschwindigkeiten von Kation und Anion sind.

Hitzdrahtanemometer, eine Strömungssonde. Das H. dient zur Messung der Geschwindigkeiten von Gasströmen mit Hilfe der durch das strömende Medium bewirkten Abkühlung von elek-

Hitzdraht-instrument

trisch geheizten Drähten. Der elektrische Widerstand von Metallen ist abhängig von deren Temperatur. Man kann entweder die Widerstandsänderung infolge Abkühlung des Hitzdrahtes bei konstanter Stromstärke mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brückenschaltung messen und so auf die Strömungsgeschwindigkeit schließen, wobei eine Eichung erforderlich ist, oder durch veränderliche Stromstärke die Temperatur des Drahtes und damit seinen Widerstand konstant halten und über die zugeführte Heizleistung die Strömungsgeschwindigkeit bestimmen. Mit dem H. können Gasgeschwindigkeiten bis zu wenigen Zentimetern je Sekunde gemessen werden. Außerdem lassen sich bei Benutzung sehr dünner Drähte mit einem Durchmesser von etwa 5 μm zeitlich schnell veränderliche Vorgänge verfolgen, so daß mit dem H. die Eigenschaften turbulenter Strömungsvorgänge untersucht werden können.

Hitzdrahtinstrument, ein elektrisches Meßgerät, das als Strommesser für Gleichstrom und Wechselstrom benutzt werden kann. Durch die Stromwärme dehnt sich ein feiner Metalldraht aus, dessen Verlängerung mit Hilfe einer Feder auf einen Zeiger übertragen wird. Besonders wurden H.e in der Hochfrequenztechnik angewendet, da man den sich erwärmenden Leiter leicht als Hohlleiter mit bandförmig zerteilter Oberfläche ausführen kann, wodurch sich der → Skin-Effekt verringert. In neuerer Zeit werden die H.e durch die empfindlicheren → Drehspulinstrumente mit → Thermoumformern verdrängt.

Hitzemauer, svw. → Wärmemauer.

HK, Kurzz. für → Hefner-Kerze.

hl, Kurzz. für Hektoliter, → Liter.

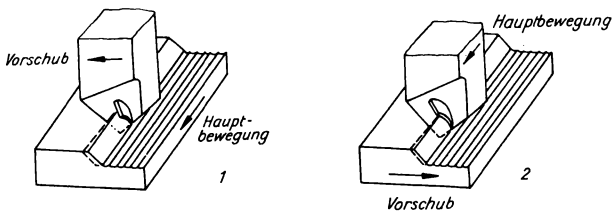
hm, Kurzz. für Hektometer → Meter.

H.N. Abk. für Normalhöhe, → Normalnull.

Ho, Symbol für → Holmium.

Hobeln, ein Verfahren der spanenden Formung mit gerader Schnittbewegung für Holz-, Metall- oder Plastflächen mit einem Hobelmesser oder -meißel.

1) In der Holzbearbeitung erfolgt das H. von Hand mit dem Hobel oder maschinell. a) Der **Hobel** besteht aus einem hölzernen Kasten (seltener aus einem Metallkörper), in den das Hobelmesser, d. i. eine Stahlklinge (Hobelstahl, -eisen), schräg eingesetzt ist, so daß die Schneide etwas über die Sohle des Kastens vorsteht. Beim Aufdrücken und Vorwärtsschieben des Hobels hebt das Hobelmesser einen Span ab. Nach der Verwendung unterscheidet man: **Schrupphobel** zur Rohbearbeitung, **Schlicht-, Doppel-** und **Putzhobel** zum Glatthobeln **Rauhbank** zum H. langer,



Vorschub und Hauptbewegung beim Hobeln (*1*) und Stoßen (*2*)

gerader Kanten oder großer Flächen, **Schiffshobel** (mit runder, fester oder verstellbarer Sohle) zum H. hohler oder gewölbter Flächen, **Falzhobel** zum Aushobeln von Falzen, **Simshobel** zum Nachhobeln von Falzen, **Zahnhobel** mit gezahntem Hobelmesser zum Entfernen von Unebenheiten und zum Aufrauhen, **Profilhobel** zur Profilierung von Leisten, **Nuthobel** zur Herstellung von Nuten und **Schinder** (→ Schaber). Doppelhobel, Putzhobel, Rauhbank und manche Simshobel haben ein Doppeleisen, d. h., auf dem Hobeleisen ist eine Klappe (Stahlblech) aufgeschraubt, deren untere Kante senkrecht auf dem Hobeleisen aufliegt und den Span über der Hobelstelle abbricht. Auf diese Weise wird ein Einreißen des Holzes vermieden. Die Werkstücke, die gehobelt werden sollen, spannt man auf der **Hobelbank** ein. Diese besteht im wesentlichen aus einer schweren Holzplatte mit Löchern zum Einsetzen zweier Klemmvorrichtungen (Zangen) und eines Bankhakens, d. i. ein quadratischer Stahlstab mit geriffelten Spannbacken und einer Stahlfeder. b) **Holzhobelmaschinen** mit gerader Schnittbewegung sind z. B. **Putzmesserhobel-** und **Ziehklingenmaschinen** zum Zurichten von Brettchen für Fußböden, Schiffsdecks, Holzhaus-, Barackenund Fahrzeugwände und **Holzwollemaschinen.** Außerdem werden als Hobelmaschinen fälschlicherweise noch Fräsmaschinen mit umlaufenden Messerwellen und damit kreisförmiger Schnittbewegung bezeichnet. Der Spanungsvorgang ist kein H., sondern Umfangsfräsen. Bei diesen Maschinen ragen die Messer aus dem Schlitz des Maschinentisches, über den das Werkstück von Hand oder durch Mitnehmerwalzen hinweggeschoben wird, nur wenig heraus. Man unterscheidet die **Abrichthobelmaschine** zur Erzielung einer ebenen und sauberen Fläche auf Brettern oder Bohlen und die **Dickenhobelmaschine** zum H. der Bretter auf eine bestimmte Dicke. Die meisten Abrichthobelmaschinen sind zugleich Füge- und Kehlmaschinen. Zum Fügen, d. h. zum Abrichten der Längskanten von Brettern, sind sie mit einem senkrechten Anschlag versehen, zum Kehlen (Profilieren) der Brettkanten mit profilierten Messern. Es gibt auch Dickenhobelmaschinen, die Bretter gleichzeitig von 2, 3 oder 4 Seiten bearbeiten, solche, die mit einer Abrichtmaschine und solche, die mit einer Säge- oder Fräseinrichtung kombiniert sind.

2) In der Metallbearbeitung geschieht das H. ausschließlich maschinell. Man wendet es zur Herstellung von Nuten und ebenen Flächen an. Durch Nachformhobeln (→ Nachformen) oder Sondereinrichtungen lassen sich auch gekrümmte (z. B. zylindrische) Flächen herstellen. Vielfach unterscheidet man bei der Bearbeitung von Metall H. und Stoßen. Beim H. im engeren Sinne führt der Maschinentisch mit dem aufgespannten Werkstück die hin- und hergehende Haupt-(Schnitt-)Bewegung aus, während die — nach einem Hin- und Rückgang erfolgende — Vorschubbewegung und die Zustellung vom Werkzeug ausgeführt werden. Beim **Stoßen** wird die hin- und hergehende Hauptbewegung vom Werkzeug ausgeführt, das in einen Meißelhalter am Maschinenstößel gespannt wird. Die Vorschubbewegung — ebenfalls nach einem Hin- und Rückgang — und die Zustellung werden vom Maschinentisch mit dem aufgespannten Werkstück ausgeführt. Bei Waagerechtstoßmaschinen geschieht das Zustellen mitunter auch durch das Werkzeug. Sowohl beim H. als auch beim Stoßen wird das Werkzeug während des Rückhubs vom Werkstück abgehoben (meist automatisch), oder es schleift lose auf diesem. (Abb.)

Die zum H. und Stoßen verwendeten Werkzeuge entsprechen den zum → Drehen benutzten Meißeln; man spricht deshalb auch von *Hobelmeißeln;* z. T. sind sie gekröpft. Zum *Wälzstoßen,* d. h. zum Herstellen von Innen- und Außenverzahnungen an Zahnrädern und Zahnkränzen, verwendet man zahnradähnliche *Schneidräder* oder *Hobelkämme* (*Kammeißel*), die mehreren nebeneinandergesetzten Hobelmeißeln entsprechen. Bei beiden Werkzeugen sind die Flanken und Kopfflächen hinterarbeitet, so daß Freiwinkel entstehen. Beim Wälzstoßen führen sowohl Werkzeug als auch Werkstück eine Vorschubbewegung aus. Das Werkstück wird ge-

dreht und der Hobelkamm seitlich verschoben bzw. das Schneidrad ebenfalls gedreht.

Bei den **Hobelmaschinen** (früher auch Tisch- oder Langhobelmaschinen genannt) wird die Drehbewegung des antreibenden Elektromotors von einem Getriebe (Zahnrad — Zahnstange, Schraubenspindel — Mutter, Schnecke — Zahnstange), seltener durch eine Kurbelschleife in die geradlinige Hauptbewegung des Tisches umgewandelt, oder sie haben hydraulischen Antrieb. Da der Maschinentisch nach dem Arbeitshub leer zurückläuft, hängt die Wirtschaftlichkeit der Hobelmaschine von der Schnelligkeit des Rückhubs ab. Hobelmaschinen werden als Ein- und Zweiständerhobelmaschinen gebaut. An den Ständern wird ein Querträger auf- und abbewegt, der — ebenfalls verschiebbar — den oder die Werkzeugschlitten trägt. Einständerhobelmaschinen, die man besonders zum H. sperriger Werkstücke verwendet, haben bis zu drei Werkzeugschlitten, Zweiständerhobelmaschinen maximal vier Werkzeugschlitten, und zwar je zwei am Querträger und an den Ständern. Hobelmaschinen werden besonders zum Bearbeiten großer, vor allem langer Flächen verwendet. Eine Sonderform ist die **Blechkantenhobelmaschine**, mit der die Kanten von meist im Paket aufgelegten Platten zum Schweißen vorbereitet werden. Bei dieser Maschinenart läuft der Werkzeugschlitten an dem oder den Werkstücken entlang; bei manchen Typen schneiden die Meißel sowohl beim Hin- als auch beim Rückgang.

Stoßmaschinen werden meist hydraulisch, seltener über eine Kurbelschwinge von einem Elektromotor angetrieben. Waagerechtstoßmaschinen, früher auch Kurz- und Schnellhobler oder Shapingmaschinen genannt, benutzt man vor allem zur Bearbeitung kleiner Werkstücke in der Einzelfertigung. Sie haben einen kastenförmigen Ständer, auf dem sich oben die Führung für den Stößel und vorn die Führung für den Tisch befinden. Der Antrieb ist im Ständer untergebracht. Senkrechtstoßmaschinen werden besonders zur Innenbearbeitung, z. B. zum Herstellen von Nuten, verwendet, ihr Gestell hat C-Form; bei großen Maschinen ist der Ständer auf das Maschinenbett aufgeschraubt. Der *Stoßmeißel*, der z. T. eine etwas andere Form hat als normale Hobelmeißel, ist an einem Stößel befestigt, der am Ständer auf- und abbewegt wird. Das Werkstück ist auf einen meist drehbaren Tisch gespannt, der die Vorschubbewegung (quer und drehend) und die Zustellbewegung ausführt. Sonderformen von Stoßmaschinen sind die Nutenstoßmaschine und Nutenziehmaschine zum Herstellen von Keilnuten in Zahnrädern, Kupplungskörpern u. dgl., die Form- und Stempelstoßmaschine zur Bearbeitung von Stempeln und die Zahnradwälzstoßmaschine zum Einarbeiten der Zahnlücken bei Zahnrädern.

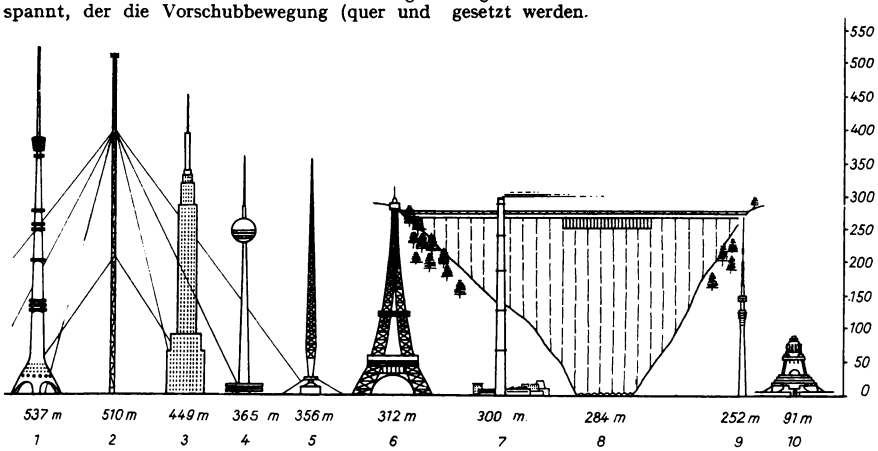
Zur Beseitigung der Querwelligkeit und zur Erreichung eines schattenfreien Oberflächenbildes werden beim Feinhobeln *Breitschlichtmeißel* benutzt. Die Nebenschneide wird mit einem Einstellwinkel von 0° eingestellt und übt dementsprechend eine schabende und glättende Wirkung aus.

Lit. Berthold: H. — Stoßen — Räumen (4. Aufl. Leipzig 1952); Iwanow: H. und Stoßen (Leipzig 1954); Dreher-Fachkunde (14. Aufl. Berlin 1966).

Hochatmosphäre, → Atmosphäre.

Hochbahn, → Zweite Ebene.

Hochbau (Tafeln 40 und 41), ein Zweig des Bauwesens, der sich mit der Projektierung und Ausführung von Bauwerken über der Erdoberfläche befaßt, insbesondere mit dem Bau von Wohnhäusern, Geschäfts- und Verwaltungsgebäuden, Hochhäusern und Industriebauten. Jahrhundertelang herrschte im H. der Fachwerkbau oder der reine Holzbau sowie der Ziegelbau, auch der Lehmbau vor. Ab der 2. Hälfte des 19. Jh. wurden durch den Aufschwung von Industrie und Handel sowie des Verkehrs Umfang und Aufgaben des H.s immer mehr erweitert. Es wurden neue Baustoffe verwendet, wie Stahl und Stahlbeton. Die Baustoffe wurden wissenschaftlich untersucht, und es wurde möglich, ihre Eigenschaften, insbesondere ihre Tragfähigkeit, wirtschaftlichst durch die höchstzulässige Beanspruchung auszunutzen. Ferner wurden neue leistungsfähigere Baumaschinen eingesetzt. Modernste Erkenntnisse in der Statik der Baukonstruktionen und der technischen Gebäudeausrüstung (Gas-, Wasser-, Strom-, Heizungs- und Klimaanlagen) wurden angewendet. Der alte Fachwerkbau wurde zum → Skelettbau weiterentwickelt. Die Bauvorgänge wurden wissenschaftlich untersucht und die → Bauweisen und Bauverfahren rationalisiert. Insbesondere in neuester Zeit wurde die → Montagebauweise entwickelt, wobei die Bauelemente serienmäßig in der Fabrik hergestellt und auf der Baustelle nur zusammengesetzt werden.



Hohe Bauwerke (*1* und *2* die beiden höchsten Bauwerke der Erde, ab *3* Auswahl). *1* Fernsehturm Moskau, *2* Fernsehmast Cape Girardeau (USA), *3* Empire State Building New York mit Fernsehturm, *4* Fernsehturm Berlin (DDR), *5* Sendemast Zehlendorf bei Oranienburg (DDR), *6* Eiffelturm Paris mit neuer Antenne, *7* Schornstein Kraftwerk Böhlen II bei Lippendorf (DDR), *8* Talsperren-Staumauer Grande Dixence (Schweiz), *9* Fernsehturm Dresden, *10* Völkerschlachtdenkmal Leipzig (zum Vergleich)

Die höchsten Bauwerke der Erde
(über 200 m Höhe; von Hochhäusern nur eine Auswahl angegeben)

Bauwerk	Höhe in m
Fernsehturm Moskau	537
Fernsehmast Cape Girardeau (USA)	510
Fernsehmast XGAY-TV (USA)	496
Fernsehmast WGAN-TV, Portland, Maine (USA)	494
Fernsehmast Oklahoma (USA)	479
Empire State Building New York (mit Fernsehturm)	449
Welthandelszentrum New York	410
Fernsehmast Emly Moor (England)	386
Fernsehmast der USA in der Arktis	370
Fernsehturm Berlin (DDR)	365
Antennenmast Zehlendorf bei Oranienburg (DDR)	356
Antennenmast Mogiljow (UdSSR)	350
Fernsehturm Tokio	333
Schornstein Kraftwerk in Japan	325
Fernsehmast Behren/Bockel bei Uelzen (Westdeutschland)	323
Fernsehturm Leningrad	316
Eiffelturm Paris mit neuer Antenne	312
Schornstein Kraftwerk Böhlen II bei Lippendorf (DDR, Bezirk Leipzig)	300
Schornstein Kraftwerk Thierbach (DDR, Bezirk Leipzig)	300
Schornstein bei Johnstown (Pennsylvania, USA)	300
Talsperren-Staumauer Nurek (UdSSR), im Bau	300
Fernsehturm München	290
Talsperren-Staumauer Grande Dixence (Schweiz)	284
Schornstein Kraftwerk Siersza II (VR Polen)	260
Fernseh- und UKW-Turm Dresden	252
Antennenmast Königs Wusterhausen	243
Lomonossow-Universität Moskau, höchste Spitze	240
Talsperren-Staumauer Bhakra (Indien)	225
Talsperren-Staumauer Hoover (Boulder), USA	222
Schornstein Kraftwerk Stade (Westdeutschland)	220
Fernsehturm Dortmund	215
Fernsehturm Stuttgart	211
Brückenpfeiler Verrazano-Narrow-Brücke New York	210

Lit. Pörschmann: Bautechnische Berechnungstafeln für den H., 2 Tle (Leipzig 1961); Ingenieur-Taschenb. Bauwesen, Bd IV: H., Teil 1 (Leipzig 1964); Ztschr.: Bauzeitung VEB Verlag für Bauwesen Berlin; Deutsche Bau-Enzyklopädie (Berlin); Deutsche Architektur (Berlin); Schulze u. Krause: Bürobauten (Berlin 1967); Wenzel: Hotelbauten (Berlin 1967); Schmiedel: Wohnhochhäuser, 2 Bde (Berlin 1967).

Hochbrechen, im Untertagebau das Herstellen eines Grubenbaus von unten nach oben. Unterschied: → Abteufen.

Hochdruck, ein → Druckverfahren.

Hochdruckchemie, umfaßt chemische Vorgänge bei hohen Drücken (im allgemeinen 300 at, vielfach 700 at, mitunter 2000 at), um Reaktionen zwischen Gasen und Flüssigkeiten oder festen Körpern zu erzielen, die bei normalem Druck nicht möglich sind oder nur eine geringe Ausbeute ergeben. In den meisten Fällen arbeitet man mit Katalysatoren. Die Reaktionen werden in Bomben oder in Hochdruckapparaten durchgeführt, die man nach dem Wickelverfahren, d. h. durch Aufwickeln glühender Profilstahlbänder auf ein Kernrohr, herstellt. Das Ausgangsmaterial wird — außer bei reinen Gasreaktionen — in flüssigem Zustand in das Reaktionsgefäß eingespritzt und dann das Synthesegas unter Druck zugeführt. Beim Sumpfphaseverfahren treten der flüssige Ausgangsstoff und das Synthesegas von unten in den Reaktionsraum ein. Bekannt sind das → Haber-Bosch-Verfahren zur Gewinnung von Ammoniak aus der Luft, die Oxosynthese zur Gewinnung von Alkoholen sowie die katalytische Verarbeitung des Äthins.

Lit. Korndorf: Hochdrucktechnik in der Chemie (dtsch Berlin 1956).

Hochdruckgebiet, Hoch, **Antizyklone,** ein Gebiet hohen Luftdrucks, das stationär ist oder aber wandert. Das H. hat meist ovale Form mit vorwiegend schwachem Druckgefälle im Innern. Die Luftbewegung ist infolgedessen ebenfalls schwach, die Windrichtungen sind unbeständig. Örtliche Windstillen sind häufig. Die Strömung ist allgemein vom Kern nach außen gerichtet und erhält nach der Buys-Ballotschen Regel auf der Nordhalbkugel eine Drehung im Uhrzeigersinn, auf der Südhalbkugel entgegengesetzt. Infolge dieser divergenten Strömung ist über dem H. eine absteigende Vertikalbewegung der Luft zu verzeichnen, die wolkenauflösend und abtrocknend wirkt. H.e weisen deshalb vorwiegend heiteres und trockenes Wetter auf.

Bei starker Einstrahlung und Erwärmung des Bodens bilden sich vertikal nach oben gerichtete Bewegungen, die Konvektionsströme, die Kumuluswolken entstehen lassen und bei hoher Feuchte im Sommer auch Gewitter erzeugen können. Bei stationären H.en mit alternden Luftmassen sind absinkende Inversionen zu beobachten, an denen sich Dunst und Nebel ausbilden. So ist in H.en also auch trübes Wetter möglich.

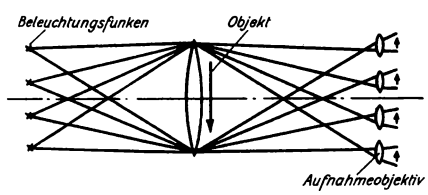
Schließlich entstehen im Winter, besonders im Innern der Landmassen, **Kältehochs,** die infolge beständiger Ausstrahlung des Erdbodens bei wolkenlosem Wetter sehr starken Frost aufweisen.

H.e sind meist frei von Fronten, doch gehen Luftmassengrenzen vielfach mitten durch sie hindurch. Außer den beschriebenen Hochs und winterlichen Kältehochs gibt es **Zwischenhochs,** die meist zwischen zwei wandernden → Tiefdruckgebieten liegen.

Bei der Luftdruckverteilung der Erde (→ Windsysteme) spielen die beiden Hochdruckgürtel der Roßbreiten unter etwa 30° nördlicher und südlicher Breite als hochreichende warme Antizyklonen eine Rolle. Das für das Wetter Mitteleuropas wichtige **Azorenhoch** rechnet zum Hochdruckgürtel der nördlichen Roßbreiten.

Hochfrequenz, → Frequenz.

Hochfrequenzkinematographie, Kurzzeitphotographie, High-Speed-Photographie, eine Weiterentwicklung des Prinzips der Zeitlupe mit Aufnahmefrequenzen von mehr als 1000 Bildern/s. Für Aufnahmefrequenzen bis etwa 35000 Bildern/s werden kontinuierlich ablaufende Vorgänge zeitlich in Einzelbilder zerlegt und diese auf dem Film räumlich voneinander getrennt aufgezeichnet. Es erfolgt ein gleichmäßiger Filmtransport bei optischem Ausgleich durch Drehprisma. Mit vollem Bildformat erhält man auf 16-mm-Film bis zu 10000 Bilder/s, bei Formatunterteilung etwa 32000 Bilder/s. Höhere Aufnahmefrequenzen (bis 300000 Bilder/s) erfordern optische Bildzerlegung durch Drehspiegel und/oder schnell rotierende Filmtrommel sowie durch intermittierende Beleuchtung (Funkenblitzfolgen) oder elektronische Kurzzeitbelichtung (Kerrzelle, Bildwandler o. a.). Funkenblitze eignen sich wegen fehlender Wärmestrahlung zur Beleuchtung wärmeempfindlicher oder leicht



Optische Bildtrennung bei der Hochfrequenz-Kinematographie

entflammbarer Objekte. Bei Aufnahmefrequenzen von über 300000 Bildern/s erfolgt optische Bildtrennung durch rasterförmig angeordnete Funkenlichtquellen und entsprechende Aufnahmeobjektive. Die Funkenblitze werden durch eine Kettenleiterschaltung ausgelöst. Bei diesem Verfahren ruht der Film. Es können maximal Bildfrequen-

zen von $8 \cdot 10^6$ Bildern/s erreicht werden. Neueste Entwicklungen verwenden Rasterkameras, mit denen auf photographischen Platten Bildfolgen bis zu 10^9 Bildern/s aufgenommen werden können.

Die H. hat einen breiten Anwendungsbereich gefunden, z. B. in Biologie, Ballistik, Sprengstofftechnik, Aerodynamik, Raketen- und Satellitentechnik, Verfahrenstechnik, Spannungsoptik und Maschinenbau (Aufzeichnungen von Geschoßeinwirkungen, Detonationsvorgängen, Strömungsverläufen im Windkanal, Bruch-, Zerreiß- und Zerkleinerungsvorgängen, Zersprühverfahren u. a.).

Hochfrequenzofen, ein → Elektroofen.

Hochfrequenzspektroskopie, Teilgebiet der Spektroskopie, speziell der Absorptionsspektroskopie. Die elektromagnetische Strahlung wird hierbei mit Hilfe der Mittel der Hochfrequenztechnik, z. B. durch Triftröhren, erzeugt.

Hochfrequenzstereophonie, ein Teilgebiet der Stereophonie, das sich mit der hochfrequenten, kompatiblen Übertragung von Stereosignalen beschäftigt, wodurch eine Stereowiedergabe durch einen Stereoempfänger erfolgen kann. Unter *Kompatibilität* oder *Normverträglichkeit* wird verstanden, daß jedoch auch ein normaler Empfänger (Monotonrundfunkempfänger) bei Stereoübertragung eine technisch und künstlerisch weitgehend vollwertige Monowiedergabe ermöglicht. In der Mehrzahl wird zur hochfrequenten Übertragung das **Pilottonverfahren** verwendet. Hierunter versteht man im allgemeinen ein Mehrkanalverfahren mit amplitudenmoduliertem Hilfsträger und Pilotsignal (z. B. 19 kHz) für den stereophonen Rundfunk. Die Zusammenfügung der Stereosignale A (links) und B (rechts) sowie des Pilotsignals zum Multiplexsignal nennt man *Codierung*. Das Multiplexsignal dient zur Modulation der HF-Schwingung im Sender. Im Empfänger werden nach der Demodulation mit Hilfe des Pilotsignals aus dem Multiplexsignal die Stereosignale A und B wieder hergestellt. Mittels einer stereophonen Rundfunkübertragung ist es möglich, annähernd die Atmosphäre einer Originalaufführung zu erreichen.

Hochfrequenztrocknung, → Trocknung.

Hochfrequenzwärme, die Elektowärme, die in metallischen oder nichtmetallischen Stoffen durch Einwirkung elektromagnetischer Felder hoher Frequenz entsteht. Man unterscheidet induktive und dielektrische H. Bei **induktiver Erwärmung** werden in elektrisch gut leitenden Stoffen durch ein magnetisches Wechselfeld Wirbelströme hervorgerufen. Je höher die Frequenz des Wechselfeldes ist, desto mehr drängt es die Wirbelströme zur Oberfläche (Haut- oder → Skin-Effekt). Auf diese Weise erwärmt sich nur die Oberfläche des Behandlungsgutes. Die induktive Erwärmung wird beim Oberflächenhärten von Stahlwerkzeugen und Zahnrädern angewendet. Bei der **dielektrischen Erwärmung** ist das zu erwärmende Gut ein elektrischer Nichtleiter und bildet das verlustbehaftete Dielektrikum einer mit einer Hochfrequenzspannungsquelle gekoppelten Kondensatoranordnung. Die Erwärmung des Stoffes erfolgt gleichmäßig. Dieses Verfahren findet in der Industrie Anwendung zum Trocknen von Holz, Textilien u. a., zur Verarbeitung thermoplastischer Werkstoffe, zum Schweißen und Leimen. In der Medizin dient die H. zur inneren Erwärmung von Körperteilen, → Kurzwellentherapie.

Hochhaus (Tafel 40), früher **Wolkenkratzer** genannt, ein Haus mit im allgemeinen 7 und mehr Geschossen. Hochhäuser wurden zunächst als Geschäftshäuser, später auch als Hotels, Wohnhäuser und Krankenhäuser errichtet. Die Errichtung von Hochhäusern wurde durch die Entwicklung der Stahl- und Stahlbeton-Skelettmontagebauweise sowie der → Gleitbauweise möglich. Der Bau von Hochhäusern erfordert einen genügend druckfesten Baugrund (besonders geeignet der felsige Grund von Manhattan in New York), eine sorgfältige Gründung als Verankerung und aufgelöste Tragkonstruktionen (Skelettmontagebauweise) mit vorgeblendeten leichten Außenwandelementen (Vorhangwände), da die Eigenmasse des Baukörpers möglichst niedrig gehalten werden muß. Haustechnische Anlagen wie elektrische Aufzüge, Müllabwurfschächte, Rufanlagen, Heizungs- und Klimaanlagen sind besonders wichtig. Neben den Aufzügen müssen ausreichend Treppen (zwei voneinander unabhängige Treppenhäuser) vorhanden sein. Weiteres → Hochbau.

Ein **Punkthaus** ist ein H. mit annähernd quadratischem Grundriß als Akzent zur Einleitung oder als Abschluß eines städtebaulichen Ensembles (bebauter Straßenzug).

Das höchste Haus der Welt ist das Empire-State-Building in New York mit 102 Stockwerken und 381 m Höhe (ohne Fernsehturm).

Lit. → Hochbau.

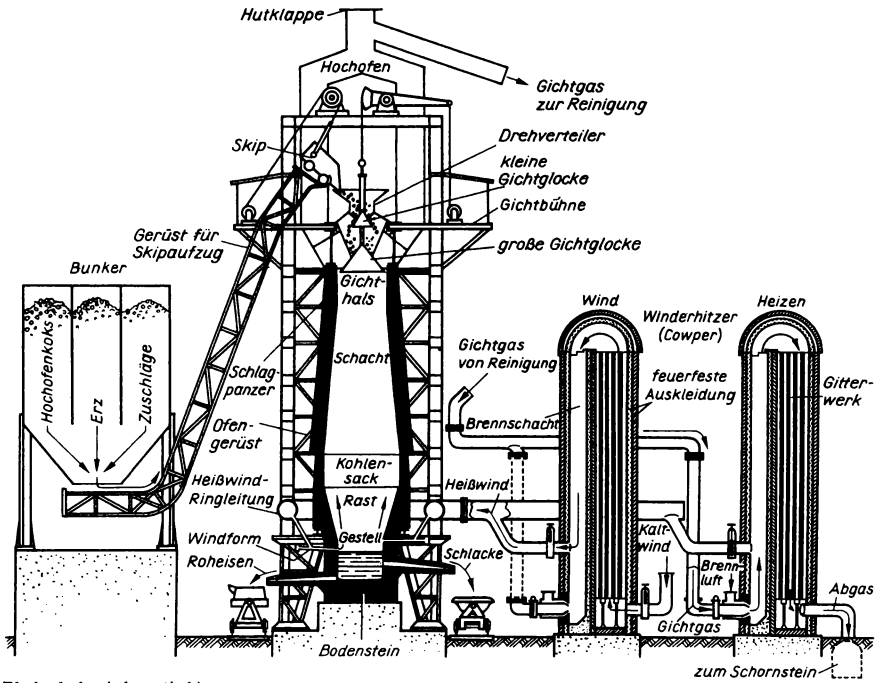
Hochmolekulare, → Makromoleküle, → Polymere.

Hochnebel, eine ausgedehnte, flache Wolkendecke, die sich unterhalb von Inversionen befindet. H. tritt besonders in winterlichen Hochdruckgebieten auf, so daß die Täler oft in Wolken eingehüllt sind, während über die Inversion hinausragende Berge oberhalb des H.s besonnt werden.

Hochofen (Tafel 26), ein metallurgischer Schmelzofen zur kontinuierlichen (bis zu 15 Jahren dauernden) Gewinnung von Roheisen aus Eisenerzen (Näheres über den Schmelzvorgang → Roheisenerzeugung). Nach der Erzeugungsart der Wärme, die zum Schmelzen der Erze und der beigefügten Zuschläge sowie für die Reduktion erforderlich ist, unterscheidet man Blas- und Elektrohochofen.

1) Beim üblichen **Blashochofen** wird die Schmelz- und Reduktionswärme durch Verbrennung von Hochofenkoks mit Hilfe von eingeblasener, in → Winderhitzern erwärmter Verbrennungsluft (Wind) erzeugt. Das Ofengefäß besitzt eine Höhe von 20 bis 35 m und besteht aus zwei abgestumpften Kegeln, von denen der obere als *Schacht*, der untere als *Rast* bezeichnet wird. Den Übergang zwischen beiden bildet der zylindrische *Kohlensack*. Der zylindrische Raum unter der Rast ist das *Gestell*, dessen Oberteil die Öffnungen für die Einführung des Heißwindes (Windformen) enthält; im Unterteil befinden sich die Öffnungen für den Austritt der Schlacke (Schlackenform) und des Roheisens (Stichloch). Die Wände des H.s sind aus feuerfesten Schamottesteinen gemauert; Bodenstein (Grundplatte) und Gestell bestehen aus Kohlenstoffsteinen, Kohlenstoffstampfmasse oder Schamotte bester Qualität; sie enthalten von Wasser durchflossene Kühlkästen. Die Gesamthöhe eines H.s einschließlich der Aufbauten beträgt bis zu 80 m bei einem Gestelldurchmesser bis zu 10 m. Derartige Hochöfen erzeugen heute je Tag bis zu 4000 t Roheisen. Das Mauerwerk von Bodenstein, Gestell und Rast, neuerdings auch das Schachtmauerwerk ist mit einer starken Blechpanzerung versehen, die zur zusätzlichen Kühlung von außen berieselt wird. Die Begichtung (Beschickung) des H.s mit dem Möller (Eisenerze und Zuschläge) und Koks erfolgt heute automatisch durch die obere Öffnung des Schachtes, die *Gicht*. Diese ist durch eine doppelte *Gichtglocke* abgeschlossen, die eine Beschickung des H.s ohne Verlust an → Gichtgas ermöglicht. Das Gichtgas wird meist über 4 Rohre aus dem Ofen geführt, von denen sich je zwei vereinigen. An dieser Stelle befinden sich die Hutklappen, die in Notfällen einen direkten

Gasabzug ermöglichen; normalerweise sind sie geschlossen. Von hier führen zwei Rohre abwärts, die sich zu einer Sammelleitung vereinigen, diese leitet das Gichtgas (Rohgas) in die Gasreinigung (Grob- und Feinreinigung). Von hier aus wird das Gas als Reingas seiner Verwendung zugeführt. Die Aufgabe des Beschickungsgutes erfolgt über einen Schrägaufzug (Skip), Senkkübel oder Transportbänder.



Blashochofen (schematisch)

Man unterscheidet zwei Bauarten von Hochöfen. Bei der deutschen Bauart steht der H. in einem Gerüst, das die Gichtaufbauten trägt; bei der amerikanischen Bauart steht der H. völlig frei, hat aber einen so starken Panzer, daß er die Gichtaufbauten selbst tragen kann. Der Schacht weist an seinem unteren Ende einen Tragring auf, der auf Tragsäulen ruht. Neuerdings werden auch beide Bauarten gekoppelt.

Seit einigen Jahren werden Hochöfen mit erhöhtem Winddruck betrieben. Der Druck an den Windformen steigt dabei von bisher 1,7 bis 2,5 at auf 2,5 bis 4,5 at; das Gichtgas verläßt den H. dann anstatt mit 1,05 bis 1,1 at mit 1,5 bis 3,5 at. Durch diese Maßnahme steigt entweder die Hochofenleistung, oder der Koksverbrauch nimmt bei gleichbleibender Leistung ab. Seit einigen Jahren ist man bestrebt, den Koks teilweise (bis zu 25 %) durch andere Brennstoffe (Kokereigas, Erdgas, Öl oder Kohlenstaub) zu ersetzen. Diese Brennstoffe werden im allgemeinen über die Windformen dem H. zugeführt. Die Injektion dieser Ersatzbrennstoffe belastet den Wärmehaushalt des H.s in zweifacher Hinsicht: Einmal muß der Zusatzbrennstoff von etwa 20 °C auf 1800 °C und darüber erwärmt werden, zum anderen wird das gebildete Kohlendioxid bzw. der Wasserdampf endotherm durch den Kohlenstoff des Kokses zu Kohlenmonoxid bzw. Wasserstoff reduziert. Die Injektion von Brennstoffen im unteren Teil des H.s ist also nur sinnvoll, wenn gleichzeitig zusätzlich Wärme zugeführt wird, was in den meisten Fällen durch Erhöhung der Windtemperatur geschieht. Eine andere Möglichkeit besteht in der Erhöhung der Verbrennungstemperatur durch Zuführung von reinem Sauerstoff in den Wind. Zur Erzielung des im H. benötigten Winddrucks verwendet man Gichtgaskolbengebläse, Dampf- oder Elektroturbogebläse oder mit Gichtgas betriebene Gasturbinen. Der Einsatz von Gasturbinen ist besonders wirtschaftlich, weil die Verbrennungsgase der Turbine für die Aufheizung der Winderhitzer eingesetzt werden können. Der Windbedarf eines H.s ist erheblich und kann bei modernen Großhochöfen bis zu 200000 m³ i.N./h betragen.

Die beim Hochofenprozeß anfallende Hochofenschlacke wird vielseitig verwendet (→ Schlacke).

2) Der **Elektrohochofen** wird nur dort verwendet, wo elektrische Energie in ausreichendem Maße und mit geringen Kosten erzeugt werden kann; er ist daher weniger gebräuchlich und überdies vom Elektroniederschachtofen nahezu verdrängt worden. Der Elektrohochofen gleicht dem Blashochofen, nur hat hier das Gestell die Form einer Wanne, in die Kohleelektroden hineinragen. Der zwischen diesen gezogene Lichtbogen heizt die Ofenfüllung und ersetzt somit den zum Schmelzen erforderlichen Koks beim Blashochofen (Verbrauch etwa 2500 kWh/t Roheisen). Als Reduktionsmittel verwendet man Holzkohle und Koks. Die Leistung beträgt 50 bis 70 t Roheisen in 24 Stunden.

Lit. Braun: Die Öfen der Eisenhüttenwerke, 2 Bde, Bd 2 Verhüttungsöfen (Leipzig 1957); Eger: Handb. der technischen Elektrochemie, Bd IV (Leipzig 1955); Pochwisnew: Der Hochofenbetrieb (dtsch Berlin 1954); Romanenko: Die technologische Überwachung im Hochofenbetrieb (dtsch Berlin 1955); → Roheisenerzeugung.

Hochofengas, svw. → Gichtgas.

Hochpaß, ein elektrisches Filter, → Filter 2).

Hochpunkt, → trigonometrischer Punkt.

Hochspannung, elektrische Spannung von mehr als 1000 Volt, bei Schaltanlagen von mehr als 250 Volt gegen Erde. Die H. ist von größter Bedeutung für die Elektroenergieversorgung. Zur Übertragung großer elektrischer Leistungen über weite Entfernungen benutzt man hochgespannte Ströme geringer Stromstärke, weil die bei H. entlang der Leitungen auftretenden Leitungsverluste (hauptsächlich Verluste infolge von Entladungserscheinungen) geringer sind als die Verluste in den Leitungen bei niederer Spannung und großer Stromstärke (Stromwärmeverluste, → Joulesches Gesetz). Der Ohmsche Widerstand der Leitungen, von dem die Stromwärmeverluste abhängen, kann nicht beliebig durch Vergrößerung der Leiterquerschnitte verringert werden (bei Wechselstrom verringert der → Skin-Effekt den wirksamen Leiterquerschnitt).

Die an Hochspannungsleitungen auftretenden Verluste durch die Korona-Erscheinung (→ Büschelentladung) sind um so größer, je geringer der Leiterdurchmesser ist. Als Gegenmaßnahme werden deshalb → Hohlseile mit großem Durchmesser oder Bündelleiter, d. h. drei oder vier in geringem Abstand voneinander liegende Seile je Phase, verwendet.

Man benutzt für Fernleitungen H. von 110000 Volt (geeignet für Energieübertragung bis zur Maximalentfernung von etwa 200 km bei wirtschaftlich vertretbarem Wirkungsgrad), 220000 Volt (bis zu etwa 400 km) und 400000 Volt (bis zu etwa 800 km).

Hochspannungsfernleitungen werden heute noch überwiegend mit Drehstrom betrieben; jedoch tendiert die Entwicklung zur Energieübertragung mittels hochgespannten Gleichstroms, da hier der Blindwiderstand der Leitung keine Rolle spielt und bei gleicher Bemessung der Isolatoren die Spannung U gegenüber Wechselstrom auf den $\sqrt{2}$-fachen Wert gesteigert werden kann ($U \cdot \sqrt{2}$ = Amplitude der sinusförmigen Wechselspannung).

Weitere Einsatzgebiete der H. sind die Prüfung elektrischer Anlagenteile und Isolierungen, die Erzeugung von Röntgenstrahlen für medizinische und technische Zwecke sowie die Kernphysik (Teilchenbeschleuniger).

Die Erzeugung von H. erfolgt mittels Hochspannungstransformatoren, gegebenenfalls in Verbindung mit Glühkatodengleichrichtern (→ Stromrichter). Die Erzeugung von **Höchstspannung** (Gleich- oder Wechselspannung bis zu einer Höhe von mehreren Millionen Volt) für Prüf- und Forschungszwecke erfolgt bei Gleichspannung durch Bandgenerator und Stoßspannungsanlage, bei Wechselspannung durch Kaskadenschaltung von Transformatoren.

Lit. Weickert: Hochspannungsanlagen (10. Aufl. Leipzig 1959); Sirotinski: Hochspannungstechnik (dtsch Berlin, 2 Bde, 1965/66); Lorenz, Hinze, Kühn: Hochspannungstechnik (Berlin 1966).

Hochstabläufer, → elektrische Maschine.

Höchstfrequenztechnik, → Mikrowellentechnik.

Höchstspannung, → Hochspannung.

Höchstvakuum, → Vakuum.

Hochtemperaturchemie, umfaßt chemische Vorgänge bei Temperaturen von über 1000 °C, im Gegensatz zu den im Temperaturbereich von 40 bis 50 oder höchstens 80 °C vor sich gehenden physiologisch-chemischen und den bei Temperaturen bis zu einigen hundert Graden großtechnisch vorgenommenen normalen organischen und meistens anorganischen Reaktionen. Mit Temperaturen von über 1000 °C arbeitet man z. B. bei vielen metallurgischen Prozessen (Eisenverhüttung), bei der Verarbeitung von Silikaten (Porzellanherstellung), bei der Karbidherstellung u. a. Wesentlich höhere Temperaturen entstehen z. B. in Flammen von Gasbrennern (Knallgasgebläse, Arcatom-Schweißbrenner, Fluorwasserstoffflamme, Zyangebläse). Im elektrischen Hochstromlichtbogen werden sogar Temperaturen bis zu 50000 °C erreicht.

Von besonderer Bedeutung ist die H. für die Entwicklung von Werkstoffen, die auch bei so hohen Temperaturen beständig bleiben, wie sie z. B. in Strahltriebwerken auftreten.

Lit. Laporte: Messung, Erzeugung und Konstanthaltung hoher bis tiefer Temperaturen (Leipzig 1961).

Hochtemperaturwerkstoffe, im Maschinenbau, im Ofenbau und in der chemischen Industrie für Temperaturen von mehr als 700 °C verwendete Werkstoffe. Sie müssen vor allem hohe Warmfestigkeit und Zunderbeständigkeit aufweisen. Für die Schaufeln in Gasturbinen oder in Düsen von Strahltriebwerken werden heute als H. hauptsächlich Nickel- und Kobaltlegierungen mit Chrom und weiteren Zusätzen verwendet. Man prüft sie im Zeitstandversuch (→ Standversuch), wobei z. B. die Prüfstäbe mindestens 100 Stunden einer Belastung von 18 kp mm^{-2} bei 900 °C ausgesetzt werden. Dabei dürfen sie nicht brechen, und auch die durch „Kriechen" verursachte Dehnung darf einen Grenzwert nicht überschreiten. Sehr hohe Warmfestigkeiten weisen ferner Wolfram, Molybdän, Tantal und Niob sowie daraus hergestellte Legierungen auf, sie sind jedoch nicht zunderbeständig. Man sucht diesen Mangel durch Aufbringen von Schutzüberzügen zu beheben. Die Metalle der Platingruppe wären zwar geeignet, kommen jedoch wegen ihrer Seltenheit nur in Sonderfällen in Frage. Als H. sind auch → Cermets verwendet worden, z. B. aus Chrom und Aluminiumoxid Al_2O_3 oder aus einer Chrom-Nickel-Legierung und Titankarbid TiC. Diese H. sind aber empfindlich gegen dynamische Beanspruchungen und Temperaturwechsel, so daß ihre Verwendungsmöglichkeit dadurch beschränkt ist. Das gleiche gilt für Werkstoffe aus intermetallischen Verbindungen, z. B. aus NiAl oder $MoSi_2$. Unter bestimmten Bedingungen kommen als H. schließlich Werkstoffe auf Kohlenstoffbasis (Graphit, Kohlenstoffsteine) und Keramik (insbesondere oxidkeramische Werkstoffe) in Betracht. In neuester Zeit wurden dispersionsgehärtete, d. h. durch sehr fein verteilte unlösliche und warmfeste Einschlüsse (z. B. Aluminiumoxid Al_2O_3 oder Thoriumoxid ThO_2) in ihrer Festigkeit gesteigerte Legierungen auf Nickel- oder Kobaltbasis als H. vorgeschlagen.

Lit. Eisenkolb: Fortschritte der Pulvermetallurgie, Bd II (Berlin 1963).

Hochvakuum, → Vakuum.

Hochveredlung, svw. → Permanent-Appretur.

Hoechster Koker, → Kracken.

Hof, Aureole, eine atmosphärische, meist weißliche kreisförmige Lichterscheinung um Sonne, Mond und auch um helle Sterne, die durch Beugung des Lichts an festen oder flüssigen Wolkenteilchen entsteht.

höffig, im Bergbau Bezeichnung für ein Gebiet, in dem das Auffinden eines Bodenschatzes zu erhoffen ist.

Höhe, 1) Mathematik: der senkrechte Abstand eines Punktes von einer Grundlinie oder -fläche (→ Dreieck).

2) Astronomie: die Winkelkoordinate in einem → astronomischen Koordinatensystem.

Höhenatemgeräte, Geräte zum Schutz der Atmung vor Sauerstoffmangel in großer Höhe, der durch den mit der Höhe abnehmenden Sauerstoffpartialdruck hervorgerufen wird. H. sind in ihrer Arbeitsweise etwa mit den Behältergeräten (→ Atemschutzgeräte) vergleichbar, nur wird als Atemgas reiner Sauerstoff verwendet. In Höhen über 12000 m muß der Sauerstoff den Atem-

organen unter Druck zugeführt werden. In geringen Höhen (unter 6000 m) genügt ein Sauerstoffzusatz. H. werden in der Luftfahrt zum Schutz von Flugzeugbesatzungen und im Havariefall auch von Fluggästen in Höhen über 3000 m eingesetzt. Tragbare H. werden auch von Bergsteigern benutzt.

Höhenförderer, svw. → Stapelförderer.

Höhenforschung, ein in neuerer Zeit stark entwickeltes komplexes Forschungsgebiet von Geophysik, Meteorologie, Biologie, Astrophysik, Molekularphysik und Raumfahrttechnik. Die H. bedient sich neben bereits bekannten indirekten Methoden (→ Aerologie, → Ionosphäre) und den direkten Meßmethoden mittels → Ballonen in zunehmendem Maß der Raketen (→ Höhenforschungsraketen) und der künstlichen Erdsatelliten (→ Wettersatelliten und sonstige Meßsatelliten). Während mit Ballonen die Höhen bis 20 bzw. 40 km erforscht werden können, sind die Raketen als Meßgeräteträger von 50 bis etwa 1000 km geeignet. Von etwa 500 km aufwärts können Satelliten entsprechend eingesetzt werden. Ballone sind sowohl für Vertikal- als auch für Horizontalsondierungen verwendbar, Raketen fast ausschließlich nur für Vertikalsondierungen, Satelliten entsprechend für Horizontalsondierungen. Auf die Verhältnisse außerhalb der Satellitenbahnebenen kann allerdings für bestimmte Elemente (Temperatur, Wassergehalt u. ä.) indirekt geschlossen werden. Die Raketen ermöglichen es, Höhen zu durchmessen, die weder von Ballonen noch von Satelliten erfaßt werden, sind aber wegen ihrer kurzen Arbeitszeit relativ sehr kostspielig. Eine Verbilligung wird durch das Rockoon-Verfahren (→ Ballon) und/oder durch Mehrfachverwendung des Raketenkörpers einschließlich der Geräte erreicht, wenn diese mit Fallschirm wieder zum Erdboden kommen.

Höhenforschungsrakete, Höhenrakete, Raketensonde, eine ein- oder zweistufige → Rakete mit Geräten für physikalische Messungen und biologische Untersuchungen in der Hochatmosphäre der Erde. Es werden insbesondere gemessen: Luftdruck (Staudruck und statischer Druck), Lufttemperatur, Luftdichte, Erdmagnetfeld, Windgeschwindigkeit und -richtung, chemische Zusammensetzung der Luft, Elektronen- und Ionendichte, Sonnenspektrum (besonders das Gebiet des kurzwelligen Ultravioletts), kosmische Strahlung, Häufigkeit der Mikrometeoriten. Die meisten Meßinstrumente sind in der Spitze der H., dem *Meßkopf*, oder in außen an der H. befindlichen Behältern, den *Containern*, untergebracht. Auch für Versuche mit Tieren (z. B. Hunden, Affen) wurden zahlreiche H.n eingesetzt.

H.n werden meist in steiler Bahn in Höhen zwischen etwa 50 und 1000 km emporgeschickt. Die Endpunkte der Antriebsbahnen liegen im Höhenbereich von 25 bis 100 km und werden in 1 bis 3 Minuten erreicht. Während des 2 bis etwa 20 Minuten dauernden Freifluges werden die Messungen ausgeführt. Die Meßergebnisse können auf dem Funkwege sofort zur Bodenstation gelangen, oder sie werden in der H. registriert. Bei der Rückkehr der H. in die Stratosphäre wird der Meßgeräteteil von dem leergebrannten Raketenkörper getrennt und gelangt mittels Fallschirm zur Erdoberfläche. Die Container werden noch während des Aufstieges der H. in einer bestimmten Höhe abgetrennt und durchfliegen eigene ballistische Bahnen, wobei die Meßgeräte unbeeinflußt von der bei verschiedenen Untersuchungen nachteiligen Nähe der Rakete arbeiten können. Die Meßwerte werden automatisch zur Bodenstation gefunkt, die Rückführung der Container zur Erdoberfläche erfolgt ebenfalls mittels Fallschirmen. Der Raketenkörper wird in der Troposphäre meist thermisch und mechanisch beschädigt und beim Aufschlag auf dem Erdboden zerstört.

H.n wurden in größerer Zahl seit 1945 in der UdSSR, den USA, Frankreich, Großbritannien, Japan und anderen Staaten gestartet.

Höhenlinien, → Reliefdarstellung.

Höhenmesser, ein Bordmeßgerät in Luftfahrzeugen, das die Flughöhe über Normalnull oder über Grund anzeigt.

1) **Barometrische (mechanische) H.** bestimmen den Luftdruck, der eine Funktion der Höhe ist. Auf eine im Gehäuse angeordnete Druckdose wirkt der sich mit der Höhe ändernde Druck und verformt sie. Der Dosenhub wird über eine Hebel- und Zahnradübersetzung auf zwei Zeiger übertragen, von denen der eine die Zehner und Hunderter, der zweite die Tausender der Höhe in Meter anzeigt. Der H. zeigt die absolute Höhe (Höhe über dem Meeresspiegel) an, wenn er auf Normaldruck eingestellt ist. Bei bekanntem Bodendruck kann dieser am Gerät eingestellt werden, so daß die relative Höhe (Höhe über Grund) angezeigt wird.

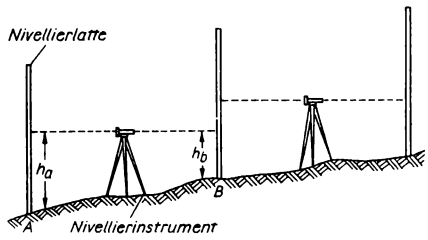
2) Bei **elektrischen H.n** wird entweder die höhenabhängige Veränderung eines elektrischen Feldes (kapazitiver H.) oder die der Höhe proportionale Laufzeit der elektromagnetischen Welle (Impuls-H. und CW-FM-H.) gemessen. Der **kapazitive H.** besitzt zwei Sonden, die am Luftfahrzeug angebracht sind und an die eine Spannung mit einer Frequenz von etwa 10 kHz (Kilohertz) gelegt wird. Das zwischen den Sonden bestehende elektrische Feld erfährt durch den unterhalb des Luftfahrzeuges befindlichen Erdboden eine Veränderung, die um so stärker ist, je geringer die Höhe ist. Die Feldänderung kann durch die zwischen den Sonden bestehende Kapazität bzw. durch die Veränderung der Kapazität gemessen werden. Eine Kapazitätsveränderung läßt sich jedoch erst nachweisen, wenn die Höhe geringer als etwa 100 m ist. Der kapazitive H. ist daher nur für die letzte Phase des Landeanflugs verwendbar. Da der Betriebszustand des Luftfahrzeuges Einfluß auf das Meßergebnis hat, z. B. die Stellung der Ruder und Klappen, wird der kapazitive H. kaum noch verwendet. Statt dessen setzt man für niedrige Höhen, d. h. unterhalb etwa 1500 m, den **CW-FM-Höhenmesser** (→ Radar) ein. Der **Impulshöhenmesser** (→ Radar) ist für große Höhen gut geeignet; er wird aber in der zivilen Luftfahrt weniger angewandt, da der barometrische H. bei gleicher Genauigkeit wesentlich billiger und kleiner ist.

3) Für den Luftverkehr mit Überschallgeschwindigkeit befinden sich H. in Entwicklung, die den Doppler-Effekt (→ Radar) ausnutzen; auch werden Untersuchungen unter Verwendung der Technik der → Trägheitsnavigation angestellt.

Höhenmessung, die Ermittlung des Höhenunterschiedes zwischen zwei Punkten der Erdoberfläche. Sie erfolgt je nach erforderlicher Genauigkeit durch Nivellieren (Millimeter- und Zentimetergenauigkeit), durch trigonometrische H. (Dezimetergenauigkeit) oder durch barometrische H. (Metergenauigkeit).

1) Das **Nivellieren (Nivellement)** beruht auf der Herstellung streng horizontaler Zielungen mit Hilfe eines → Nivellierinstruments und der zugehörigen Ablesungen an einer Nivellierlatte mit Zentimeterteilung (Abb. 1). Die Nivellierlatte ist nacheinander in den beiden Punkten, deren Höhenunterschied gesucht wird, aufzuhalten. Für Nivellements größter Genauigkeit benutzt man Invarlatten mit Halbzentimeterteilung. Trifft der horizontale Zielstrahl die in A stehende Latte in der Höhe h_a über dem Gelände und die in B aufgestellte Latte in der Höhe h_b, so ist der Höhenunterschied zwischen A und B gleich $h_a - h_b$. Ist der Höhenunterschied

größer als die Nivellierlattenlänge oder ist die Entfernung zwischen den Punkten A und B größer als 100 m, so muß das Nivellieren stufenweise in mehreren Schritten erfolgen. Ein einfaches Instrument zum Nivellieren ist die → Kanalwaage.



1 Höhenmessung durch Nivellieren

2) Die **trigonometrische H.** (Abb. 2) wird dann angewandt, wenn der zu bestimmende Punkt schwer oder nicht zugänglich oder eine zentimetergenaue H. nicht erforderlich ist. Man bestimmt die waagerechte Entfernung $a = \overline{BF}$ zwischen dem Beobachtungspunkt B und dem zu vermessenden Punkt P und ermittelt mit Hilfe von Theodolit oder Kippregel den Vertikalwinkel α, den der Zielstrahl BP mit der Waagerechten durch B einschließt. Aus dem rechtwinkligen Dreieck BPF erhält man den Höhenunterschied h zwischen B und P aus $h = a \cdot \tan\alpha$.

3) Die **barometrische H.** beruht auf der gesetzmäßigen Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe. In der Höhe des Meeresspiegels fällt das Barometer auf 11 m Anstieg um 1 mm Hg oder um 1 mb (Millibar) bei 8 m (barometrische Höhenstufe). Da das spezifische Gewicht der Luft dem Barometerstand proportional ist, nimmt dieser mit wachsender Höhe in geometrischer Progression ab. Da sich der Zustand der Atmosphäre ständig ändert, die Ablesegenauigkeit an der Barometerskale beschränkt ist und der Anzeigemechanismus stark auf äußere Einflüsse (Temperatur, Stoß usw.) reagiert, läßt diese Methode nur eine grobe Höhenbestimmung zu, etwa auf 2 bis 10 m genau. Statt eines Barometers kann auch ein Siedethermometer (→ Hypsometer) benutzt werden.

Bei der H. geht man meist von Punkten aus, deren Höhe über einem Nullpunkt bereits bekannt ist. Als solche **Höhenmarken** dienen in das Mauerwerk fester Gebäude oder in Steinpfeiler eingelassene eiserne Bolzen (Höhenbolzen). Die Höhen der staatlichen Höhennetze werden heute in den europäischen sozialistischen Staaten als Normalhöhen berechnet (→ Normalnull).

Über die H. von Flugzeugen aus → Höhenmesser.

Lit. → Geodäsie.

Höhenrakete, svw. → Meßrakete.

Höhenregler, → Klangregler.

Höhensatz, besagt, daß im rechtwinkligen Dreieck das Quadrat über der Höhe flächengleich dem Rechteck aus den beiden Hypotenusenabschnitten ist: $h^2 = p \cdot q$.

Höhensonne, 1) Meteorologie: die Sonnenstrahlung in größerer Höhe, besonders im Hochgebirge. Die Sonnenstrahlung ist im Hochgebirge wesentlich intensiver als im Tiefland; es wird weniger Strahlung absorbiert, da die durchstrahlte Luftmasse kleiner ist und Wasserdampfgehalt sowie Trübung geringer sind. Außerdem ist der Anteil von Ultraviolettstrahlung (UV-Strahlung) an der gesamten Sonnenstrahlung in höheren Lagen etwas größer als in tieferen, und der im Hochgebirge meist vorhandene frisch gefallene Schnee reflektiert die UV-Strahlung zu 85 %, während die Reflexion z. B. bei trockenem Sand nur etwa 15 %, bei Wasser 10 % und bei Rasen $2^1/_2$ % beträgt.

Die bei geeigneter Dosierung günstige Wirkung der UV-Strahlung auf Stoffwechsel, Atmung, Blutkreislauf (Drucksenkung), Blutbeschaffenheit, Drüsenfunktion und Allgemeinzustand des Menschen sowie die zellzerstörende Wirkung auf Viren, Bakterien, Bakteriophagen werden therapeutisch vielseitig genutzt. Jedoch gibt es auch Krankheiten, bei denen sich die UV-Strahlung schädlich auswirkt. Eine Überdosierung der Höhensonnenstrahlung kann zu Schädigungen des Organismus (z. B. der Haut) führen. Zum Schutz unbekleideter Körperstellen und besonders der Augen dienen Mittel, die die UV-Strahlen absorbieren, z. B. Hautsalben, geeignete Sonnenbrillen mit Seitenabschluß.

2) svw. Bestrahlungsquarzlampe, → Quarzlampe.

Höhenstrahlung, → kosmische Strahlung.

Hohlblocksteine, Wandbauelemente mit Hohlkammern im Inneren, die nach einer Seite des Steins offen sind. H. werden meist aus Leichtbeton hergestellt. Man unterscheidet bei ihnen **Zweikammer-, Dreikammer-** und ausnahmsweise auch **Fünfkammersteine** (d. h. im Mauerwerk 5 Hohlräume in Richtung des Mauerwerkes). Die Rohdichte beträgt 1200 bis 1600 kg/m³, so daß 300 mm dicke Wände damit hergestellt werden können; die Steinhöhe ist 240 mm (TGL 117-0726), die Druckfestigkeit 25 oder 50 kp/cm². Es gibt auch H., die unter Verwendung von Schlacke hergestellt sind.

Hohldielen, 1) **Stahlbetonhohldielen,** Bauelemente als Füllkörper für Stahlträgerdecken und zur Eindeckung von Flachdächern. Stahlbetonhohldielen bestehen aus bewehrtem Schwer- oder Leichtbeton mit Hohlräumen im Inneren. Die Länge beträgt 1000 bis 2500 mm, die Dicke 60, 80, 100 und 120 mm, die Breite 300 und 500 mm. 2) **Bimsbetonhohldielen,** hauptsächlich zur Dacheindeckung verwendete Bauelemente. Die Trockenrohdichte beträgt 750 kg/m³. Bimsbetonhohldielen sind nagelbar, feuerbeständig und wärmedämmend.

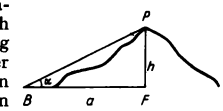
Höhle, eine → Karsterscheinung.

Hohlladung, eine Sprengladung mit hoher Durchschlagswirkung. Die fabrikmäßig hergestellte H. besteht aus einem Metallgehäuse mit kegelförmiger oder prismatischer Aussparung und ist mit Trinitrotoluol (TNT) oder einem anderen hochexplosiven Sprengstoff (Sprengstoffmasse etwa 9 kg) gefüllt. **Gestreckte H.en** haben die Form eines Halbzylinders, **geballte H.en** die Form einer Halbkugel oder eines Konus. H.en erzeugen infolge ihrer Form (Hohlraum) einen gerichteten Detonationsenergiestrahl und durchschlagen z. B. starke Panzerplatten (bis 300 mm) und Stahlbetonplatten (bis 1300 mm). Über Hohlraumgranaten → Geschoß.

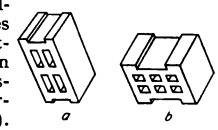
Hohlleiter, Hohlrohrkabel, ein Kabel ohne Innenleiter zur (fast) verlustfreien Fortleitung elektromagnetischer Wellen des Ultrakurzwellen-, Dezimeter- und Zentimeter-Bereichs. Der H. wird vor allem zwischen Sender und Richtstrahlantenne verwendet. Er ist nur geeignet für Wellen unterhalb einer kritischen Grenzwellenlänge (kleiner als der Rohrdurchmesser). Nach der Art der im Kabel angeregten Wellen unterscheidet man H-Wellen (magnetische Wellen) und E-Wellen (elektrische Wellen). Bei den H-Wellen existiert eine magnetische Komponente, bei den E-Wellen eine elektrische Komponente des Feldes in der Fortpflanzungsrichtung.

Hohlraumbildung, svw. → Kavitation.

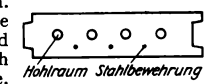
Hohlraumresonator, ein allseitig geschlossenes Stück eines Hohlleiters. Verwendet werden H.en mit rechteckigem oder kreisförmigem Querschnitt. Die geometrischen Dimensionen ent-



2 Trigonometrische Höhenmessung



Hohlblocksteine: *a* Zweikammerstein, *b* Dreikammerstein



Stahlbetonhohldiele im Schnitt

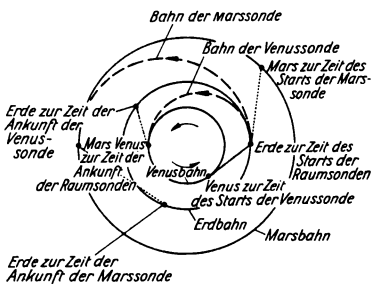
sprechen etwa einer halben Resonanzwellenlänge oder einem Vielfachen davon. H.en haben sehr geringe Verluste, ihre Güte ist also sehr hoch. Sie werden als Schwingkreise bei sehr hohen Frequenzen (etwa ab 3 GHz aufwärts) eingesetzt.

Hohlraumstrahlung, → schwarzer Körper.

Hohlseil, in der Elektrotechnik eine hohle, aus zahlreichen nebeneinanderliegenden Flachdrähten bestehende blanke Leitung. Das H. wird für elektrische Hochspannungsfreileitungen (über 100000 Volt) verwendet. Da der Stromtransport zwar vom Leitungsquerschnitt abhängig ist, bei zunehmender Spannung aber die Koronaverluste (→ Büschelentladung), die von der Krümmung der Oberfläche des Leiters abhängig sind, rasch zunehmen, gibt man Hochspannungs-Freileitungsseilen einen größeren Durchmesser als einer entsprechenden massiven Leitung. Zur Masse- und Rohstoffersparnis unter Beibehaltung des zur verlustarmen Fortleitung der Energie erforderlichen Leiterquerschnittes fertigt man sie aber hohl an.

Hohlziegel, mit Hohlräumen versehene → Ziegel.

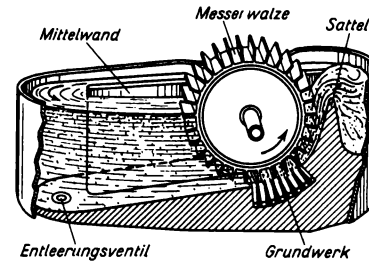
Hohmann-Bahn, eine elliptische Bahn, die die Bahnen zweier Planeten schneidet oder zumindest berührt. Auf ihr muß ein Raumschiff fliegen, wenn es von dem einen zum anderen Planeten



Beispiele für Hohmann-Bahnen mit minimalem Energiebedarf zwischen Erde und Mars bzw. Erde und Venus. Dabei wurde willkürlich angenommen, daß beide Raumsonden zum gleichen Zeitpunkt starten

gelangen will. Im Falle kreisförmiger Planetenbahnen wurden die Parameter der Verbindungsellipsen erstmals von W. Hohmann untersucht. Den kleinsten Energieaufwand erfordert diejenige Flugbahn, die beide Kreise berührt **(H.-B. im engeren Sinne)**; die Flugdauer ist dann jedoch relativ lang und beträgt von der Erde zur Venus 146 Tage, von der Erde zum Mars 258 Tage. Wesentlich komplizierter sind die Verhältnisse, wenn man die Exzentrizität der Planetenbahnen und ihre Neigung gegeneinander berücksichtigt. Für die bisher gestarteten Planetensonden wurden Verbindungsellipsen gewählt, die die Bahnen der Zielplaneten schneiden; die Flugdauer der bisherigen Venussonden betrug 97 bis 128 Tage, die der bisherigen Marssonden 228 bis 249 Tage (Stand Ende 1967).

Holländer, eine Maschine zum Quetschen, zum Schneiden und zum Mischen von Faserstoffaufschwemmungen. Der H. wird vor allem in der Papierindustrie verwendet. Eine ringsum mit stumpfen Messern von etwa 3 bis 10 mm Dicke mit Zwischenräumen („Schöpfzellen") besetzte, angetriebene Messerwalze arbeitet gegen ein im Boden einer Wanne angebrachtes Grundwerk. Die in der mit einer Mittelwand versehenen Wanne umlaufende Stoffaufschwemmung wird beim Passieren des engen Spaltes zwischen Grundwerk und Messerwalze gequetscht und geschnitten. Der H. wird chargenweise beschickt und entleert. Er wird heute allmählich durch die Stoffmühlen verdrängt.



Kleiner Holländer (Haube abgenommen)

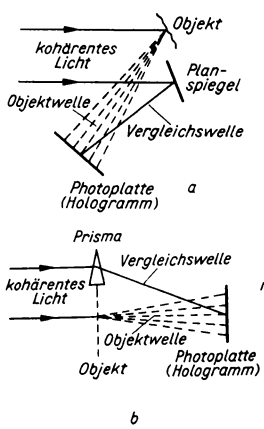
holländischer Verband, → Mauerwerk.

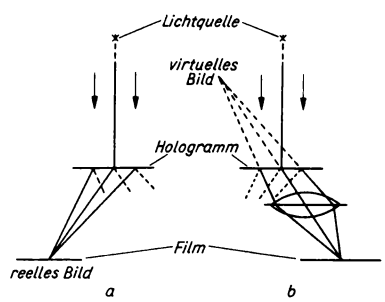
Höllenstein, Silbernitrat, → Silber.

Hollerith-Verfahren, ein Lochkartenverfahren, → Lochkarte.

Holmium, Symbol **Ho,** chemisches Element aus der Gruppe der Lanthanide, Seltenerdmetall, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 67, Atomgewicht 164,930 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit III, D. 8,803 g cm^{-3}, F. 1461 °C, Kp. etwa 2600 °C; 1879 entdeckte Cleve das Oxid des H.s, erst 1940 gelang Feit die Reindarstellung durch fraktionierte Kristallisation. H. ist silbergrau, seine Salze sind bräunlichgelb gefärbt. Es kommt in Form von Verbindungen gemeinsam mit den anderen Seltenerdmetallen vor, meist als Phosphat oder Silikat. Verwendet wird H. nur in Form von → Zer-Mischmetall.

Holographie [von griechisch holos ‚ganz', graphein ‚schreiben', etwa ‚vollständige Aufzeichnung'], ein neuartiges optisches Bildspeicherungs- und Abbildungsverfahren. Bei Beleuchtung eines Objekts mit kohärentem Licht wird das Lichtwellenfeld in einer für das Objekt charakteristischen Weise beeinflußt und enthält in seiner Amplituden- und Phasenverteilung die gesamte Information über das Objekt (Objektwelle). Durch Überlagerung einer kohärenten Vergleichswelle (Abb. 1) wird die charakteristische Amplituden- und Phasenverteilung in eine charakteristische Interferenzerscheinung umgesetzt, die auf einer Photoplatte gespeichert werden kann **(Hologramm).** Die wesentlichen Details dieser Interferenzerscheinung sind mikroskopisch klein. Daher eignen sich nur höchstauflösende Photomaterialien, z. B. ORWO LP 1, zur Hologrammaufnahme. Bei der Rekonstruktion (Abb. 2) wird das Hologramm mit kohärentem Licht durchstrahlt, wobei infolge Beugung des Lichts an der mikroskopischen Interferenzerscheinung in den beiden ersten Beugungsordnungen Bilder





1 Schema des Strahlenganges bei der Hologrammaufnahme: *a* im Auflicht, *b* im Durchlicht

2 Rekonstruktion des reellen (*a*) und des virtuellen (*b*) Bildes

des Objekts erscheinen, da die Objektwelle bzw. eine zu ihr konjugierte Welle wieder auftreten. Das virtuelle Bild erscheint im allgemeinen zwischen Rekonstruktionslichtquelle und Hologramm. Es ist echt räumlich (parallaktische Effekte) und kann mit einer Kamera durch das Hologramm aufgenommen werden. Das reelle Bild erscheint auf der der Lichtquelle abgewandten Seite; es ist ebenfalls echt räumlich und kann ohne jede Optik aufgefangen bzw. photographiert werden.

H. ist auch mit nicht sichtbaren Wellen (Mikrowellen, Röntgenstrahlung, Ultraschall) möglich.

Durch geeignete Wahl der Parameter lassen sich die Bilder gegenüber dem Objekt stark vergrößern (Mikroskopie). Auch können verschiedene Objekte bzw. ein und dasselbe Objekt in verschiedenen Zuständen auf demselben Hologramm „übereinander" aufgenommen werden (Vielfachspeicherung, Interferometrie). Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind z. B. räumliche Rekonstruktion von Mikroverteilungen, Rekonstruktion farbiger Objekte, Datenzuordnung, Zeichenerkennung, optische Fouriertransformation.

Die H. wurde um 1950 von Gabor entwickelt und nach der Erfindung des Lasers insbesondere durch grundlegende Arbeiten von Leith, Upatnieks und Stroke vervollkommnet.

Holokopie, → Kontraststeuerung.

Holozän, → Quartär.

Holz, ein hartes, festes, größtenteils nicht mehr lebenerfülltes Zellgewebe vieler Pflanzen. H. baut sich vor allem aus Zellulose (bis etwa 50 %), Lignin (bis etwa 22 % bei Laubhölzern, bis etwa 30 % bei Nadelhölzern) und Hemizellulosen (Rest) auf. Ferner sind im H. Harze, Fette, Öle, Gerb-, Farb- und Eiweißstoffe und andere organische Verbindungen sowie mineralische Stoffe enthalten.

Ein Querschnitt durch den Stamm zeigt folgende Schichten (Abb. 1): Außenrinde (Borke); Innenrinde (Bast); Kambium, eine dünne, dem Holzkörper aufliegende Haut lebender Zellen, von der aus das Dickenwachstum nach innen und außen erfolgt; Holzmasse, die den größten Teil des Stammes ausfüllt; Mark. Bei Holzpflanzen aus Erdgebieten mit ausgeprägten Jahreszeiten läßt der Holzkörper eine Schichtung, die *Jahresringe*, erkennen, gebildet aus einer hellen Zone dünnwandigen Frühholzes und einer dunklen Zone dickwandigen Spät- oder Herbstholzes. Viele Holzarten verändern mit zunehmendem Alter oder auch durch pathologische Vorgänge den inneren Teil des Stammes durch Verstopfung der wasserleitenden Zellelemente und durch Stoffeinlagerungen in die Zellwände. Die dadurch bewirkten Farb- und Eigenschaftsänderungen kennzeichnen das **Kernholz,** das sich vom nicht veränderten **Splint** unter der Rinde (Abb. 2) meist deutlich unterscheidet. Außer den Jahresringen zeigt ein Holzquerschnitt die *Markstrahlen.*

Dichte und Festigkeitseigenschaften einheimischer Nutzhölzer

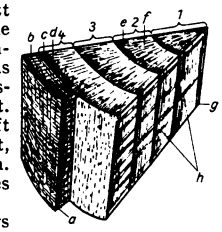
Holzart	u = 0%	u = 15%				
	Rohdichte g cm^{-3}	Rohdichte g cm^{-3}	Druckfestigkeit kp cm^{-2}	Zugfestigkeit kp cm^{-2}	Biegefestigkeit kp cm^{-2}	Bruchschlagarbeit kpm cm^{-2}
Tanne	0,41	0,45	400	840	620	0,60
Fichte	0,43	0,47	430	900	660	0,50
Kiefer	0,49	0,52	470	1040	870	0,70
Lärche	0,55	0,59	530	1070	840	0,70
Rotbuche	0,69	0,73	530	1350	1050	0,80
Stieleiche	0,65	0,69	520	900	880	0,75
Traubeneiche	0,65	0,69	550	900	940	0,75

Eigenschaften. H. ist ein schlechter Wärmeleiter. Auf Grund seines Zellulosegehaltes brennt es leicht. Die Dichte des H.es ist verschieden, je nachdem, ob es sich um Kern- oder Splintholz, frisches, an der Luft oder künstlich getrocknetes handelt. Sie nimmt zu durch Einlagerung von Farb-, Gerb-, Mineralstoffen und Harzen. Die Reindichte der Zellwandsubstanz ist für alle Hölzer fast gleich ($\approx$ 1,54 g cm^{-3}). Die Rohdichte des H.es hängt vom Anteil des Porenvolumens ab. Sehr schwer, weil dicht im Gefüge ist z. B. das Pockholz (0,97 bis 1,30 g cm^{-3}, Porenvolumen 10 %), verhältnismäßig leicht z. B. Fichtenholz, am leichtesten Balsaholz (0,07 bis 0,44 g cm^{-3}, Porenvolumen 90 bis 94 %). In engem Zusammenhang mit der Dichte steht die Härte. Am härtesten: Pockholz, Ebenholz; sehr hart: Teakholz, Eiche; hart: Robinie, Esche, Rotbuche; weich: Kiefer, Fichte, Tanne; sehr weich: Weide, Pappel. Die Festigkeit ist parallel zur Faserrichtung wesentlich größer als quer zur Faser. H. hat einen bedeutenden Wassergehalt, mit dem sich Masse, Bearbeitbarkeit, Dauer und Verwendbarkeit ändern. Der Wassergehalt wird angegeben in %, bezogen auf die Darrmasse (Darrbezugsfeuchte = u %) oder auf die Grünmasse (Grünbezugsfeuchte = x %). Gebräuchliche Begriffe sind: u = 0 % = darrtrocken, u = 7 bis 8 % = zimmertrocken, u = 15 % = lufttrocken, u = 20 bis 25 % = waldtrocken. Für die Verarbeitung muß der Wassergehalt herabgesetzt werden. Moderne Trocknungsverfahren sind die Trocknung mit Ultrarotstrahlen oder Hochfrequenzwärme. Durch Trocknen zieht sich das H. zusammen. Mit zunehmendem Trockenheitsgrad wächst die Druck-, Zug- und Biegefestigkeit. Anderseits nimmt trockenes H. an feuchter Luft oder im Wasser wieder Wasser auf und quillt, wodurch starke innere Spannungen entstehen. Über Maßnahmen gegen Schädigungen des H.es → Holzschutz.

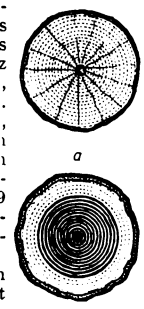
Edelhölzer zeichnen sich durch ihre besonders dekorative Struktur und Färbung aus. In Europa wächst unter anderem Buchsbaum-, Eiben-, Maserbirken-, Nußbaum- und Olivenholz, in den Tropen Mahagoni, Ebenholz, Palisander, Makoré, Azobé, Pockholz, Teakholz, Bruyèreholz u. a. Die Edelhölzer werden im Möbelbau, im Innenausbau, für Drechsler- und Schnitzarbeiten u. a. verwendet.

Gewinnung und Einteilung. Das Fällen erfolgt z. T. noch mit Axt und Säge, heute immer mehr mit der Motorsäge. Man legt auf der Fallseite mit Axt und Säge den Fallkerb an und führt dann auf der Gegenseite mit der Säge den Fällschnitt. Bei der Aufbereitung im Walde wird das Holz sortiert. Nach der Verwendung teilt man es ein in Nutzholz (Langnutzholz, Schichtnutzholz und Nutzrinde), Brennholz (Scheite, Knüppel, Reiserholz, Stockholz und Brennrinde) und H. für besondere Verwendungszwecke (Grubenholz, Schwellenholz und Faserholz). Entsprechend den Abmessungen und sonstigen Eigenschaften (Krümmung, Fäulnis, Astigkeit, Risse, Jahrringbau u. a.) sortiert man Rohholz nach TGL 15799 in Furnierholz, Klangholz, Langholz (Stammholz, Masten, Langrohholz, Stangen), Schichtholz und Schmuckbäume.

Veredlung. Durch verschiedene Maßnahmen werden die Eigenschaften des H.es zielgerichtet verändert und verbessert, so daß sich umfangreichere Anwendungsmöglichkeiten ergeben und das Holzaufkommen ökonomischer verwertet werden kann. Zur Herstellung von **Formvollholz (Biegeholz)** wird durch eine spezielle Vorbehandlung, z. B. Dämpfen im Vakuum, plastisch formbar gemachtes H., und zwar im allgemeinen Laub-



1 Keilförmiges Stück aus dem Stamm einer vierjährigen Kiefer (Querschnitt). *1* bis *4* Jahresringe, *a* Borke, *b* Bast, *c* Kambium, *d* Harzgang, *e* Spätholz, *f* Frühholz, *g* Mark, *h* Markstrahl



2 Holzarten unterschiedlichen makroskopischen Baues (Querschnitte): *a* ohne Kernholz (Ahorn), *b* mit Kern und Splint (Eiche)

holz, durch langsames Trocknen bei 70 bis 80 °C in der gewünschten Form fixiert. Formvollholz wird im Karosseriebau, in der Sitzmöbelindustrie und im Flugzeugbau verwendet. **Metallholz** ist mit einem leicht schmelzenden Metall, z. B. Blei oder Zinn, oder dessen Legierungen getränktes H. (meist Ahornholz). Es hat im Vergleich zu ungetränktem Vollholz z. B. verbesserte hygroskopische Eigenschaften, einen kleineren Reibungskoeffizienten, eine höhere Dichte und eine größere Härte. Unter der Bezeichnung **Lagenholz** faßt man Produkte zusammen, die aus miteinander verklebten, symmetrisch geschichteten, gleichartigen Holzlagen bestehen. Das Lagenholz kann auch verdichtet, d. h. bei höherem Druck gepreßt werden **(Preßlagenholz, Plast-Preßlagenholz)**, wobei der Preßdruck zwischen 50 und 200 kp cm^{-2} liegt, bzw. bei der Herstellung mit Imprägnierharz getränkt werden **(Plastlagenholz, Plast-Preßlagenholz)**. Zum Lagenholz rechnen folgende Werkstoffe: Am wichtigsten sind die **Furnierplatten (Sperrholz)**. Sie bestehen aus einer meist ungeraden Anzahl von Furnierlagen, deren Faserrichtung von Lage zu Lage um 90° wechselt, wodurch das Quellen und Schwinden in Plattenebene weitgehend unterbunden wird. Furnierplatten werden in großem Umfang unter anderem im Bauwesen, im Fahrzeug-, Boots-, Schiff- und Flugzeugbau sowie bei der Herstellung von Möbeln, z. B. als Füllungen, Böden und Rückwände, verwendet. 0,5 bis 2 mm starke, besonders verklebte Furnierplatten lassen sich spanlos verformen. Man verwendet sie im Boots- und Fahrzeugbau sowie zur Anfertigung von Musikinstrumenten. Beim **Schichtholz** sind die miteinander verklebten Furniere faserparallel geschichtet. Es wird vorzugsweise als Formteil erzeugt. Verdichtetes Schichtholz **(Preßschichtholz, Plast-Preßschichtholz)** wird z. B. im Textilmaschinenbau verwendet. Beim **Sternholz** verschiebt sich die Faserrichtung der Einzelfurniere von Lage zu Lage um einen Winkel von 15 bis 45°. Dadurch werden die Eigenschaften weitgehend richtungsunabhängig. Technisch wichtig ist nur verdichtetes Sternholz **(Preßsternholz, Plast-Preßsternholz)**, das z. B. zu Zahnrädern, Keilriemenscheiben und Kupplungsteilen verarbeitet wird. **Panzerholz** ist ein mit 0,4 bis 0,6 mm dicken Blechen z. B. Aluminium-, Zink-, Kupfer-, Blei-, Messing- und Stahlblechen, bewehrtes Lagenholz. Die Bewehrung kann ein- oder beidseitig angeordnet sein oder sich in der Mitte befinden. Panzerholz wird entsprechend der Bewehrung verwendet, unter anderem im Karosseriebau (z. B. Stahlblechbewehrung) und für Röntgenräume (Bleibewehrung). Gedämpftes Laubholz läßt sich spanlos verformen. Es wird im Boots- und Fahrzeugbau sowie zur Anfertigung von Musikinstrumenten verwendet. Besonders hart und fest ist unter hohem Druck zusammengepreßtes H. **(Preßvollholz)**, da es kaum noch Hohlräume enthält. Es dient zur Herstellung von chemischen Apparaten, Webstühlen und Lagerschalen.

Verwendung. Man verwendet H. in der Möbeltischlerei, im Bauwesen (→ Bauholz), für Eisenbahnschwellen und Telegraphenstangen, im Bergbau als Grubenholz, im Schiffbau als Deckbelag (nur noch selten für Rumpf und Masten) und im Bootsbau. Ein erheblicher Teil wird in holzreichen Ländern als Brennholz verbrannt. Der Heizwert ist jedoch ziemlich niedrig; er beträgt 2800 bis 3800 kcal kg^{-1}. Durch Schleifen von Rundholzstücken entsteht Holzschliff, durch Kochen von zerkleinertem H. Zellstoff. Aus zerspantem H. werden Holzspanplatten hergestellt. Aus Holzabfällen gewinnt man durch Vergasen das Holzgas, durch trockene Destillation den Holzessig, durch Verkohlung die Holzkohle; ferner werden sie zur Herstellung von Holzfaserplatten verwendet. **Sägespäne** sind Rohstoff für die Holzverzuckerung und dienen als Reinigungsmittel und Verpackungsmaterial. **Holzmehl** wird zur Herstellung von Linoleum und Kunstharzpreßstoff sowie zur Holzoberflächenveredlung verwendet. Harzreiche Hölzer, z. B. Kiefer, liefern Terpentin, Kolophonium u. a.

Lit. Durst: Handb. der Nutzhölzer (Leipzig 1959); Erteld, Mette, Achterberg: Holzfehler in Wort und Bild (Leipzig 1963); Göhre: Werkstoff H. (2. Aufl. Leipzig 1961); Göttlich: Holz-ABC (Leipzig 1957); Hammer: Oberflächenbehandlung des H.es für den Praktiker (Leipzig 1962); Kürschner: Chemie des H.es (Berlin 1962); Nikitin: Die Chemie des H.es (dtsch Berlin 1955); Sandermann: Grundlagen der Chemie und chemischen Technologie des H.es (Leipzig 1966); Seifert: Angewandte Chemie und Physikochemie der Holztechnik (Leipzig 1960); Sergejewa: Chemie des H.es und der Zellulose (dtsch Dresden u. Leipzig 1959); Wagenführ: Anatomie des H.es (Leipzig 1966); Lexikon der Holztechnik (Leipzig 1967; Ztschr.: Holztechnologie ,(Leipzig), Holzindustrie (Leipzig).

Holzbauweise, das Errichten von Bauwerken vorwiegend oder ausschließlich aus Holz.

Das Holzhaus kann nach folgenden Bauweisen errichtet werden: 1) In der **Tafel-** oder **Plattenbauweise** werden Fußböden, Wände, Decken und Dächer aus fabrikmäßig hergestellten, genormten und weitgehend komplettierten Fertigteilen zusammengesetzt. Diese Bauweise wird z. B. für Baracken, Wochenendhäuser, vor allem in holzreichen Ländern auch für Wohnhäuser angewendet. 2) Bei der **Blockbauweise** werden Blockbohlen waagerecht aufeinandergeschichtet oder senkrecht aneinandergereiht und durch Nut und Feder miteinander verbunden, oder man verwendet halbierte oder ganze, behauene oder unbehauene Stämme und dichtet die Fugen mit Lehm oder Moos. 3) Eine H. ist auch der Fachwerkbau.

Im **Ingenieurholzbau** werden Bauwerke auf der Grundlage statischer Berechnungen und bautechnischer Erkenntnisse aus vor dem Einbau zusammengesetzten (genagelten, gedübelten und geleimten) Holzbauelementen bei wirtschaftlich bemessenen Holzquerschnitten errichtet, z. B. Brücken, Lagerhallen, komplizierte Lehrgerüste, Funkmasten sowie bis 60 m weit gespannte Binderkonstruktionen. Der Ingenieurholzbau ist wirtschaftlicher als die handwerkliche **Zimmermannsbauweise**; es werden Material und Arbeitskräfte gespart.

Vorteile der H. sind schneller und leichter Aufbau (Baracken), gute Wärmedämmfähigkeit der Wände bei geringer Wanddicke. Nachteile sind die Brennbarkeit und die Gefahr des Befalls durch Fäulniserreger (Hausschwamm) und Insekten. Deshalb besteht die gesetzliche Forderung, daß nur chemisch geschütztes Holz eingebaut werden darf.

Die Knappheit an Holz und seine zunehmende Verwendung als Rohstoff für Zellulose bewirkten, daß die H. zurückging zugunsten des Massivbaues. Auch als Einzelbauteil, z. B. in Decken, Fußböden, Fenstern, Türen, hat das Holz an Bedeutung verloren gegenüber den Baustoffen Beton, Stahlbeton, Stahl, Plaste, Preßstoffe u. a.

Lit. Berg: Tafeln für den Ingenieurholzbau (3. Aufl. Berlin 1959); Frick und Knöll: Baukonstruktionslehre, Tl 2 (19. Aufl. Leipzig 1953); Mönck: Taschenb. Holzbau (Berlin 1964); Theuerkorn: Baukonstruktionslehre — Der Holzbau (3 Bde Leipzig 1953—54).

Holzdestillation, svw. → Holzverkohlung.

Holzessig, der bei der trockenen Destillation des Holzes gewonnene Essig. Außer Essigsäure enthält H. Methanol, Azeton, Furfural und Phenole, wirkt keimtötend und dient zur Darstellung reiner Essigsäure und Azetate. Er ist roh nicht genießbar.

Holzfärbung, die Farbgebung des Holzes, bei der die Holzstruktur sichtbar bleibt. Folgende Verfahren sind üblich: 1) Beim Beizen wird die Färbung durch chemische Umsetzung zwischen Beize und Holzbestandteilen, insbesondere den

Gerbstoffen, bzw. darin eingelagerten beizaktiven Stoffen hervorgerufen, wobei ein positives Bild der Holztextur (Holzzeichnung) entsteht.

2) Beim Färben erfolgt eine physikalische Adsorption von Farbstoffen oder Pigmenten an die Holzfaser, wobei ein negatives Bild der Holztextur entsteht. Die Farbmittel werden meist als Lösung oder Suspension auf die Holzoberfläche aufgetragen. Es ist auch möglich, den noch lebenden Baum mit Farbstoffen zu impfen, wobei der Farbstoff durch die natürliche Stoffbewegung im Baum verteilt wird.

Holzfaserplatten, aus zerkleinerten Schwarten, Säumlingen und Schnittholzabfällen im Naßverfahren hergestellte Bauplatten. Der Rohstoff wird ähnlich wie Holzstoff zubereitet. Man zerfasert die Holzabfälle in einem Defibrator und mischt sie im Holländer mit Kunstharzemulsionen, Wasserglas u. a. Chemikalien. Die entstehende Fasermasse wird auf Siebplatten gegeben und hier zu einem Vlies geformt, das dann in einer hydraulischen Presse bei Temperaturen bis zu 170 °C und Drücken bis zu 45 at gepreßt und getrocknet wird. Man unterscheidet Holzfaserdämm- und -hartplatten. **Holzfaserdämmplatten** (6 bis 30 mm dick) werden mit geringem Preßdruck erzeugt und haben somit keine große Dichte (etwa 300 kg/m³), aber gute Dämmwirkung gegen Schall, Wärme und Kälte. Anwendung bei Holzdecken, Trennwänden und im Holzhausbau. **Holzfaserhartplatten** (2,5 bis 6 mm dick) sind sehr verdichtet (etwa 950 kg/m³), sie eignen sich gut als Fußbodenplatten, Möbelrückwände, Dachbelag, als Füllungsplatten und für Karosserien.

Holzgas, ein → Generatorgas.

Holzgeist, → Methanol.

Holzkohle, ein poröses, schwarzes Produkt mit großer aktiver Oberfläche, das als Rückstand bei der Destillation des Holzes (→ Holzverkohlung) bleibt. Der Heizwert beträgt 7000 bis 8000 kcal kg^{-1}. Als Reduktionsmittel wird H. heute lediglich noch zum Raffinieren des Rohkupfers verwendet. Weiterhin dient H. infolge ihrer großen inneren Oberfläche vor allem als Rohmaterial zur Herstellung von Aktivkohle, ferner als Heizmaterial, zur Erzeugung von Schwarzpulver, Natriumzyanid, Kohlendisulfid, Ferrosilizium, als Lötrohr- und Zeichenkohle u. a.

Holzöl, → Fette und fette Öle.

Holzschleifmaschine, eine Maschine zum Glätten von Bauteilen aus Holz. Die H. ist mit einem bewegten Schleifmittel ausgerüstet, gegen das das Werkstück gehalten wird. Man unterscheidet **Bandschleifmaschinen** mit einem umlaufenden Band aus Schleifpapier oder -leinen, **Trommel-** oder **Zylinderschleifmaschinen** mit einer oder mehreren, mit Schleifpapier bespannten Trommeln, **Scheiben-** oder **Tellerschleifmaschinen** mit unter Umständen bespannten Schleifscheiben bis zu 1200 mm Durchmesser und **Kurvenschleifmaschinen** zum Bearbeiten z. B. von Innenrundungen. Manche H.n weisen eine Scheibe und eine Trommel auf, wobei letztere oft ein in jede beliebige Form zu bringender Gummihohlkörper ist. Eine Sonderform ist die **Parkettschleifmaschine.**

Holzschliff, Schliff, Holzstoff, durch Schleifen von Holz gewonnener wichtigster Rohstoff für die Herstellung von Papier, Karton und Pappe. Zur Herstellung von H. werden 0,5 bis 2 m lange entrindete Fichten-, Kiefern-, Pappel-, Espen-, Buchen- oder Birkenstämme auf die Mantelfläche eines großen zylindrischen, stahlarmierten Betonsteines oder eines Natursandsteines gepreßt. Das Anpressen der Hölzer geschieht in den heute bevorzugten *Stetigschleifern* (Tafel 32) durch umlaufende Kniehebelketten, in den intermittierend arbeitenden *Pressenschleifern* (mit 3 oder 4 Preßkästen) durch hydraulische Preßkolben.

Während bei dem älteren, immer mehr verdrängten **Kaltschliffverfahren,** das kurzen H. von geringer Güte liefert, hauptsächlich Frischwasser auf den Schleifstein gespritzt wird, um die Temperatur des H.s niedrig zu halten, wird bei dem modernen **Heißschliffverfahren** vornehmlich Umlaufwasser verwendet, so daß sich, bedingt durch die beim Schleifen entstehende Reibungswärme, Trogtemperaturen bis zu 60 °C und mehr ergeben. Hierdurch werden aus dem Holz besonders feine und lange Fasern gewonnen. Der aus dem Schleifer kommende Stoff wird stark verdünnt und zur Entfernung von Splittern, Faserbündeln u. a. über verschiedene gelochte Bleche (Splitterfänger, Sichter, Sortierer) geführt. Ausgesonderte Splitter und Grobstoff werden in Stoffmühlen aufgeschlossen und wandern erneut durch die Sortierung. Der Feinstoff wird anschließend für die Papierherstellung auf Eindickmaschinen oder Filtern bis auf 4 bis 6 % Trockensubstanz entwässert oder bis auf 30 % Trockensubstanz getrocknet und auf Rundsiebmaschinen in die Form stapel- und versandfähiger Pappen gebracht.

H. ist normalerweise gelblichweiß (**Weißschliff**), läßt sich aber durch Bleichen mit schwefliger Säure oder Peroxiden aufhellen. Mit Weißschliff hergestelltes Papier wird mit der Zeit gelb und brüchig. Wird das Holz vor dem Verschleifen mit Dampf von 4 bis 6 at 6 bis 8 Stunden gedämpft, erhält man einen besonders langfaserigen, zähen, braunen Stoff (**Braunschliff**), der zur Herstellung von Lederpappen, Packpapier u. dgl. verwendet wird. Neuerdings lockert man vor dem Schleifen die Holzstruktur durch Behandlung des Holzes mit Natriumsulfitlösung und erhält dadurch → Halbzellstoff.

Die Erzeugung von H. erfordert einen beträchtlichen Kraftaufwand. Nach kraftsparenden neuen Verfahren wird das Holz in Hackmaschinen zu Schnitzeln verarbeitet, und diese werden in Stoffmühlen zerkleinert.

Lit. → Papier.

Holzschutz, Sammelbegriff für Kenntnisse und Maßnahmen zur Verhinderung oder Abschwächung holzschädigender Einflüsse (**vorbeugender H.**), bei schon vorhandener Holzerkrankung auch zur Bekämpfung der Schädlinge (**bekämpfender H.**). Wertminderungen und Zerstörungen entstehen insbesondere durch holzbewohnende Pilze („Holzfäule"), durch holzbewohnende Insekten („Wurmfraß"), durch im Meerwasser lebende Schädlinge (z. B. Muscheln) und durch Feuer.

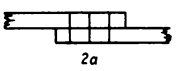
Als **Holzschutzmittel** gegen Entflammung oder Verbrennung des Holzes verwendet man → Flammenschutzmittel, gegen pflanzliche und tierische Schädlinge giftig wirkende chemische Verbindungen (meist auch für den Menschen schädlich), z. B. Steinkohlenteeröl, Chlornaphthaline, Polychlorphenole, Kontaktinsektizide sowie eine Reihe von Salzen, unter anderem Natriumfluorid NaF, Kaliumfluorid KF, Kaliumhydrogenfluorid $KF \cdot HF$, Magnesiumfluorosilikat $Mg[SiF_6]$, Kaliumdichromat $K_2Cr_2O_7$ und Kaliumhydrogenarsenat K_2HAsO_4. Diese Salze werden meist in Gemischen verwendet und sind durch den Handelsnamen angehängte Buchstabensymbole gekennzeichnet. Bedeutung der Symbole: FN = Alkalifluoride, SF = Fluorosilikate, U = $NaF + K_2Cr_2O_7$, UA = $NaF + K_2HAsO_4 + K_2Cr_2O_7$, UII = $NaF + KF \cdot HF + K_2Cr_2O_7$.

Holzschutzmittel werden in flüssiger Form mit Hilfe spezieller **Holzschutzverfahren** in das Holz eingebracht (Imprägnieren). Zu den Verfahren gehören z. B. das Anstreichverfahren, bei dem ein Pinsel verwendet wird, das Sprühver-

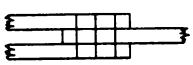
fahren mit Hilfe eines Sprühgeräts, das Tauchverfahren, bei dem Tränktröge benutzt werden, das Diffusionsverfahren, bei dem Holzschutzpaste auf weißgeschälte und noch feuchte Stämme (speziell Fichte und Tanne) aufgetragen wird, das speziell für den Masten-Nachschutz geeignete Bandagenverfahren, bei dem Fertigbandagen oder Holzschutzpasten mit Schutzbandagen Verwendung finden, das speziell zur Tränkung von Masten und Schwellen dienende Kesseldruckverfahren, bei dem Druckkessel mit entsprechenden Einrichtungen eingesetzt werden, und das Trogsaugverfahren, das mit Hilfe von Tränktrögen und Vakuumkappen durchgeführt wird. Als Gütewert zur Beurteilung der erreichten Schutzwirkung gilt die je 1 m^3 Holz eingebrachte Holzschutzmittelmenge (kg je m^3) und die erreichte Eindringtiefe (mm). Man unterscheidet den meist ungenügend wirksamen Deckschutz (Eindringtiefe < 1 mm), den gewöhnlich ausreichend wirksamen Randschutz (Eindringtiefe 1 bis 10 mm), den hochwirksamen Tiefschutz (Eindringtiefe > 10 mm) sowie einige von der Holzart und den Gegebenheiten abhängige Besonderheiten (Splintholzschutz, Vollschutz und Teilschutz).

Lit. Langendorf: Handb. für den H. (Leipzig 1961); Liese: H. (Berlin 1954); Orzol: Der H. in der Baupraxis (Halle 1959); Reissmann: H. an landwirtschaftlichen Bauten (Berlin 1955); → Flammenschutzmittel.

Holzspanplatten, Spanplatten, aus Holzspänen und Plastklebstoff unter Einwirkung von Druck und Wärme hergestellte Platten. Die H. werden nach dem Grad ihrer Verdichtung (leicht: $< 0{,}50$ g cm^{-3}, mittelschwer: 0,50 bis 0,85 g cm^{-3}, schwer: $> 0{,}85$ g cm^{-3}), der Lage der Späne (flachgepreßt, stranggepreßt) und ihrer Querschnittsstruktur (einschichtig, dreischichtig, vielschichtig) unterteilt. Zu ihrer Herstellung wird Rohholz z. T. entrindet, abgelängt und in Zerspanungsmaschinen und Nachzerkleinerungsaggregaten zu 0,5 bis 2,0 cm langen und 0,2 bis 0,5 mm dicken Spänen zerkleinert. Die getrockneten und gegebenenfalls gesichteten Späne werden in Beleimungsmaschinen mit 6 bis 12 % (bezogen auf absolut trockene Späne) Plastklebstoff (meist Harnstoff-Formaldehyd- oder Phenol-Formaldehyd-Harz) besprüht und je nach Verwendungszweck mit Imprägniermitteln versehen Beim *Flachpreßverfahren* werden die besprühten Späne mit Streumaschinen auf Preßbleche gestreut. Die so erhaltenen Spanvliese werden nach der Vorverdichtung entweder in periodisch arbeitenden Etagenheizpressen (Tafel 32) oder zwischen zwei übereinander laufenden endlosen Stahlbändern mit einem Preßdruck von 10 bis 20 kp cm^{-2} bei Temperaturen von 100 bis 180 °C zu H. verpreßt. Beim *Strangpreßverfahren* werden die beharzten Späne in einer Strangpresse zwischen zwei beheizten Stahlplatten hindurchgepreßt. In der Endbearbeitung werden die H. besäumt und bei Bedarf egalisiert (geschliffen). Man verwendet H. als Leichtbauplatten und in der Möbelindustrie.

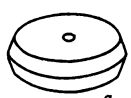


2a



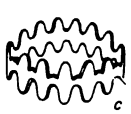
2b

2 Nagelverbindungen: *a* einschnittig, *b* zweischnittig



a

b



c

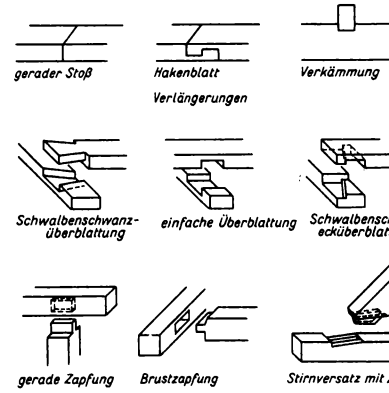
3 Industriedübel für Holzverbindungen: *a* Runddübel (Einlaßdübel), *b* Krallendübel (Einpreßdübel), *c* Zahnringdübel (Einpreßdübel)

Holzstoff, svw. → Holzschliff.

Holzteer, → Teer.

Holzverbindungen, die Verbindungen von Holzteilen. Man unterscheidet Zimmererverbindungen, ingenieurmäßige Verbindungen und Tischlerverbindungen.

1) **Zimmererverbindungen** (Abb. 1) entstehen durch handwerksmäßige Bearbeitung der Holzteile an den Verbindungsstellen und werden eingeteilt in H. mit mittelbarem und mit unmittelbarem Verbund. Bei letzterer Ausführung erfolgt eine zusätzliche Sicherung der Verbindungsstellen durch Bolzen, Klammern u. a. Je nach Ausführung und Wirkung unterteilt man Zimmererverbindungen in Verlängerungen und Verknüpfungen. a) Die *Verlängerung* liegender Hölzer geschieht durch geraden oder



1 Zimmererverbindungen

schrägen Stoß mit oder ohne Haken, durch gerades oder schräges Blatt oder Hakenblatt. b) Die *Verknüpfung* erfolgt durch Überblattung und Verkämmung, durch Zapfen und Vorsatz. Bei der *Überblattung* liegen die Hölzer recht- oder schiefwinklig zueinander in einer Ebene; sie werden an der Verbindungsstelle um die halbe Holzstärke ausgearbeitet. Nach Ausführung der Platten unterscheidet man einfache und schwalbenschwanzförmige Überblattung, nach Lage der Schnittpunkte End- und Ecküberblattung. Bei der *Verkämmung* greifen die Hölzer 2 bis 3 cm ineinander und liegen daher nicht in einer Ebene, sondern neben- (Anverbund) oder übereinander (Aufverbund). Die *Verzapfung* wendet man an zur Verbindung schräg oder senkrecht zueinander stehender Konstruktionshölzer (Stiel und Schwelle). Je nach Ausführung unterscheidet man die gerade, geächselte, Scher- und Brustzapfung. Der *Versatz* dient der Verbindung eines schrägen Holzes (Strebe, Kopfband) mit einem waagerechten oder senkrechten Holz (Balken, Säule). Er wird — gelegentlich mit Zapfen — als einfacher Versatz (Stirn-Brust-Fersenversatz) oder als doppelter Versatz ausgeführt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbindung schräger und waagerechter Hölzer bieten die *Verklauung* und die *Aufklauung.*

2) **Ingenieurmäßige Verbindungen im Ingenieurholzbau.** Die Holzteile werden an den Knotenpunkten so miteinander verbunden, daß die Kräfte von dem einen in das andere Konstruktionsholz übertragen werden. Die anzunehmenden Kräfte ermittelt man rechnerisch und legt danach die jeweilige Ausführung der Verbindung fest. a) *Nagelverbindungen* kommen vor allem zur Verbindung von Brettern untereinander in Betracht. Je nach der Zahl der im Knotenpunkt zu verbindenden Bretter spricht man von ein- oder zweischnittigen Verbindungen (Abb. 2). Die Anzahl der erforderlichen Nägel richtet sich nach den zu übertragenden Kräften und nach der Tragfähigkeit des einzelnen Nagels. Die Abmessungen der Nägel sind von den zu verbindenden Holzteilen abhängig, die Abstände der Nägel vom Nageldurchmesser. b) *Bolzenverbindungen* werden nur zur Verbindung gering belasteter Bauteile angewendet, da der auftretende Lochleibungsdruck bei dieser Verbindungsart zur Abscherung und Verschiebung führen kann. c) *Dübelverbindungen* (Abb. 3). Im Ingenieurholzbau bevorzugt man für H., vor allem von Balken, Bolzen kombiniert mit Dübeln. Die Dübel aus Stahl, Hartholz oder Glas werden eingelassen (Einlaßdübel) oder eingepreßt (Einpreßdübel) und mit Bolzen gesichert. d) Bei *Leimverbindungen* werden die Hölzer an den Verbindungsstellen

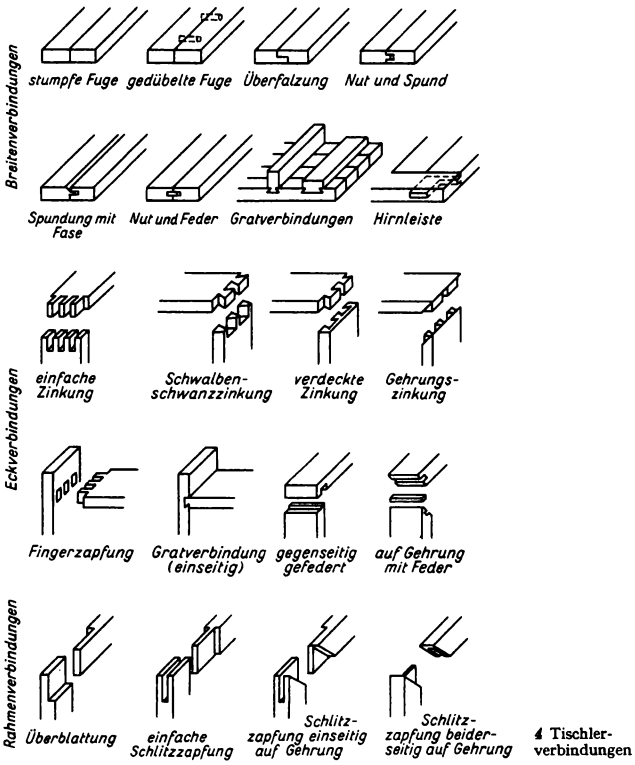
geglättet (gehobelt) und nach der Verleimung zusammengepreßt.

3) **Tischlerverbindungen** (Abb. 4) sind verdeckt gearbeitete Verbindungen, um das Hirnholz nicht sichtbar werden zu lassen. Nach der Lage der verbundenen Holzteile zueinander unterscheidet man Breiten-, Eck- und Rahmenverbindungen. a) Von den *Breitenverbindungen* ist die stumpfe Fuge am gebräuchlichsten, bei der die Teile nur glatt gehobelt und verleimt werden. Gedübelte Fugen werden bei zerlegbaren Flächen (Ausziehtisch- und Tischtennisplatten) oder bei stark beanspruchten Platten angewendet, Überfalzungen bei unverleimten Flächen. Die Verbindung mit Nut und Feder wählt man bei Holzfußböden, um ein Knarren zu verhindern, die Spundung mit Fase ebenfalls für unverleimte Breitenverbindungen, z. B. für Wand- und Deckentäfelung, auch für Holzfußböden. Bei besonders breiten, zusammengesetzten Platten werden die Teile nicht nur verleimt, sondern je nach der Konstruktion des Werkstücks durch stehende, liegende oder bündige Gratleisten gegen Verlaufen gesichert, d. h., die Bretter können dem hygroskopischen Gleichgewicht entsprechend arbeiten, ohne daß sich die Fläche wölbt. b) Für *Eckverbindungen* bevorzugt man die Zinkung, bei der durch das Ineinandergreifen der Holzflächen eine gute Verleimung gewährleistet ist. Die einfache Zinkung und die Schwalbenschwanzzinkung wendet man bei nicht zur Ansicht stehenden H. (z. B. Schubkastenhinterteil) an, die verdeckte Zinkung und die Gehrungszinkung überall da, wo die Eckverbindung sichtbar ist. Zum Einbau des Bodens und der Seitenteile in Regalen, Schränken u. dgl. wählt man die Fingerzapfung oder die ein- oder zweiseitige Gratverbindung. Die Eckverbindung auf Gehrung mit Feder hat fast die gleiche Festigkeit wie die Zinkung, während die gegenseitige gefederte Eckverbindung weniger haltbar ist und daher nur bei gering beanspruchten Konstruktionen angewendet wird. Für Eckverbindungen in der industriellen Möbelproduktion hat sich besonders das Dübeln durchgesetzt (Abb. 5). c) Auch bei den *Rahmenverbindungen* gibt es verschiedene Konstruktionen. Die Überblattung wird bei wenig sichtbaren Verbindungen gewählt, die Schlitzzapfung (einfach, einseitig oder beiderseitig auf Gehrung) bei Schranktüren, Fensterrahmen u. dgl.

Lit. Friedrich: Tabellenbuch für das Bau- und Holzgewerbe (Leipzig 1957); Pätzold u. Willer: Fachkunde für Tischler (2 Bde Leipzig 1953–54); Fachbuch für Tischler (2. Aufl. Berlin 1954); Einführung in die Holztechnik (Leipzig 1959).

Holzverkohlung, Holzdestillation, die Zersetzung des Holzes durch Erhitzen unter vermindertem Sauerstoffzutritt. Die H. wurde früher im Meiler betrieben, wobei Holzkohle das einzige Endprodukt war. Bei der modernen großtechnischen Verkohlung in eisernen Kammer-Retorten oder Rohröfen ohne Zutritt von Luft bei Temperaturen von 250 bis 400 °C erhält man außer Holzkohle wertvolle flüchtige Bestandteile, z. B. Methanol, Essigsäure, Holzteer und Holzgas, das für die Retortenheizung wieder eingesetzt wird.

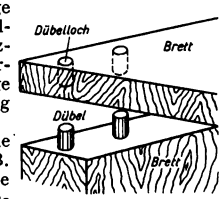
Holzverzuckerung, die Überführung der Zellulose des Holzes in Zucker **(Holzzucker),** besonders Glukose, durch Hydrolyse mit Mineralsäuren. Bei dem *Verfahren nach Bergius* werden zerkleinerte und getrocknete Holzabfälle (Sägespäne) bei Raumtemperatur mit höchstgesättigter Salzsäure behandelt. Das dabei anfallende zuckerhaltige Hydrolysat wird im Vakuum vom größten Teil der Salzsäure befreit und kann dann entweder auf Trockenzucker für Mastzwecke verarbeitet oder zu Alkohol (Holzspiritus) vergoren werden. Bei dem *Verfahren von Scholler-Tornesch* wird das zerkleinerte Holz mit 0,2- bis 0,6 %iger Schwefelsäure bei 160 bis 190 °C unter Druck von 8 at in Diffusionsbatterien ausgelaugt. Wegen des geringen Zuckergehaltes der austretenden Lösung (5 %) wird diese Lösung zu Alkohol vergoren oder zur Züchtung von eiweißreichen Nährhefen verwendet.



4 Tischlerverbindungen

Holzwolle, stark gekräuselte und dadurch sehr elastische Holzfäden von 0,5 bis 4 mm Breite, 0,03 bis 0,5 mm Dicke und etwa 50 cm Länge (TGL 1-76). H. wird durch Abhobeln von Rundholz (Fichte und harzarme Kiefer) auf Holzwollemaschinen hergestellt. Sie dient als Verpackungshilfsmittel, als Füllstoff für billige Polsterungen und Puppen und zur Herstellung von Holzwolleleichtbauplatten.

Holzwolle-Leichtbauplatten, aus Holzwolle und einem mineralischen Bindemittel, z. B. Zement, Gips oder Magnesiabinder, gepreßte Platten (TGL 8950). Sie haben eine geringe Rohdichte sowie eine verhältnismäßig gute Wärmedämmwirkung, sind schwer entflammbar, keimfrei, ungezieferabweisend und lassen sich sägen und nageln. H. werden als nichttragende Zwischenwände, ferner als Dämmaterial und Putzträger verwendet.



5 Eckverbindung durch Dübel an einem Möbelstück

Holzzucker, 1) svw. → D-Xylose. 2) Produkt der → Holzverzuckerung.

homogen, durch und durch gleichartig, ohne ausgezeichnete Stellen (→ Isotropie). Gegensatz: inhomogen. — In der physikalischen Chemie bezeichnet man ein System als h., wenn es aus einer einzigen Phase besteht, d. h. entweder fest oder flüssig oder gasförmig ist. Gegensatz: → heterogen.

homogene Form, ein Polynom mit mehreren Variablen, dessen sämtliche Glieder in bezug auf alle Variablen denselben Grad haben. Zum Beispiel ist $2x^2 + 3xy + 4y^2$ eine h. F. 2. Grades mit 2 Variablen.

homogene Leitung, in der Nachrichtentechnik eine elektrische Leitung, bei der die vier → Leitungskonstanten R', L', C' und G' gleichmäßig längs der Leitung verteilt sind.

Homogenisieren, ein Verfahren zur Herstellung eines gleichmäßigen, einheitlichen Gemenges (Mischung) aus unterschiedlichen Bestandteilen. Je nach dem Aggregatzustand der einzelnen Komponenten (zwei oder mehr) unterscheidet man: *Vermengen* bei körnigen Stoffen, gegebenenfalls unter geringem Flüssigkeitszusatz in Mischmaschinen; *Kneten* bei pastenförmigen, teigigen Stoffen in Knetmaschinen oder Schneckenpressen; *Suspendieren* (→ Suspension) mit Flüssigkeit in Rührwerken; *Emulgieren* (→ Emulsion 1) und *Mischen* (→ Mischung).

homolog, 1) allgemein: entsprechend, gleichgeartet.

2) Mathematik: Bezeichnung für gleichliegende oder entsprechende Stücke in kongruenten oder ähnlichen Figuren.

3) Chemie: Als h.e Reihen bezeichnet man in der organischen Chemie Verbindungen mit gesetzmäßigem Aufbau, die sich durch ein bestimmtes Kettenglied voneinander unterscheiden und für die sich eine allgemeine Formel aufstellen läßt. So unterscheiden sich z. B. die einzelnen Glieder der h.en Alkanreihe C_nH_{2n+2} jeweils um die Methylengruppe $-CH_2$: Methan CH_4, Äthan C_2H_6, Propan C_3H_8 usw.

Vielfach werden auch die im Periodensystem untereinander stehenden Elemente als h. bezeichnet.

Homomorphismus, → Isomorphismus.

homöomorph, Bezeichnung für zwei Punktmengen, die auseinander durch eine topologische Abbildung hervorgehen (→ Topologie).

Homöomorphie, svw. → Isomorphie.

homöopolare Bindung, → Bindung 1).

Homöostase, svw. Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustandes. Der Begriff H. wurde 1935 von dem englischen Physiologen W. B. Cannon eingeführt zur Bezeichnung der Leistungen von Regelsystemen im lebenden Organismus, die bestimmte Variablen trotz Störeinflüssen und Umweltveränderungen innerhalb physiologischer Grenzen konstant halten oder es gestatten, daß der Organismus sich veränderten Umweltbedingungen anpaßt. Die H. ist eine wesentliche Form der biologischen Regelung. Lebende Systeme verfügen über zahlreiche Regelsysteme zur Aufrechterhaltung bestimmter innerer Systemzustände, z. B. Blutzuckerregelung, Temperaturregelung, Atemregelung u. a. Im Falle der Veränderung gegebener Umweltbedingungen ändert der Organismus den Systemzustand so lange, bis das System sich wieder im Gleichgewicht mit den veränderten Umweltbedingungen befindet. Solche biologischen Regelsysteme, die trotz Veränderung der Umweltbedingungen stets kritische, instabile Zustände vermeiden und immer wieder einen stabilen Zustand einregulieren, d. h. sich dynamisch anpassen, werden häufig als *ultrastabile Systeme* bezeichnet.

Zur Simulierung dieses ultrastabilen Anpassungsverhaltens lebender Systeme hat W. R. Ashby ein Modell entwickelt, das als *Vier-Variablen-System* die Selbststabilisierungsprozesse unter stark vereinfachten Bedingungen nachbildet. Dieses Modell wird als **Homöostat** bezeichnet. Das ist ein Rückkopplungsmechanismus mit der Fähigkeit, eine Folge zufälliger Zustände einzunehmen, und zwar so lange, bis innerhalb eines Bereiches dynamische Stabilität erreicht wird. Dieser Modellmechanismus wählt also unter verschiedenen Stabilitäts- oder Instabilitätsbedingungen und versucht unter Vermeidung kritischer, instabiler Zustände seine Ultrastabilität aufrechtzuerhalten. Der Homöostat, der keinen Speicher besitzt, also nicht lernen kann, bildet das Verhalten eines lebenden Organismus nach, der in der „Erfahrung" gegebene Lösungen ohne Erfolg bereits versucht hat und nun gezwungen ist, neue Stabilitätsbedingungen zu finden.

Homoseisten, → Erdbeben.

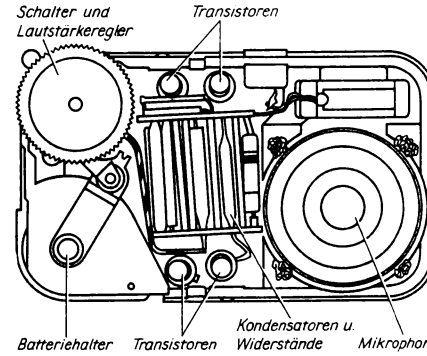
Homosphäre, in der Meteorologie neuere Sammelbezeichnung für die Bereiche Troposphäre, Stratosphäre und Mesosphäre. Die H., der eigentliche Arbeitsbereich der Meteorologie, ist vor allem gekennzeichnet durch 1) fast vollständige vertikale Durchmischung; 2) weitaus überwiegende elektrisch neutrale Luftpartikeln; 3) nahezu festliegende Schichten extremer Windgeschwindigkeiten; 4) relativ niedrige tägliche Temperaturschwankungen (etwa 20 grd). Das Gebiet oberhalb der H. ist die → Heterosphäre, zwischen beiden liegt ein Übergangsbereich von etwa 50 km Höhe.

homozyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Honen, → Ziehschleifen.

Hookesches Gesetz, → Elastizität.

Hörhilfe, Vorrichtung zur Verbesserung des Hörens für Schwerhörige. Die veralteten **akustischen H.n** (*Hörrohre, Hörschläuche*) fangen mit ihrer weiten Öffnung Schallwellen auf und leiten sie über lange Ansatzrohre an das Ohr. Bei den **elektroakustischen H.n** werden die Schallwellen von einem Mikrophon aufgenommen, in einem Miniaturröhren- oder Transistor-Verstärker verstärkt und einem kleinen, in den Gehörgang einsteckbaren Hörer zugeführt. Der Verstärker hat



Hörhilfe H 40: Frontansicht (Gehäuse geöffnet)

z. B. bei der H. H 40 etwa die Größe einer Zigarettenschachtel. Der benötigte Strom wird von Batterien (z. T. Knopfzellen) geliefert. Durch die Anwendung modernster technologischer Fertigungsverfahren (Dünnfilmtechnik, Mikromodultechnik) gelingt es, den Verstärker so klein zu halten, daß er zusammen mit dem Mikrophon in einem Brillenbügel untergebracht werden kann (*Hörbrille*). Für Schwerhörigenunterricht, Hörerziehung und Hörtraining mit mehreren Teilnehmern gibt es *Gemeinschaftshörhilfen*, d. s. Zweikanal-elektroakustische Übertragungseinrichtungen. Zwei im normalen Ohrabstand befindliche Mikrophone speisen zwei voneinander unabhängige Verstärkerkanäle, deren untere Grenzfrequenz eingestellt werden kann. Über die Endverstärker ist jeweils ein Breitband-Kopfhörersystem aller Teilnehmer am Verteilerkabel angeschlossen.

Horizont, 1) die Kreislinie, an der Erde (oder Meer) und Himmel scheinbar zusammenstoßen. Sie umschließt die **Horizontebene,** die die scheinbare Himmelkugel in eine sichtbare und eine unsichtbare Hälfte teilt. Der **scheinbare Horizont** ist derjenige größte Kreis, in dem die durch den Standpunkt des Beobachters gelegte Tangentialebene die Himmelskugel schneidet; er liegt rechtwinklig zum Lot und dient als exakt er-

faßbare Ausgangsfläche für die astronomische Ortsbestimmung. Parallel zum scheinbaren H. verläuft durch den Erdmittelpunkt der **wahre** oder **geozentrische Horizont.** Erhebt sich der Beobachter über die Erdoberfläche, so überblickt er mehr als die Hälfte der Himmelskugel; die Grenzlinie zwischen Himmel und Erde, der **sichtbare** oder **natürliche Horizont,** seemännisch die **Kimm,** liegt dann unter dem scheinbaren H. und bildet mit ihm einen Winkel, die **Kimmtiefe.** Sie ist um so größer, je höher sich der Beobachter über die Erdoberfläche erhebt, und beträgt bei 10 m Augenhöhe bereits 0,1°. Bei Messungen über Normalnull (Sternhöhenmessungen) ist dieser Betrag abzuziehen.

2) → Bühnentechnik.

3) → System.

4) → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Horizontalintensität, → Erdmagnetismus.

Horizontalortung, → Ultraschallortung.

Horizontalverschiebung, → Verwerfung.

Hormone, lebensnotwendige körpereigene Anregstoffe, die mit den Vitaminen und Fermenten zu den Wirkstoffen zählen. H. werden von den Lebewesen selbst gebildet und bewirken zusammen mit dem Nervensystem das Zusammenspiel und die Wechselbeziehungen (Korrelationen) aller Zellen und Organe des Körpers sowie die auf die Umwelt abgestimmten Reaktionen (Regulationen). Wie alle Wirkstoffe wirken sie in sehr kleinen Mengen und regen ganz spezifisch bestimmte Zellarten an. Ihr Bildungsort liegt meist vom Wirkort entfernt. Zu diesem gelangen sie auf flüssigem (humoralem) Wege durch den Blutstrom. Die Ausschüttung der H. erfolgt entweder kontinuierlich oder nur bei entsprechendem Bedarf. H. besitzen sämtlich eine hohe spezifische Wirksamkeit. Sie steuern die Wirkung von Fermenten, beeinflussen den Kohlenhydrat-, Eiweiß-, Wasser- und Mineralstoffwechsel sowie das Wachstum und regulieren die Tätigkeit bestimmter Organe. Die qualitative und quantitative Bestimmung der H. erfolgt durch den Tierversuch, wobei die Hormonmenge zumeist in biologischen Einheiten angegeben wird. H. sind z. T. verhältnismäßig hitzebeständig, bei ihrer Tätigkeit werden sie verbraucht und müssen ständig nachgebildet werden. H. entstehen a) in Drüsen mit innerer Sekretion (endokrine Drüsen): **Drüsenhormone, glanduläre H.,** z. B. die Hypophysenhormone, das Thyroxin der Schilddrüse, das Parathormon der Nebenschilddrüsen, das Insulin der Bauchspeicheldrüse, die Kortikosteroide in der Nebennierenrinde, das Adrenalin im Mark der Nebennieren, die Sexualhormone der Keimdrüsen; b) in Geweben: **Gewebshormone, aglanduläre H.,** z. B. Histamin, Azetylcholin, Noradrenalin (Neurohormone); c) in Zellen: **Zellhormone,** bei denen Bildungsort und Wirkort die gleiche Zelle ist. Hierzu gehören die Regulatoren der Einzeller, die Wundhormone (Nekrohormone), die bei der Vererbung wichtigen Genhormone.

Die H. gehören chemisch den verschiedensten organischen Stoffgruppen an, einige sind synthetisch darstellbar, z. B. Adrenalin, Oxytozin, Insulin und Glukagon. Die Lehre von der H.n heißt **Endokrinologie.**

Einteilung der Hormone nach Bildung und Wirkung

endokrines Organ	Hormonbezeichnung	biologische Wirkung
Hypophyse (Vorderlappen)	gonadotrope Hormone: follikelstimulierendes Hormon (FSH)	steuert die Tätigkeit der Keimdrüsen
	Luteinisierungshormon (LH)	reguliert die Tätigkeit hormonbildender Zellen von Hoden und Ovar
	luteotrophes Hormon (LTH)	bewirkt Milchbildung und unterhält Gelbkörperfunktion
	Adrenokortikotropin (ACTH)	regelt die Tätigkeit der Nebennierenrinde
	Thyreotropin (TSH)	regt die Schilddrüsenfunktion an
	Somatotropin (STH)	regelt das Wachstum; wirkt auf Eiweiß-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel und Wasserhaushalt
Hypophyse (Mittellappen)	Melanophorenhormon (MSH)	verleiht verschiedenen Fischen, Amphibien und Reptilien die Fähigkeit, ihre Körperfarbe der Umgebung anzupassen; bei Warmblütern ist die Funktion noch nicht geklärt
Hypophyse (Hinterlappen)	Oxytozin	wirkt gebärmutterkontrahierend und blutdrucksenkend, veranlaßt Milchsekretion
	Vasopressin	bewirkt Blutdruckerhöhung und reguliert den Wasserhaushalt
Schilddrüse	Thyroxin	reguliert den Stoffwechsel und den Grundumsatz
Nebenschilddrüse (Epithelkörperchen)	Parathormon	reguliert den Phosphat- und Kalziumspiegel
Bauchspeicheldrüse (Pankreas)	Insulin	reguliert den Kohlenhydratstoffwechsel, bes. die Kohlenhydratverteilung; bewirkt den Aufbau von Glukose zu Glykogen
	Glukagon	reguliert den Kohlenhydratstoffwechsel; bewirkt Glykogenolyse
Nebennierenmark	Adrenalin	steuert die Blutverteilung und fördert den Stoffwechsel, bes. den Kohlenhydratstoffwechsel; besitzt sympathikomimetische Wirkung
	Noradrenalin	reguliert den Blutdruck und beeinflußt den Kreislauf
Nebennierenrinde	Kortikosteroide	wirken auf den Kohlenhydrat- und Mineralstoffwechsel
männliche Keimdrüsen (Hoden)	Testosteron	bildet die sekundären männlichen Geschlechtsmerkmale aus
weibliche Keimdrüse (Eierstock)	Follikelhormone: Östradiol, Östron, Östriol	regulieren die Sexualfunktionen, bilden und erhalten die sekundären weiblichen Geschlechtsmerkmale; sind für 1. Hälfte des Menstruationszyklus bestimmend
Gelbkörper	Progesteron	bereitet in der 2. Hälfte des Menstruationszyklus die Uterusschleimhaut zur Aufnahme des befruchteten Eies vor
Plazenta	Choriongonadotropin	wirken ähnlich wie LH und FSH
Verdauungstraktus	Sekretin	regt die Sekretion des Verdauungssaftes der Bauchspeicheldrüse an
	Cholezystokinin	regt die Gallenblasenkontraktionen an

Lit. Abderhalden: Vitamine, H., Fermente (4. Aufl. Basel 1953); Ammon u. Dirschel: Fermente, H., Vitamine und die Beziehungen dieser Wirkstoffe zueinander (3 Bde, 3. Aufl. Stuttgart 1960); Bersin: Biochemie der H. (2. Aufl. Leipzig 1960); Hanč: H. (dtsch Jena 1959); Vincke: Der Wirkungsmechanismus von H.n (Leipzig 1960), Darstellung von Hormonpräparaten (3. Aufl. Leipzig 1955).

Horn, elektrische Hupe, eine elektroakustische Warnvorrichtung an Kraftfahrzeugen. Die Lautsignale bringt eine Membran hervor, die durch einen von einem Unterbrecher gesteuerten Elektromagneten in Bewegung gesetzt wird. Die Membran versetzt ihrerseits entweder einen Schwingungsteller oder aber eine auf sie abgestimmte Luftsäule in Schwingungen. Heute werden durchweg **Tellerhörner** von flacher, tellerartiger Form verwendet.

Hornblendeasbest, ein → Amphibol.

Hornblenden, svw. → Amphibole.

Hörnerableiter, eine Vorrichtung zum Schutz gegen Überspannungen in Starkstromüberlandleitungen, Hochspannungsschaltern und elektrischen Bahnen. Der H. besteht aus zwei hörnerförmigen Kupferbügeln, die auf Isolatoren befestigt sind. Das eine Horn ist mit der Leitung, das andere über einen induktionsfreien Dämpfungswiderstand mit der Erde (Schiene) verbunden. Bei Überspannung bildet sich an der engsten Stelle ein Lichtbogen, durch den die Überspannungsenergie abgeleitet wird. Der Lichtbogen wird durch die erwärmte Luft und durch elektromagnetische Kraftwirkung sofort aufwärts getrieben; nach Ableitung der Überspannung ist er für die normale Spannung zu lang und reißt ab.

Hornfels, ein feinkörniges, meist dunkles Gestein mit hornartiger Bruchfläche, das in der innersten Zone von Kontakthöfen um Tiefengesteine entstanden ist. Die ursprüngliche Schichtung und der Mineralgehalt sind weitgehend verlorengegangen. Wichtige Neubildungen sind Andalusit, Cordierit, Albit u. a. H.e sind als Schottermaterial geeignet.

Hornsilber, svw. → Chlorargyrit.

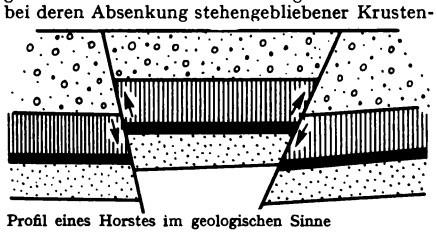
Hornstrahler, → Antenne.

Hornsubstanzen, → Proteine.

Hörrohr, → Stethoskop, → Hörhilfe.

Hörschwelle, → Audiometer.

Horst, ein von Verwerfungen begrenzter, gegenüber den Nachbarschollen gehobener oder bei deren Absenkung stehengebliebener Krustenteil, z. B. der Thüringer Wald. Ist nur eine Seite von einer Verwerfung begrenzt, spricht man von **Halbhorst** (Harz, z. T. Erzgebirge).



Profil eines Horstes im geologischen Sinne

Hortonolith, → Olivine.

Hosenboje, ein Seenotrettungsgerät, mit dem Schiffbrüchige einzeln von einem Schiff an Land befördert werden können. Die H., im Prinzip ein → Rettungsring mit kurzer Segeltuchhose, ist an einem Block (lose Rolle) befestigt, der von einem starken Tau geführt wird. An einem zweiten Tau, das durch einen an Bord befestigten Block (feste Rolle) läuft, wird von der Rettungsmannschaft an Land die H. hin- und hergezogen.

Hosenrohr, ein → Formstück.

Hostalene, → Plaste, Übers.

Houdresid-Verfahren, → Kracken.

Houdry-Verfahren, → Butadien.

HP-Schale, → Schale.

HRB, → Rockwellhärte.

HRC, → Rockwellhärte.

Hub, 1) Takt, bei Verbrennungsmotoren, Dampfmaschinen und anderen Kolbenmaschinen der Weg des Kolbens zwischen seinen zwei Tot- oder Umkehrpunkten. **Hubraum (Hubvolumen)** ist der bei einem Kolbenhub verdrängte Rauminhalt; er wird in cm^3 oder l gemessen und errechnet sich nach der Formel Zylinderquerschnitt mal H.

2) Frequenzhub, in der Hochfrequenz- und Trägerfrequenztechnik das Maß für die Frequenzänderung einer frequenzmodulierten Schwingung durch Modulation.

Hubble-Effekt, die von Hubble entdeckte Erscheinung, daß die Linienverschiebung (→ Rotverschiebung V_r) in den Spektren extragalaktischer Nebel mit der Entfernung r dieser Nebel zunimmt; dies läßt sich durch die Formel $V_r = H \cdot r$ beschreiben. Die als **Hubble-Konstante** bezeichnete Größe H hat einen Wert zwischen 75 und 100 km je Sekunde je 1 Million Parsec.

Hubkolbenpumpe, → Pumpe, → Vakuumpumpe.

Hubschrauber, ein → Rotorflugzeug.

Hubstapler, svw. → Gabelstapler.

Hubstrahler, Turboplan, ein strahlgetragenes Luftfahrzeug. Es hat keine Tragflügel und erhält seinen Auftrieb nur durch die große Schubkraft eines oder mehrerer Luftstrahltriebwerke. Mit Hilfe regel- und schwenkbarer Gasstrahlen und/oder veränderlicher Düsen sowie steuerbarer Strahlruder kann der H. senkrecht starten und landen, mit hoher Geschwindigkeit horizontal und auch seitwärts fliegen, in der Luft am Ort stehen und sich wie ein Kreisel drehen. Konstruktionen von H.n sind z. B. der „Fliegende Stuhl" (UdSSR) und das „Fliegende Bettgestell" (Großbritannien).

Hubwagen, → Flurförderer.

Hubwindwerk, → Winde.

Hüllenphysik, svw. → Atomphysik.

Hüllstoffe, Tracke, Sammelbegriff für alle faden-, band- und flächenförmigen, leicht biegsamen Stoffe, auch für Ketten, Geflechte und Gewebe, die nur Zug übertragen können. **Hüllstoffgetriebe** oder **Zugmittelgetriebe** sind Zugorgangetriebe (Trackgetriebe) mit mindestens einem Getriebeglied (Zugmittelglied) aus H.n, z. B. Seil-, Riemen- und Kettentriebe. Gegensatz: Füllstoffgetriebe (→ Füllstoffe).

Hülse, 1) Maschinenbau: ein meist außen zylindrisches und innen hohlgebohrtes Teil zum Aufnehmen oder Aufstecken anderer Teile oder Werkzeuge, zum Teil auch als Zwischenstück verwendet.

2) Textiltechnik: → Spule 2).

Huminsäuren, Humussäuren, hochmolekulare, amorphe, dunkelgefärbte Substanzen z. T. noch ungeklärter Struktur. H. sind in Alkalien mit tiefbrauner Farbe unter Bildung von Salzen, den **Humaten,** leicht löslich. Sie kommen vorwiegend im Mutterboden, Torf, Hochmoor und in der Braunkohle vor. Verwendet werden H. z. B. als Pflanzenschutzmittel, Gerbstoffe, Papierleim, Düngemittel und Ionenaustauscher.

Hund, Hunt, ein → Förderwagen.

Hundekurve, svw. → Traktrix.

Hupe, → Horn.

Hurrikan, ein tropischer → Wirbelsturm.

Hütte, 1) Hüttenwerk, eine Anlage zur Gewinnung von Metallen (Eisen, Kupfer, Nickel, Blei u. a.) sowie Nichtmetallen (Glas, Schwefel u. a.) aus ihren natürlichen Vorkommen (Erze usw.) und Industrierückständen, die diese Stoffe in entsprechender Menge enthalten. Nach dem Erzeugnis unterscheidet man Eisen-, Nickel-, Kupfer-, Glas-, Schwefelhütten u. a.

2) svw. → Poop.

Hüttenkunde, ein Zweig der Metallurgie, die Lehre von der Gewinnung und Raffination der Metalle. Nach den Rohstoffen unterscheidet man **Eisenhüttenkunde** und **Metallhüttenkunde** (in bezug auf alle Nichteisenmetalle).

Lit. Muratsch: Handb. des Metallhüttenmannes (dtsch 2 Bde Berlin 1955/56); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde (3 Bde Leipzig 1951/52); → Metallurgie.

Huygenssches Prinzip, ein von dem holländischen Naturforscher Huygens gefundener grundlegender Satz der Wellenlehre. Das Huygenssche P. besagt, daß jeder Punkt einer Wellenfläche K_1 als Erregungszentrum einer neuen Elementarwelle (Kugelwelle) aufgefaßt werden kann. Den Schwingungszustand in einem weiter entfernt liegenden Punkt erhält man durch Überlagerung aller Elementarwellen. Im Fall der ungestörten Wellenausbreitung im isotropen Medium erhält man eine neue Kugelwelle K_2, ein Ergebnis, das an sich nichts Neues darstellt; die Bedeutung des Huygensschen P.s liegt in der Möglichkeit, Beugungsprobleme näherungsweise zu lösen, → Beugung.

HV, Abk. für → Vickershärte.

HW, Abk. für Hochwasser, → Wasserstand.

Hyalosiderit, → Olivine.

Hyazinth, eine Varietät des → Zirkons.

Hybridrechenautomat, ein → Rechenautomat, in dem die Informationen teils in digitaler, teils in analoger Form verarbeitet werden. Ziel des Baues von H.en ist es, die Vorteile des Digitalrechenautomaten (hohes Speichervermögen, große Rechengenauigkeit) mit denen des Analogierechenautomaten (stetiges Arbeiten, Lösung der Aufgaben in einem Schritt und damit hohe Rechengeschwindigkeit) zu vereinen. Die bisher gebauten H.en sind entweder durch Speicher und digitale Steuer- und Recheneinheiten erweiterte → Analogierechenautomaten oder durch analoge → Peripheriegeräte ergänzte → Digitalrechenautomaten, oder sie stellen Kopplungen kompletter Analogie- und Digitalrechenautomaten dar. Spezial-H.en sind z. B. digitale Differentialanalysatoren (digitale Integrieranlagen) und Optimisatoren (Aufsuchen der Extrema einer Funktion von mehreren Veränderlichen unter Nebenbedingungen).

Hybridtechnik, → Mikroelektronik.

Hydrargillit, → Bauxit.

Hydratasen, zu den Lyasen gehörende Fermente, die die Anlagerung von Wasser an Doppelbindungen oder die Abspaltung von Wasser aus Hydroxyverbindungen bewirken.

Hydratation, Anlagerung von Wassermolekülen an gelöste Stoffe (Ionen, Moleküle, Kolloide). Die bei der H. entstehenden Produkte heißen → Hydrate. Die H. ist ein Spezialfall der Solvatation. Sie ist besonders wichtig für die Beständigkeit von Eiweißlösungen und für die Wasserlöslichkeit von Elektrolyten. Die Anzahl der von einem Ion gebundenen Wassermoleküle, die **Hydratationszahl,** hängt von Größe und Ladung des Ions ab, sie ist ein statistischer Mittelwert und läßt sich nur ungefähr angeben. Die H. der Ionen ist ein exothermer Vorgang, die dabei umgesetzte Energie heißt **Hydratationsenergie.**

Hydrate, Verbindungen, die durch Anlagerung von Wasserdipolen an Ionen oder Moleküle entstehen (Hydratation). In wäßriger Lösung ist die Zahl der gebundenen Wassermoleküle nicht genau bestimmbar. Bei festen, kristallwasserhaltigen Verbindungen ist das Hydratwasser entweder koordinativ gebunden (→ Komplexchemie), oder es besetzt als Kristallwasser bestimmte Stellen im Kristallgitter, z. B. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

Hydraton, ein künstlicher anorganischer Dichtungsstoff. Er besteht aus einem Grundstoff (Erdart von Schluff bis Kies) mit einem guten hydratationsfähigen Ton, Natronwasserglas und Soda. Man verwendet ihn vor allem bei Erdstaudämmen, Flußläufen, Hafenbecken u. a. zur Dichtung der Böschungen und Sohlen. H. hat thixotrope Eigenschaften, → Thixotropie.

Hydraulik, 1) nach vereinfachenden Annahmen und unter Benutzung von Erfahrungswerten zu behandelnde Mechanik inkompressibler Flüssigkeiten. Die H. hat besondere Bedeutung bei der Berechnung von Rohrleitungen, Kanälen und hydraulischen Systemen (Steuerungen und Kraftübertragungen).

Lit. Kozeny: H. (Wien 1953).

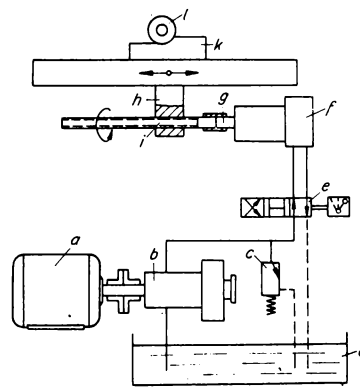
2) svw. → hydraulischer Antrieb.

hydraulische Baustoffe, → Bindemittel und → Mörtel, die unter Wasser erhärten.

hydraulische Förderung, Hydroförderung, die Förderung von Schüttgütern mit Hilfe eines Wasserstromes in einem Rohrleitungssystem. Die h. F. wird z. B. für Kohle, Salz, Versatz (Spülversatz), Rüben, Asche sowie Baggergut (An- und Aufspülen von Erde u. a.) angewendet. Wasser und Fördergut werden gemischt und gemeinsam durch eine Pumpe geführt, die das gesamte Gemisch bewegt, oder das Wasser strömt allein durch die Pumpe, und das Fördergut wird nachträglich durch besondere Vorrichtungen, wie Kammerschleusen oder Kolbenschleusen, oder mit Hilfe von Strahlapparaten eingegeben. Eine einfache Form ist die hydraulische Verladung oder Entladung von Kohle, Rüben u. a. mit Hilfe eines Wasserstrahls aus einem Monitor (→ hydromechanische Gewinnung).

hydraulischer Antrieb, hydraulisches Getriebe, Hydraulik, Antrieb für Arbeitsmaschinen, bei dem zur Kraftübertragung ein flüssiger Füllstoff verwendet wird, und zwar vorwiegend Mineralöl (*Hydrauliköl*), mitunter auch Wasser oder Glyzerin. H. A. ermöglicht die Übertragung großer Kräfte mit einfachen Elementen und die stufenlose Änderung von Arbeitsgeschwindigkeiten. In der Regel besteht ein h. A. aus einer angetriebenen Pumpe (*Hydropumpe*) als Ölstromerzeuger, einem → *Hydromotor*, der die hydraulische Energie in mechanische Arbeit umwandelt, sowie aus Steuer- und Regelorganen. Bei der **Elektrohydraulik** führt der hydraulische Teil die Kraftverstärkung und -übertragung aus, während der elektrische Teil vorteilhaft zur Regelung und Schaltung des hydraulischen A.s genutzt wird. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man hydraulische A.e, die nach hydrostatischem, und solche, die nach hydrodynamischem Prinzip arbeiten.

1) Beim *hydrostatischen Prinzip* wird die potentielle Energie (Druckenergie) der Betriebsflüssigkeit ausgenutzt. Es kommt in Betracht, wenn eine starre Kraftübertragung gefordert wird, z. B. für Schnitt- und Vorschubantriebe von Werkzeugmaschinen (Abb.) und für hydraulische



Hydraulischer Vorschubantrieb einer Fräsmaschine. *a* Elektromotor, *b* Hydropumpe, *c* Sicherheitsventil, *d* Ölbehälter, *e* Umsteuerschieber, *f* Hydromotor mit Wellenstumpf *g*, *h* Vorschubtisch mit Spindel *i*, *k* Werkstück, *l* Fräser

Pressen. Bei Anwendung einer Pumpe mit regelbarer Fördermenge ist stufenlose und feinfühlige Änderung der Bewegungsgeschwindigkeit des Hydromotors möglich. Der Einbau eines Sicher-

heitsventils in den Drucköl-Kreislauf gewährleistet einen einfachen und idealen Überlastungsschutz der angetriebenen Arbeitsmaschine. Der Betriebsdruck beträgt bei hydrostatischen Antrieben von Werkzeug- und Verarbeitungsmaschinen normal bis 100 at, bei solchen von Kraftmaschinen, z. B. von hydraulischen Pressen, bis zu 350 at.

2) Beim *hydrodynamischen Prinzip* wird die kinetische Energie (Strömungsenergie) der Betriebsflüssigkeit ausgenützt. Es wird angewendet, wenn eine elastische Kraftübertragung erforderlich ist, z. B. beim → Strömungsgetriebe und bei der hydraulischen → Kupplung.

Hydraulische A.e werden in zunehmendem Maße in der Technik gewählt, weil sie im Gegensatz zu mechanischen Antrieben keine kraftverzehrenden Übertragungselemente (Zahnräder, Kolben, Gestänge, Gelenkwellen) enthalten und weil sie auf die für den jeweiligen Arbeitsgang wirtschaftlichste Geschwindigkeit einstellbar sind, wodurch sie einen besseren Wirkungsgrad haben als mechanische Antriebe. Beispiele sind außer den bereits genannten Anlagen auch der Kraftheber, hydraulisch angetriebene Winden und Spille sowie elektrohydraulische Ruder- und Schottenschließanlagen auf Schiffen, Einrichtungen zum Aus- und Einfahren sowie Abbremsen des Fahrwerkes von Luftfahrzeugen, hydraulische Bremsen in Kraftfahrzeugen, hydraulisch versenkbare Bühnenpodien, hydraulische Anlagen zum Einschieben des Brenngutes in Öfen und hydrostatische Getriebe für Räder- und Gleiskettenfahrzeuge.

Lit. Chaimowitsch: Ölhydraulik (dtsch 7. Aufl. Berlin 1967); Wechmann: Hydraulik (2. Aufl. Berlin u. Wiesbaden 1958); Vogt: Grundlagen der Hydraulik (3. Aufl. Berlin 1967).

hydraulischer Radius, das Verhältnis r_h zwischen der Fläche A und dem benetzten Umfang U des Querschnittes eines durchströmten kanalförmigen Bauteiles. $r_h = \frac{A}{U}$. Der hydraulische R. steht in Beziehung zum **gleichwertigen Durchmesser** d_g, der gleich dem Durchmesser d des flächengleichen Kreises ist. Aus $d_g = \frac{4A}{U}$ folgt $r_h = \frac{d_g}{4}$.

hydraulischer Transformator, svw. → Flüssigkeitsgetriebe.

hydraulischer Wandler, svw. → Flüssigkeitsgetriebe.

hydraulischer Widder, svw. → Stoßheber.

hydraulisches Getriebe, svw. → hydraulischer Antrieb.

Hydrazin, Diamid, $H_2N—NH_2$, eine farblose, giftige Flüssigkeit (Kp. 113,5 °C). H. ist stark basisch, mit Säuren bildet es Salze, die **Hydraziniumsalze,** z. B. Hydraziniumchlorid $[N_2H_5]^{\oplus}Cl^{\ominus}$. Man erhält H. z. B. durch Oxydation von Ammoniak mit Natriumhypochlorit. Es dient vor allem als Reduktionsmittel, im Gemisch mit sauerstoffabspaltenden Verbindungen als Raketentreibstoff, ferner als Lösungsmittel für verschiedene anorganische Verbindungen.

Hydrazingelb O, svw. → Tartrazin.

Hydrazobenzol, Diphenylhydrazin, $C_6H_5—NH—NH—C_6H_5$, eine aromatische Aminoverbindung. H. kristallisiert in farblosen Täfelchen (F. 127 °C), die sich an der Luft rot färben (Bildung von Azobenzol). H. entsteht durch Reduktion von Nitrobenzol in alkalischer Lösung und wird durch Säuren in Benzidin umgelagert.

Hydrazone, Kondensationsprodukte von Hydrazin oder seinen Substitutionsprodukten mit Aldehyden und Ketonen. H. sind wegen guter Kristallisierbarkeit zum Nachweis von Karbonylgruppen geeignet.

Hydride, Verbindungen des Wasserstoffs mit Metallen oder Nichtmetallen. Man unterscheidet 4 Gruppen: 1) Die **salzartigen H.** (H. im engeren Sinne) werden von Wasserstoff mit fast allen Alkali- und Erdalkalimetallen gebildet, z. B. NaH, KH, CaH_2. Sie sind heteropolare Verbindungen, bei denen der Wasserstoff der elektronegative Bestandteil ist. Auf Grund ihrer reduzierenden Wirkung dienen sie zur Darstellung von Metallen und zum Hydrieren. 2) Die **gasförmigen** oder **flüchtigen H.,** zu denen die H. der Nichtmetalle und einiger Metalle (z. B. Gallium, Germanium, Zinn, Blei, Antimon und Wismut) gehören, haben im allgemeinen Atombindung. Hierzu zählen z. B. die Kohlenwasserstoffe, die Halogen- und Phosphorwasserstoffe, Wasser, Schwefelwasserstoff und Ammoniak. 3) Die **metallartigen H.** werden hauptsächlich von den Elementen der Nebengruppen des Periodensystems gebildet. Sie haben keine stöchiometrische Zusammensetzung und dienen häufig als Hydrierkatalysatoren. 4) Die **hochpolymeren H.** sind einige feste Wasserstoffverbindungen, die zwischen den salzartigen und gasförmigen H.n stehen. Ein Beispiel hierfür ist Aluminiumhydrid $[AlH_3]_x$.

Hydrierung, allgemein die Umwandlung chemischer Verbindungen durch Anlagern (Addition) von Wasserstoff. Sie erfolgt meist bei erhöhten Temperaturen und Drücken in Gegenwart von Katalysatoren (**katalytische Druckhydrierung**). Hydrierungsvorgänge verlaufen im allgemeinen unter Wärmeentwicklung (exotherme Prozesse).

1) Bei der H. von Kohle und anderen festen organischen Stoffen werden durch die Einwirkung und Anlagerung von Wasserstoff feste Körper unter Verkleinerung der Molekülgröße in flüssige umgewandelt. Die H. hochsiedender flüssiger Stoffe, z. B. Teere, Erdöle und Mineralöle, bewirkt unter entsprechenden Bedingungen ebenfalls eine Umwandlung größerer Moleküle in kleinere. Da bei allen diesen Vorgängen eine Aufspaltung von Molekülen erfolgt, werden diese Operationen als spaltende oder destruktive H. bezeichnet. Im Gegensatz dazu bezweckt die raffinierende H. eine Veredlung von Teeren, Ölen und Benzinen durch Entfernung von störenden Verbindungen, z. B. Alkenen, oder solchen, die Sauerstoff, Schwefel oder Stickstoff enthalten. Eine Umwandlung von größeren in kleinere Moleküle erfolgt hierbei nur in geringem Umfang.

a) **Spaltende (destruktive) H.** M. Berthelot erhielt 1870 beim Erhitzen von Steinkohle mit Jodwasserstoff unter Druck flüssige Kohlenwasserstoffe. F. Bergius gelang es 1913, erstmalig Kohle durch Einwirkung von technischem Wasserstoff bei erhöhter Temperatur (400 bis 500 °C) und hohem Druck (100 bis 200 at) teilweise in flüssige Produkte umzuwandeln (**Bergius-Verfahren, Kohleverflüssigung**). Die zu diesem Prozeß notwendigen Hochdruckapparaturen müssen aus wasserstoff- und schwefelresistenten Stahlsorten bestehen. 1924 entdeckte M. Pier die ersten Katalysatoren (Molybdän- und Wolframsulfide), die durch den Schwefel der Rohstoffe nicht vergiftet wurden, und unterteilte das Verfahren in die Sumpfphase, bei der in flüssiger Phase gearbeitet wird, und die Gasphase.

α) *Sumpfphase.* Rohstoffe sind z. B. Kohle, Teer, Erdöle, Teer- und Erdölrückstände und Peche. Teere und Erdöle werden zunächst in einen bis 325 °C (bei Teer) oder 340 °C (bei Erdöl) siedenden Anteil und einen Rückstand zerlegt (*Top-Destillation*). Nur der Rückstand wird der Sumpfphase zugeführt, während das Destillat in der Gasphase hydriert wird. Bei der H. von Kohle muß diese nach entsprechender Trocknung und Vorzerkleinerung zunächst mit einem Anreibeöl angemaischt werden, um ein pump-

fähiges Produkt zu erhalten. Das Einsatzmaterial wird mit einem Kontaktbrei, z. B. Lux- oder Bayer-Masse von der Aluminiumfabrikation, Eisen(II, III)-oxid oder auch Eisensulfat auf feinstzerkleinerter aktiver Kohle, mit Öl zu Brei angeteigt, vermischt. Nach Zusatz des erforderlichen komprimierten Wasserstoffes übernimmt das Kohle- oder Öl-Gas-Gemisch in Wärmeaustauschern die aus dem abfließenden Reaktionsprodukt verfügbare Wärme und wird anschließend in Vorheizern auf die Kammereingangstemperatur (450 bis 460 °C) gebracht. In den Hochdrucköfen erfolgt dann die Umsetzung mit dem Wasserstoff unter Wärmeentwicklung. Durch Zugabe von Kaltgas werden in den Reaktionsöfen Temperaturen von 470 bis 490 °C eingehalten. Die Drücke liegen oberhalb 200 at. Bei Steinkohlen werden vorteilhaft Drücke von 700 at angewendet.

Die gasförmig abgehenden Kohlenwasserstoffe werden in Wärmeaustauschern und anschließend in Kühlern weiter bis zur Verflüssigung abgekühlt und in schräg geneigten Gefäßen, den Abstreifern, in zwei Stufen entspannt. Hierbei entwickelt sich Gas, das Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe enthält. Das bei der Entspannung abgezogene Kondensat besteht aus einer Ölschicht, dem Abstreiferprodukt, und einer wäßrigen Schicht. Das Abstreiferprodukt wird destillativ in Benzin, A-Mittelöl, das zwischen 180 und 325 °C siedet, und Schweröl zerlegt. Das Schweröl, das zu 40 % anfällt, geht in die Sumpfphasenhydrierung zurück. Das A-Mittelöl kommt zur Gasphasehydrierung, falls es nicht direkt als Dieselöl verwendet wird. Die gasförmigen Kohlenwasserstoffe, wie Propan und Butan, werden komprimiert und als Flüssiggase an Stelle von Benzin als Treibstoff oder für petrolchemische Produkte eingesetzt. Der kontakthaltige Abschlamm wird durch Zentrifugieren und anschließende Schwelung entölt. Das anfallende Öl wird als Anreibeöl verwendet.

Die bei der H. auftretende Reaktionswärme kann durch Einpressen von kaltem Wasserstoff (Kaltgas) abgeführt werden. Die Öfen eines Aggregates (Abmessungen: lichter Durchmesser 0,8 bis 1,2 m, Länge 12 bis 18 m), meist 3 bis 5 Stück hintereinandergeschaltet, werden aus Sicherheitsgründen in einer Ofenkammer aus Stahlbeton untergebracht.

β) Gasphase. Hier führt die spaltende H. zur Gewinnung von Benzin, Leuchtöl und Gasöl. Man zerlegt die Gasphase meist in zwei Arbeitsgänge.

Vorhydrierung. Das A-Mittelöl wird über einem festangeordneten Kontakt der Zusammensetzung 70 % aktive Tonerde (Aluminiumoxid), 25 % Wolframsulfid und 5 % Nickelsulfid unter hohem Druck (300 at) bei 360 bis 445 °C mit Wasserstoff raffinierend behandelt, um schädliche Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen zu entfernen. Arbeitsgang und apparative Einrichtungen der Vorhydrierung ähneln denen der Sumpfphase, d. h., das Mittelöl wird komprimiert und zusammen mit komprimiertem Wasserstoff (Kreislaufgas) über Wärmeaustauscher und Vorheizer der Reaktionskammer zugeführt. In den Öfen, die ebenfalls mit Kaltgasrohren ausgestattet sind, ist jedoch der Kontakt auf Rosten fest angeordnet. Das Reaktionsprodukt wird nach Wärmeaustausch und Kühlung in einem Abscheider in flüssige und gasförmige Anteile getrennt. Den flüssigen Anteil zerlegt man durch Destillation in Vorhydrierbenzin und nicht umgesetztes Mittelöl, das entweder direkt als hochwertiges Dieselöl weiterverwendet oder der Benzinierung zugeführt wird. Das Vorhydrierbenzin muß zur Verbesserung des Klopfwertes (Oktanzahl) reformiert werden (→ Reformieren).

Benzinierung. Zur Aufspaltung des Mittelöls arbeitet man bei Temperaturen von etwa 400 °C und 230 bis 300 at Wasserstoffdruck. Der fest angeordnete Kontakt besteht aus 10 % Wolframsulfid auf Bleicherde oder synthetischen Aluminiumsilikaten als Trägern. Die apparativen Einrichtungen der Benzinierung sind denen der Vorhydrierung sehr ähnlich, allerdings erfolgt die Benzinierung nicht in einem Durchgang. Nach der destillativen Zerlegung des Reaktionsproduktes wird der Nichtbenzin-Anteil erneut der Benzinierung zugeführt.

Man hat versucht, Vorhydrierung und Benzinierung zu vereinigen und mit einem Kombinationskontakt aus Wolframsulfid auf durch Flußsäure aktivierte Bleicherde zu arbeiten, doch sind hierfür nur sauerstoff- und stickstoffarme Mittelöle geeignet.

Bei einem in neuerer Zeit entwickelten Einstufenverfahren zur direkten Überführung von Erdöl in Benzin (**Kombihydrierung**) hydriert man bei 600 at Wasserstoffdruck und arbeitet auch in der Sumpfphase mit einem fest angeordneten Katalysator aus Molybdän-Wolfram-Sulfid mit Aluminiumsilikat als Träger.

b) **Raffinierende H.** *α) Hochdruckraffination.* Hierzu gehören die oben beschriebene Vorhydrierung und das *TTH-Verfahren* (*Tief-Temperatur-H.*). Bei diesem werden Rohstoffe mit niedrigem Asphaltgehalt, wie Teere, Schiefer- und Erdöle, in gemischter Flüssig- und Gasphase mit festem, wenig spaltendem, aber gut raffinierendem Kontakt (Wolframsulfid-Nickelsulfid-Tonerde-Kontakt) einer raffinierenden Behandlung mit Wasserstoff unterzogen, wobei Asphalt und Harz in Kohlenwasserstoffe verwandelt und Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen entfernt werden. Die hochmolekularen Anteile werden zufolge der niedrigen Temperaturen nicht abgebaut, so daß man aus dem Raffinat neben geringen Benzinmengen Dieselöle, Schmieröle und Paraffine gewinnt. Man arbeitet bei Temperaturen von 280 bis 340 °C und mit 300 at Wasserstoffdruck. Die Apparatur ähnelt der Vorhydrierung. Mit denselben Rohstoffen, jedoch bei etwas höheren Temperaturen, 340 bis 370 °C, arbeitet das *MTH-Verfahren* (*Mittel-Temperatur-H.*). Endprodukte sind hierbei im wesentlichen Gasöl und Benzin. Als Katalysator dient reines Wolframsulfid.

β) Mitteldruckraffination. Dieses Verfahren wurde 1927 in Deutschland entwickelt, doch großtechnisch erst nach dem II. Weltkrieg in den USA angewendet. Bei der Mitteldruckraffination setzt man Destillations- und Krackprodukte aller Siedebereiche vom Benzin bis zum Vakuumdestillat aus Erdölen, Schmierölen und Kohlen ein. Sie werden weitestgehend von störenden Verunreinigungen, wie Alkenen, Sauerstoff-, Schwefel- und Stickstoffverbindungen, befreit (z. B. Unifining-Verfahren). Man arbeitet bei Temperaturen zwischen 200 und 430 °C, der Druck schwankt zwischen 3 und 70 at. Als Kontakte haben sich besonders die Oxide von Molybdän und Kobalt auf Tonerde und Bauxit als Träger, aber auch Nickel- und Wolframsulfide bewährt. Sie sind wie in der Vorhydrierungsapparatur fest angeordnet, die Regeneration erfolgt bei Koksabscheidung durch Abbrennen mit Luft. Die Verfahren der Mitteldruckraffination konnten sich entwickeln, seitdem in großen Mengen billiger Wasserstoff aus den Reformierprozessen zur Verfügung steht.

Zur Mitteldruckraffination ist ferner die Druckraffination von Rohbenzol zu zählen, das hierdurch von Verunreinigungen, insbesondere Thiophen, unter Umgehen der lästigen Schwefelsäurebehandlung befreit werden kann. Man arbeitet bei 350 °C mit Kobaltoxid-Molybdän-

oxid-Katalysatoren. Mit diesem Verfahren wird in der Großindustrie seit 1950 gearbeitet.

Lit. Asinger: Chemie und Technologie der Paraffin-Kohlenwasserstoffe (Berlin 1959), Einführung in die Petrolchemie (Berlin 1959); Höring u. Wolle: Katalytische H. in Lissner-Thau: Chemie der Braunkohle, Bd 2 (Halle 1952); Prinzler: Einführung in die Technologie des Erdöls (Leipzig 1961); Rammler u. v. Alberti: Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1962); Rieche: Grundriß der technischen organischen Chemie (Leipzig 1965).

2) Auch die **Fetthärtung** erfolgt durch H. mit Nickel als Katalysator.

Hydroabbau, svw. → hydromechanische Gewinnung.

Hydroakustik, Wasserschalltechnik, ein Teilgebiet der Elektroakustik, untersucht die Schallausbreitung im Wasser und befaßt sich mit deren Anwendung für wirtschaftliche und militärische Zwecke. Als Schallempfänger und -sender dienen spezielle elektroakustische Wandler, → Hydrophon. Die technisch wichtigste Anwendung findet die H. bei Schiffsnavigationsanlagen (z. B. Echolot) und bei Geräten zur → Fischortung (Fischlupe); weitere hydroakustische Geräte sind Unterwasserhorchgeräte für Forschungszwecke und militärische Anwendungen (→ hydroakustische Stationen).

hydroakustische Stationen, an Bord von Kriegsschiffen befindliche Stationen zur Ortung von Über- und Unterwasserobjekten mit Methoden der → Hydroakustik. H. S. können passiv oder aktiv arbeiten. Passive h. S. nehmen wie Mikrophone nur die Geräusche des Meeres und die Geräusche der Schiffsschrauben auf. Mit solchen Stationen kann man nur die Richtung bestimmen. Aktive h. S. senden einen Ultraschallimpuls aus, der beim Auftreffen auf ein Hindernis reflektiert wird; das Echo wird vom Empfänger der Station wieder aufgenommen. Mit solchen Stationen kann man sowohl die Richtung als auch die Entfernung bestimmen (→ Ultraschallortung).

Hydroaromaten, → Kohlenstoffverbindungen.

Hydrochinon, p-Dihydroxybenzol, $C_6H_4(OH)_2$, ein zweiwertiges Phenol. H. bildet farblose süßschmeckende Kristalle (F. 172 °C). Es ist ein starkes Reduktionsmittel. Technisch gewinnt man es nach einem Reppe-Verfahren aus Äthin und Kohlenmonoxid. Man verwendet es vorwiegend als photographischen Entwickler.

Hydrodynamik, ein Teilgebiet der Hydromechanik und der Strömungslehre. Die H. ist die Lehre von den Bewegungsgesetzen der Flüssigkeiten und der Gase bei kleinen Strömungsgeschwindigkeiten. Von den Erhaltungssätzen sind die drei folgenden für Berechnungen in der H. von Bedeutung. 1) Aus dem Erhaltungssatz der Masse ergibt sich die → *Kontinuitätsgleichung.* 2) Der Erhaltungssatz des Impulses (→ Newtonsche Axiome) ergibt bei der Anwendung auf ein Massenelement einer idealen, d. h. reibungsfreien Flüssigkeit die *Eulerschen Bewegungsgleichungen,* die einen Zusammenhang zwischen Druck, Dichte und Geschwindigkeiten in allen 3 Koordinatenrichtungen herstellen. Für reale Flüssigkeiten mit Reibung führt dies zu den *Navier-Stokesschen Gleichungen,* bei denen noch zusätzlich die Reibungskräfte auftreten. Auf ein Kontrollvolumen angewendet, gibt der Impulssatz die Möglichkeit, Kraftwirkungen der Strömung (auch mit Reibung) zu berechnen. 3) Der Erhaltungssatz der Energie führt zum *Energiesatz,* der außer den bei der → Bernoullischen Gleichung enthaltenen Energieformen noch die Enthalpie berücksichtigt. Für Potentialströmungen (→ Strömungslehre) gilt außerdem noch der Satz von der *Drehungsfreiheit,* d. h., die Rotation ist in allen Punkten des Strömungsfeldes Null.

Die Vorgänge in elektrisch leitenden strömenden Medien untersucht die → Magnetohydrodynamik.

Lit. → Hydromechanik.

hydrodynamischer Druck, → Bernoullische Gleichung.

hydrodynamisches Getriebe, svw. → Strömungsgetriebe.

hydrodynamisches Paradoxon, die Erscheinung, daß bei der Einleitung eines Gas- oder Flüssigkeitsstromes zwischen zwei parallele Platten (von denen eine beweglich ist) durch eine zentrale Öffnung in der festen Platte die bewegliche Platte nicht abgestoßen, sondern angezogen wird. Das hydrodynamische P. beruht darauf, daß der Außendruck größer als der Druck in dem strömenden Medium ist.

Hydroförderung, svw. → hydraulische Förderung.

Hydroforming-Verfahren, → Reformieren.

Hydroformylierung, svw. → Oxosynthese.

Hydrogenium, → Wasserstoff.

Hydrographie, Hydrologie, Gewässerkunde, ein Teilgebiet der Geophysik, die Wissenschaft von Vorkommen, Verbreitung, Bewegung, Wasserhaushalt und Leben aller stehenden und fließenden ober- und unterirdischen Gewässer des Festlandes. Besondere Zweige der H. sind Seenkunde (Limnologie), Flußkunde (Potamologie), Quellenkunde und Grundwasserkunde sowie die Lehre von der Geschiebebewegung in Flüssen. Das in den Gletschern und Inlandeismassen enthaltene Wasser ist Gegenstand der → Glaziologie.

hydrojet, → Wasserstrahlantrieb.

Hydrolasen, eine Gruppe der → Fermente.

Hydrologie, svw. → Hydrographie.

Hydrolyse, im engeren Sinne die Zerlegung eines Stoffes durch Wasser. Löst man Salze in Wasser, so tritt im allgemeinen vollständige Dissoziation des Salzes in Ionen ein. Da auch das Wasser teilweise in Ionen gespalten ist, liegen in der Lösung im Gleichgewicht nebeneinander die Kationen K^+ und Anionen A^- des Salzes KA sowie Hydroniumionen H_3O^+ und Hydroxidionen OH^- vor: $KA \rightleftharpoons K^+ + A^-$, $2\,H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$, $H_2O + HA \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$ und $KOH \rightleftharpoons K^+ + OH^-$. Handelt es sich um das Salz einer starken Säure mit einer starken Base, z. B. Natriumchlorid NaCl, so bestehen die vier Ionen Na^+, Cl^-, H_3O^+ und OH^- unverändert nebeneinander, die Lösung reagiert neutral. Anders dagegen, wenn es sich um das Salz einer starken Säure mit einer schwachen Base, das einer schwachen Säure mit einer starken Base oder das einer schwachen Säure mit einer schwachen Base handelt. In diesen Fällen tritt beim Lösen in Wasser H. ein. Liegt das Salz einer starken Säure mit einer schwachen Base vor, z. B. Ammoniumchlorid NH_4Cl, so setzt sich das Kation des Salzes mit den Hydroxidionen des Wassers zu der wenig dissoziierten Base NH_4OH zusammen. Dadurch entsteht ein Überschuß von Hydroniumionen H_3O^+, wodurch die Lösung sauer reagiert. Die wäßrige Lösung eines Salzes einer schwachen Säure mit einer starken Base reagiert dagegen basisch, da aus der Bildung von undissoziierter Säure ein Überschuß an Hydroxidionen OH^- resultiert.

Den quantitativen Ablauf der H. kann man mit Hilfe des Massenwirkungsgesetzes beschreiben. Danach ist H. das Zusammenwirken des Gleichgewichtes eines schwachen Elektrolyten mit dem Ionengleichgewicht des Wassers.

Der Begriff der H. wird im weiteren Sinne auf den der → Kondensation bzw. Polykondensation entgegengesetzten Vorgang angewandt, so auf die Spaltung von Estern, Kohlenhydraten, Eiweißstoffen.

Hydromechanik, die Lehre vom Gleichgewicht (→ Hydrostatik) und von den Bewegungs-

gesetzen (→ Hydrodynamik) der Flüssigkeiten. Die klassische H. beschäftigte sich vor allem mit idealen Flüssigkeiten, d. h., die Reibung wurde vernachlässigt. Die Begründer der H. waren der Schweizer Mathematiker D. Bernoulli und der Schweizer Naturwissenschaftler Euler.

Lit. Alferjew: H. (dtsch Leipzig 1958); Groth: H. (2. Aufl. Leipzig 1952); Kaufmann: Technische Hydro- und Aeromechanik (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954); Kotschin, Kibel, Rose: Theoretische H. (dtsch Berlin 1954).

hydromechanische Gewinnung, Hydroabbau (Tafel 21), Gewinnung von Kohle, Erz aus Seifen, Sand u. a. durch Losspülen mit einem aus einem Monitor geworfenen Wasserstrahl. Man arbeitet im Tiefbau mit 40 bis 70 at Druck, wobei harte Kohle zuvor durch Schießen aufgelockert wird, und in Tagebauen mit 240 bis 300 at. Anschließend wird das Gut hydraulisch in Rutschen verladen oder vollhydraulisch in einem Rohrleitungssystem bis über Tage gefördert (Förderleistung z. B. 100 bis 150 t Kohle/h). Im weiteren Sinne rechnet man auch das Aussolen von Steinsalzlagern zur h.n G.

Hydrometallurgie, Naßmetallurgie, zusammenfassende Bezeichnung für alle metallurgischen Verfahren zur Gewinnung von Metallen, insbesondere Nichteisenmetallen, aus Erzen mittels wäßriger Metallsalzlösungen. Dazu werden die Erze mit Säuren oder Basen aufgeschlossen, die entstehenden Metallsalze in Lösungen überführt und schließlich die reinen Metalle durch Elektrolyse oder als Metallverbindungen durch Fällung abgeschieden.

Hydrometeore, die Gesamtheit der Ausscheidungen des atmosphärischen Wasserdampfes in fester oder flüssiger Form. H. fallen 1) als Niederschläge (flüssig: Nieseln, Regen; fest: Eisnadeln, Schnee, Griesel, Reifgraupeln, Eiskörnchen, Frostgraupeln, Hagel), werden 2) an festen Gegenständen abgelagert (flüssig: Tau, Beschlag; fest: Reif, Rauhreif, Rauhfrost, Glatteis, Schneedecke, Frostbeschlag), schweben 3) in der Luft (Dunst, Nebel, Wolken) oder werden 4) vom Boden aus in die Luft gewirbelt (Schneetreiben, Schneegestöber, Schneefegen).

Die Bildung der H. beginnt mit der *Kondensation* des Wasserdampfes in der Luft, wobei unter anderem feinste Staubteilchen und Teilchen, die von Verbrennungsvorgängen stammen, als Kondensationskerne (→ Kristallisation) dienen. Regen enthält gelegentlich auch Pollen (Blütenstaub) und Kleinlebewesen, die ihm eine Färbung verleihen (Schwefel-, Blutregen). Kondensation tritt ein bei Abkühlung der Luft unter den → Taupunkt, wie sie durch Ausstrahlung, Berührung mit kalten Flächen oder Gegenständen, adiabatische Ausdehnung infolge rascher Druckabnahme oder Mischung mit kälteren Luftschichten erfolgen kann.

Durch Zusammenfließen (*Koagulation*) von kleinsten Tröpfchen in den Wolken entstehen größere Tropfen, die von der Luftströmung nicht mehr getragen werden und als kleintropfiger Niederschlag (**Nieseln** oder **Sprühregen**; Tropfengröße 0,1 bis 0,7 mm) ausfallen. Großtropfiger **Regen** (0,8 bis 4 mm) bildet sich vermutlich durch Anwachsen von Eiskristallen auf Kosten von Wassertropfen. Bei **Wolkenbruch** beträgt die Tropfengröße 5 bis 8 mm. Größere Tropfen sind nicht möglich, da sie beim Erreichen der maximalen Fallgeschwindigkeit von 8 m/s zerreißen. Mikroskopisch kleine Eiskristalle werden durch Sublimation des Wasserdampfes an ihrer Oberfläche zu **Schnee**, der beim Passieren von Luftschichten mit einer Temperatur über dem Gefrierpunkt schmilzt. Bei strengem Frost fallen sie als regelmäßige sechsstrahlige Gebilde (**Pulverschnee**) zur Erde. Wenn Schneesterne bei weniger tiefen Temperaturen mit anderen Schneekristallen zusammenbacken, so entstehen **Schneeflocken**. Fallen Eis- oder Schneekristalle durch Wolken mit unterkühlten Wassertröpfchen, so setzen sich diese an den Kristallen an und gefrieren sofort; es bilden sich **Griesel** (von kaum 1 mm Durchmesser), bei weiterer Vergrößerung **Graupeln**. **Hagel** (über 5 mm Durchmesser) entsteht durch wiederholtes Anlagern von Eisschichten an einen Eiskristallkern bei mehrfachem Auf- und Absteigen in den starken Vertikalströmungen von Gewitterwolken, was in dem schalenförmigen Aufbau der Hagelkörner deutlich zum Ausdruck kommt.

Bei Temperaturen unter 0 °C können auch unterkühlte Regentropfen bis zum Boden fallen. Beim Auftreffen auf den Boden oder andere feste Gegenstände erstarren sie sofort zu Eis (**Glatteis**). Meist entsteht Glatteis jedoch, wenn Regen auf gefrorenen Boden fällt. Wenn Flächen (Gras, Pflaster, Dächer) oder andere feste Gegenstände (Bäume, Sträucher, Masten) sich unter den Taupunkt der Luft abkühlen, kondensiert der Wasserdampf in flüssiger oder fester Form an ihrer Oberfläche. Liegt der Taupunkt noch über dem Gefrierpunkt, so bildet sich **Tau** in Form von kleinen Tröpfchen, liegt er unter dem Gefrierpunkt, so entsteht **Reif** (**Rauhreif**) als Ansatz von Eiskristallen an dünnen Gegenständen (Drähte und Zweige) durch unmittelbare Sublimation des Wasserdampfes, besonders in Strahlungsnächten. Der **Rauhfrost** ist eine kompakte, amorphe Ablagerung von unterkühltem Nebel an kalten Gegenständen. Er wächst dem Wind entgegen und führt im Gebirge zum Schneebruch der Bäume. Bei stark nässendem Nebel nennt man die Ablagerung **Rauheis**.

Hinsichtlich Intensität und Dauer der Niederschläge unterscheidet man a) den anhaltenden, bei schwacher Luftbewegung gleichmäßig über ein großes Gebiet fallenden **Landregen**, b) den ununterbrochen längere Zeit und sehr reichlich fallenden **Starkniederschlag**, c) den einen kurzen, aber übernormal starken Niederschlag darstellenden **Wolkenbruch**, d) die **Schauer**, aus Haufenregenwolken (Cumulonimbus) fallende mäßige bis starke Niederschläge, die durch einen unvermittelten Beginn und plötzliches Ende, schroffe Schwankungen ihrer Intensität und ein charakteristisches Aussehen des Himmels gekennzeichnet sind. Es gibt Regen-, Schnee-, Graupel- oder Hagelschauer, die häufig von Gewittern begleitet sind.

Über Messung der Niederschläge → Niederschlagsmesser. Über künstliche Erzeugung von Niederschlägen → Klimalenkung.

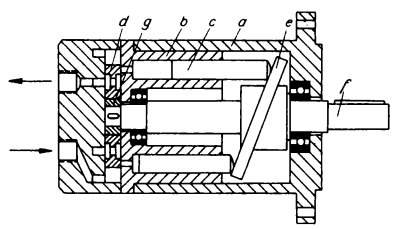
Die **Radioaktivität der H.** wird durch die in ihnen enthaltenen radioaktiven festen Verunreinigungen hervorgerufen. Die natürliche Radioaktivität stammt von den z. B. in den Regentropfen eingeschlossenen radioaktiven Folgeprodukten der Uran-Radium-Zerfallsreihe. Die gefährliche künstliche Radioaktivität wird durch das Einfangen radioaktiver, von Kernwaffenexplosionen herrührender Kernbruchstücke beim Fallen der H. durch die Atmosphäre hervorgerufen. In Zisternen, in denen sich durch Verdunstung von Niederschlagswasser die radioaktiven Spaltprodukte anreichern, sind bereits örtlich die Grenzen der Toleranzdosis erreicht. Weiteres → radioaktiver Niederschlag.

Hydrometer, ein Wasserstandshöhenanzeiger. Die Arbeitsweise entspricht einem Manometer, wobei der Druck durch die darüberstehende Wassersäule erzeugt wird. Die Skale ist in mWS (Meter Wassersäule) geeicht.

Hydromotor, eine in hydraulischen Antrieben verwendete, mit einem flüssigen Füllstoff betriebene Maschine zur Umwandlung von hydraulischer Energie in mechanische Arbeit. Als Betriebsflüssigkeit wird vorwiegend Mineralöl (Hy-

drauliköl) benutzt, das gleichzeitig zur Schmierung des H.s dient. Bei der Mehrzahl der H.en wird die Druckenergie der Betriebsflüssigkeit (hydrostatisches Prinzip, → hydraulischer Antrieb) ausgenutzt. Diese Druckenergie wird durch einen Ölstromerzeuger, in der Regel eine von einer Kraftmaschine angetriebene Hydropumpe, erzeugt.

Man unterscheidet zwei Arten von H.en. 1) H.en zum Erzeugen einer *geradlinigen Bewegung* bestehen aus einem Zylinder, in dem ein Kolben durch das Drucköl hin- und hergeschoben wird. Verwendet werden sie als Vorschubzylinder von Arbeitstischen an Werkzeugmaschinen oder als Kraftzylinder bei hydraulischen Pressen. 2) H.en zum Erzeugen einer *drehenden Bewegung* stellen ein Räder-, Flügel- oder Kolbenkapselwerk dar, das eine Welle in Rotation versetzt. Man nennt sie entsprechend Zahnrad-, Flügelzellen- oder Kolbenhydromotoren. Bei letzteren unterscheidet man Axial- und Radialkolbenhydromotoren. Wirkungsweise eines **Axialkolbenhydromotors** (Abb.): In der Mitte des Motorgehäuses *a* ist ein Zylinderblock *b* mit mehreren achsparallelen Zylindern angeordnet. Die in ihnen frei beweglichen Kolben *c* werden nacheinander von dem durch eine exzentrisch bewegte Steuerscheibe *d* verteilten Drucköl nach vorn geschoben und drücken mit ihren Köpfen auf eine Taumelscheibe *e*. Diese wird dadurch in taumelnde Bewegung versetzt und überträgt die Drehbewegung auf die mit ihr verbundene Antriebswelle *f*. H.en mit drehender



Axialkolbenhydromotor im Schnitt. *a* Gehäuse, *b* Zylinderblock, *c* Kolben, *d* Steuerscheibe, *e* Taumelscheibe, *f* Welle, *g* Exzenter

Bewegung können überall an Stelle von Elektromotoren eingesetzt werden. Ihre Vorteile bestehen in dem infolge geringer umlaufender Massen geringeren Masse-Leistungs-Verhältnis, kleineren Abmessungen, hoher Beschleunigungs- und Verzögerungsfähigkeit und der Möglichkeit zur stufenlosen Drehzahlregelung mit einfachen Mitteln durch Veränderung der zugeführten Ölmenge.

Hydromühle, eine → Stoffmühle.

Hydronalium, Sammelbezeichnung für Aluminiumlegierungen mit 3 bis 9% Magnesium, 0,2 bis 0,8% Mangan und 0,2 bis 1% Silizium, Rest Aluminium (→ Magnalium). H. ist silberglänzend, gut polierbar, schweißbar sowie sehr seewasserbeständig. Es wird verwendet für mittel- und hochbeanspruchte Bauteile, die eine hohe Korrosions- und Seewasserbeständigkeit aufweisen müssen, z. B. im Flugzeug- und Schiffbau, in der chemischen und Nahrungsmittelindustrie.

Hydronblau, ein → Schwefelfarbstoff.

Hydroniumion, Oxoniumion, die positiv geladene Atomgruppierung H_3O^+, die durch Anlagerung eines Protons H^+ an ein Wassermolekül H_2O entsteht und in Wasser und allen wäßrigen Lösungen neben Hydroxidionen enthalten ist, z. B. $2\,H_2O \rightleftarrows OH^- + H_3O^+$. In sauren Lösungen sind H.en überwiegend vorhanden, z. B. $HCl + 3\,H_2O \rightleftarrows 2\,H_3O^+ + OH^- + Cl^-$. Ein substituiertes H. ist das **Oxoniumion.**

Hydroniumionenkonzentration, → pH-Wert.

hydrophil, wasseranziehend.

hydrophob, wasserabstoßend.

Hydrophon, 1) ein elektroakustischer Wandler, der den besonderen Bedingungen der Schallausbreitung im Wasser angepaßt ist (→ Hydroakustik). H.e arbeiten als Aufnahmewandler wie auch als Wiedergabewandler im Hör- und Ultraschallbereich. Für die Übertragung kleiner Schalleistungen, besonders für den Empfang breitbandiger Geräusche, werden piezoelektrische Wandler benutzt; zur Übertragung von Impulsen hoher Schalleistungen (bis zu mehreren Kilowatt) dienen Magnetostriktionswandler.

2) → Seismograph.

Hydrosphäre, → Erde, Abschn. 4.

Hydrostatik, ein Teilgebiet der Hydromechanik, die Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte in ruhenden Flüssigkeiten. Das Grundgesetz der H. besagt: Der Druck im Innern einer ruhenden Flüssigkeit, der *hydrostatische Druck* p, breitet sich nach allen Richtungen hin gleichmäßig aus. Im Schwerefeld wächst er linear mit der Höhe h der Flüssigkeitssäule an, wobei das Produkt aus Dichte ϱ der Flüssigkeit und Erdbeschleunigung g der Proportionalitätsfaktor ist: $p = g\,\varrho\,h$. Horizontalflächen sind Flächen gleichen Druckes, bei geschichteten Flüssigkeiten zugleich Flächen gleicher Dichte. Der Auftrieb eines in die Flüssigkeit getauchten Körpers läßt sich nach dem Archimedischen Prinzip berechnen (→ Auftrieb). Die Gesetze der H. werden in der Technik zum Berechnen hydraulischer Antriebe und hydraulischer Pressen benutzt.

Lit. → Hydromechanik.

hydrostatische Getriebe, → Flüssigkeitsgetriebe.

hydrostatisches Paradoxon, → Bodendruck.

hydrostatische Waage, ein Gerät zur Dichtebestimmung von Festkörpern und Flüssigkeiten durch Ermittlung des Auftriebs. Der zu untersuchende Festkörper wird in Luft (p_L) und dann an einer Waagschale hängend unter Wasser (p_F) gewogen. Die Dichte ergibt sich aus $\varrho = \dfrac{p_L}{p_L - p_F}$. Zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit wird ein Körper mit bekanntem Volumen V zuerst in Luft (p_L) und anschließend in der zu untersuchenden Flüssigkeit (p_F) gewogen. Dann ist $\varrho = (p_L - p_F)/V$.

hydrothermale Phase, → Differentiation.

Hydrotropie, die Erscheinung, daß sich eine in reinem Wasser an sich unlösliche Verbindung, z. B. Phenol, dann auflöst, wenn das Wasser bestimmte Zusätze, **hydrotrope Verbindungen,** enthält. Besonders stark hydrotrop sind Salze aromatischer Sulfosäuren. Man verwendet hydrotrope Verbindungen z. B. beim Trennen und Reinigen in der präparativen Chemie, in der Farbstoffindustrie beim Kuppeln von Diazoverbindungen mit in Wasser unlöslichen Aminen, in der Zellstoffindustrie zur Extraktion des Lignins aus Holz-, Stroh-, Zuckerrohr- und Bambusrohrabfällen.

Hydroxide, Verbindungen aus einem Element und der einwertigen Hydroxidgruppe —OH. H. entstehen durch Vereinigung eines Oxids mit Wasser oder aus Alkalihydroxid und Metallsalzlösungen. Die H. der Alkalien und Erdalkalien sind in Wasser löslich, sie zeigen alkalische Reaktion. Auch viele andere Metallhydroxide verhalten sich basisch, d. h. neutralisieren sich mit Säuren zu Salzen. Außerdem gibt es Metallhydroxide, die mit starken Basen wie eine Säure und mit starken Säuren wie eine Base reagieren, also amphoter sind.

Hydroxy..., → Hydroxyl...

Hydroxybenzoesäuren, Phenolkarbonsäuren, 3 isomere Karbonsäuren des Phenols, von denen

die o-Hydroxybenzoesäure (→ Salizylsäure) die wichtigste ist.

Hydroxyl..., die funktionelle Gruppe —OH, die entweder als Substituent für Wasserstoff oder als instabiles freies Radikal auftreten kann. In den Namen organischer Verbindungen wird die an Kohlenstoff gebundene Hydroxylgruppe mit Hydroxy... bezeichnet, z. B. Hydroxybenzol.

Hydroxylamin, NH_2—OH, eine sich vom Ammoniak NH_3 ableitende chemische Verbindung. H. bildet farblose, hygroskopische, zur Explosion neigende, sich bei 33 °C zersetzende Kristalle. H. reagiert in wäßriger Lösung basisch, bildet mit Säuren Salze, die **Hydroxylammoniumsalze** $[NH_3OH]^{\oplus}X^{\ominus}$, die wie die freie Base stark reduzierende Eigenschaften haben und sehr giftig sind. H. entsteht durch Einwirkung von Natriumnitrit auf eine stark saure Natriumhydrogensulfitlösung. Man verwendet es als Entwickler in der Photographie, als Reduktionsmittel u. a.

Hydroxylzahl, abg. **OHZ**, die Zahl, die angibt, wieviel mg Kaliumhydroxid KOH erforderlich sind, um die von 1 g Fett oder fettem Öl bei der Azetylierung verbrauchte Essigsäure zu neutralisieren.

α-Hydroxypropionsäure, svw. → Milchsäure.

Hydroxysäuren, Karbonsäurederivate, in denen ein oder mehrere Wasserstoffatome des Alkanrestes durch Hydroxylgruppen —OH ersetzt sind. Je nach der Stellung der Hydroxylgruppe am ersten, zweiten, dritten, vierten Kohlenstoffatom, von der Karboxylgruppe aus gerechnet, unterscheidet man α-, β-, γ-, δ-Hydroxysäuren, die in ihrer Anhydridbildung sich sehr verschieden verhalten. Die γ-Hydroxysäuren gehen sehr leicht in Laktone über. H. sind kristalline Verbindungen mit höheren Schmelzpunkten als die entsprechenden Karbonsäuren. Durch die Hydroxylgruppe sind sie leicht in Wasser löslich. Wichtige H. sind Milchsäure, Zitronensäure, Weinsäure, Salizylsäure, Gallussäure und Gallensäuren.

Hydroxytoluole, svw. → Kresole.

Hydroxyklon, → Zyklon.

Hygrometer, ein Gerät zum Messen der → Feuchtigkeit.

hygroskopisch, svw. wasseranziehend. **H.e Verbindungen**, z. B. Schwefelsäure, Kalziumchlorid und Phosphorpentoxid, ziehen Wasserdampf aus der Luft an. Sie dienen vielfach als Trockenmittel in Exsikkatoren.

DL-Hyoszyamin, svw. → Atropin.

Hyperbel (Abb.), ebene Kurve 2. Ordnung, ein → Kegelschnitt, d. h. der Schnitt einer Ebene mit einem Doppelkegel (wobei die Ebene beide Teile des Doppelkegels schneidet). Die H. besteht aus zwei getrennten, ins Unendliche verlaufenden *Ästen* und hat zwei Symmetrieachsen sowie zwei → *Asymptoten*, die einander im Mittelpunkt O der H. schneiden. Man kann die H. auch definieren als geometrischen Ort aller Punkte P, für die die Differenz der Abstände von 2 festen Punkten F_1 und F_2, den *Brennpunkten* der H., einen konstanten Wert $2a$ besitzt: $\overline{PF_1} - \overline{PF_2} = 2a$. Die Verbindungsgerade der beiden Brennpunkte heißt *Hauptachse*, ihre Schnittpunkte mit der H. heißen die *Scheitel* S_1 und S_2 der H. Sie haben den Abstand $2a$. Die Länge $2b$ der *Nebenachse* erhält man, indem man um den Mittelpunkt O der H. den Kreisbogen mit dem Radius $\overline{OF_1} = \overline{OF_2} = e$ schlägt, der die Tangente an die H. im Scheitel S_2 in den Punkten N_1 und N_2 schneidet. Es ist dann $\overline{S_2N_1} = \overline{S_2N_2} = b$, sowie $e^2 = a^2 + b^2$; e heißt die *lineare Exzentrizität*. Die Gleichung der H., bezogen auf ihre Hauptachse als x-Achse und ihren Mittelpunkt als Nullpunkt, lautet $\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$ (Mittelpunktsgleichung). Eine H. mit $a = b$ heißt gleichseitig; ihre Asymptoten stehen aufeinander senkrecht.

Hyperbelfunktionen, hyperbolische Funktionen, transzendente Funktionen, die für reelle Werte der unabhängigen Veränderlichen x in der Theorie der Hyperbel eine ähnliche Rolle spielen wie die trigonometrischen Funktionen für den Kreis und auch von ähnlichen Gesetzen beherrscht werden. Die wichtigsten H. sind *Hyperbelsinus* (Zeichen sinh oder sh, früher Sin), *Hyperbelcosinus*, *Hyperbeltangens*, *Hyperbelkotangens*. Sie sind erklärt durch die Gleichungen:

$$\sinh x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}, \quad \cosh x = \frac{e^x + e^{-x}}{2},$$

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}, \quad \coth x = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}.$$

Der Zusammenhang zwischen den H. und den trigonometrischen Funktionen wird vermittelt durch die Beziehungen

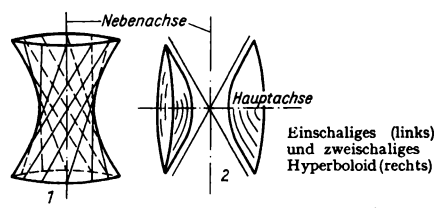
$\sinh x = -i \sin ix$, $\cosh x = \cos ix$,

$\tanh x = -i \tan ix$, $\coth x = i \cot ix$,

wobei $i = \sqrt{-1}$ die imaginäre Einheit ist. Die Umkehrfunktionen der H. heißen → Areafunktionen. Die H. werden auch in Mechanik und Elektrotechnik vielseitig angewendet.

hyperbolische Geometrie, eine → nichteuklidische Geometrie.

Hyperboloid, eine Fläche 2. Ordnung. Man unterscheidet **einschalige** und **zweischalige H.e.** Ein einschaliges Rotationshyperboloid (Abb. 1) entsteht durch die Drehung einer Hyperbel um ihre Nebenachse, während man ein zweischaliges Rotationshyperboloid (Abb. 2) durch die Drehung einer Hyperbel um ihre Hauptachse erhält. Auf dem einschaligen H. liegen, im Gegensatz zum zweischaligen, zwei Schalen von Geraden. Jeder Schnitt einer Ebene mit einem H. ergibt einen Kegelschnitt.



Einschaliges (links) und zweischaliges Hyperboloid (rechts)

Hyperfläche, eine Verallgemeinerung des Begriffs der Fläche in höherdimensionalen Räumen.

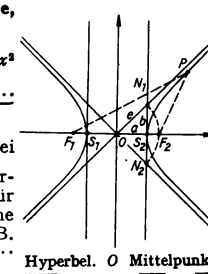
hypergeometrische Reihe, Gaußsche Reihe, die unendliche Potenzreihe

$$F(\alpha, \beta, \gamma; x) = 1 + \frac{\alpha \cdot \beta}{1!\,\gamma} x + \frac{\alpha(\alpha+1)\beta(\beta+1)}{2!\,\gamma(\gamma+1)} x^2 + \ldots + \frac{\alpha(\alpha+1)\ldots(\alpha+n-1)\beta(\beta+1)\ldots(\beta+n-1)}{n!\,\gamma(\gamma+1)\ldots(\gamma+n-1)} x^n + \ldots$$

ist dabei γ von Null und einer negativen ganzen Zahl verschieden. Die h. R. konvergiert für $|x| < 1$. Für $|x| > 1$ ist sie divergent. Aus ihr lassen sich eine ganze Reihe spezieller Funktionen ableiten, z. B. ist $F(1, \beta, \beta; x) = 1 + x + x^2 + \cdots + x^n + \cdots = \frac{1}{1-x}$.

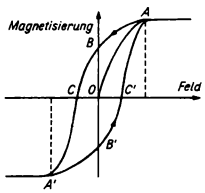
Hypergole, → Raketentreibstoffe.

hyperkomplexes System, ein Begriff der modernen Algebra, der eine Weiterentwicklung der komplexen Zahlen darstellt. Jede komplexe Zahl läßt sich in der Form $a + bi = a \cdot 1 + b \cdot i$, d. h. als Linearkombination der beiden Basiselemente 1 und i mit reellen Zahlen als Koeffizienten schreiben. Durch Verallgemeinerung auf endlich viele Basiselemente $\omega_1, \omega_2, \cdots \omega_n$, für die gewisse Multiplikationsregeln gelten, und Zulassung von Koeffizienten aus einem beliebigen

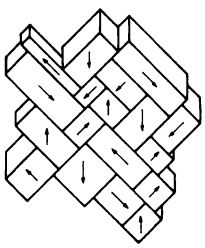


Hyperbel. O Mittelpunkt, $\overline{S_1S_2} = 2a$, $\overline{PF_1} - \overline{PF_2} = 2a$, $\overline{OF_1} = \overline{OF_2} = e$ (lineare Exzentrizität)

Hyperonen



1 Hystereseschleife



2 Eisenkristallit mit Weißschen Bezirken, nichtmagnetisiert. Die Pfeile weisen in Richtung der drei Kanten

Körper *K* gelangt man zu einem hyperkomplexen S. Jedes hyperkomplexe S. ist ein (im allgemeinen nichtkommutativer) Ring. Ein h. S. über dem Körper der reellen Zahlen mit vier Basiselementen bilden die von Hamilton eingeführten **Quaternionen.** Die Basiselemente seien 1, i, j, k. Ihre Multiplikationstabelle ist

1 = Einselement
$i^2 = j^2 = k^2 = -1$
ij = k, jk = i, ki = j
ji = −k, kj = −i, ik = −j.

(Die Multiplikation ist zwar assoziativ, aber nicht mehr kommutativ.)

Die hyperkomplexen S.e werden in Geometrie und Physik mitunter zur Beschreibung komplizierterer Systeme herangezogen.

Hyperonen, zur Klasse der Baryonen gehörende überschwere Elementarteilchen, deren Ruhmasse größer als die des Neutrons ist. Weiteres → Elementarteilchen (Tab.).

Hypersthen, ein → Augit.

Hypochlorite, die Salze der hypochlorigen Säure, → Chlor.

Hypotenuse, in der Mathematik im rechtwinkligen Dreieck die dem rechten Winkel gegenüberliegende Seite.

Hypothese, eine Methode der Erkenntnis, insbesondere der wissenschaftlichen Forschung. Die H. ist ein Versuch, mit Hilfe einer noch nicht bewiesenen, aber wissenschaftlich begründeten Vermutung den Zusammenhang zwischen bestimmten Erscheinungen oder die Ursachen für bestimmte Erscheinungen zu erklären. Damit spielt die H. eine Vermittlerrolle zwischen der beschreibenden und der erklärenden Stufe der Wissenschaft; kann die H. bewiesen werden, so verwandelt sie sich in einen Bestandteil der Theorie.

Hypozentrum, → Erdbeben.

Hypozykloide, → Zykloide.

Hypsometer, Höhenmesser, ein Instrument zur Bestimmung der Höhe eines Beobachtungsortes, und zwar mittels einer Luftdruckbestimmung (± 0,03 mbar) auf Grund der Messung der Siedepunktstemperatur reinen Wassers ($\pm 10^{-3}$ grd). Beim Sieden ist der äußere Luftdruck gleich dem der Siedetemperatur entsprechenden (tabellarisch gegebenen) Dampfdruck. Wegen seiner geringen Masse wurde das H. früher auf Expeditionen zur Höhenbestimmung verwendet. Durch die Methode bedingt, wurde es auch als **Siedebarometer** bezeichnet, wegen des wesentlichen Bestandteiles, nämlich des Spezialthermometers, das bei 100 °C die Ablesung auf 10^{-3} grd ermöglicht, auch als **Siedethermometer,** z. T. auch als **Hypsothermometer.**

Da der relative Fehler der Messung auch bei sehr geringen Drücken (< 10 mbar) bei der Hypsometermethode noch unter 1 % liegt, während er bei der Aneroidmessung (→ Barometer) mit abnehmendem Druck sehr stark steigt (auf etwa 100 %!), werden in neuerer Zeit H. (mit Schwefelkohlenstoff oder Spezialflüssigkeiten mit sehr niedrigen Siedetemperaturen) in Radiosonden verwendet, wobei die Temperaturen mit Halbleiterthermometern (auch Thermistoren) gemessen werden.

hypsometrische Kurve, hypsographische Kurve (Abb.), graphische Darstellung der Verteilung der Höhenstufen auf der Erdoberfläche. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem werden auf der Ordinate die Höhen aufgetragen — von der tiefsten Meerestiefe, dem Philippinengraben (−11516 m), bis zur höchsten Bergeshöhe, dem Mount Everest (8847 m) —, auf der Abszisse die den verschiedenen Höhenstufen entsprechenden Flächenanteile in km² (→ Kontinente).

Hysterese, Hysteresis, das Zurückbleiben der Magnetisierung gegenüber der erregenden magnetischen Feldstärke bei ferromagnetischen Stoffen (→ Magnetismus). Die Kurve, die diese Abhängigkeit darstellt, ist die **Hystereseschleife** (Abb. 1). Erhöht man, vom Zustand Null ausgehend, die magnetische Feldstärke, so steigt die Magnetisierung zunächst schnell, dann immer langsamer an bis zur Sättigung. Dabei wird der Zweig OA, die jungfräuliche Kurve, durchlaufen. Läßt man die magnetische Erregung wieder abnehmen, so bleibt die jetzt von der Magnetisierung durchlaufene Kurve (A über B, C nach A') immer oberhalb der jungfräulichen Kurve. Bei der Erregung Null ist noch die remanente Magnetisierung (*Remanenz*) OB vorhanden. Erst wenn die erregende Feldstärke stark negativ ist, wird die Magnetisierung Null. Die dazu erforderliche Erregung OC ist die *Koerzitivkraft.* Nun wird weiter bis zur Sättigung magnetisiert (A') und dann bei gegen Null gehender und darauf wieder positiv werdender Erregung der untere Zweig (A' B' C' A) der Hystereseschleife durchlaufen.

Die remanente Magnetisierung besitzt für das Arbeiten von Elektromotoren und Generatoren große Bedeutung. Sie kann sich störend auswirken, da beim Durchlaufen der Hystereseschleife Energie verbraucht wird (Wärme). Der Energieverbrauch ist proportional der von der Hystereseschleife umrandeten Fläche. Um diese Energieverluste möglichst klein zu halten, werden Eisensorten mit geringer H. verwendet (→ Eisenverluste). Bei Dauermagneten soll dagegen die Fläche OBC möglichst groß sein.

Vom atomaren Standpunkt aus wird die H. wie folgt erklärt: Jedes Ferromagnetikum besteht aus sehr vielen kleinsten einheitlich magnetisierten Bereichen, den *Weißschen Bezirken.* In unmagnetisiertem Material sind diese Bezirke völlig unregelmäßig orientiert (Abb. 2). Wird von außen ein Magnetfeld angelegt, so richten sie sich aus. Bei Sättigung sind alle Bezirke einheitlich in Feldrichtung ausgerichtet. Bei abnehmender Feldstärke drehen sie sich wieder aus der Feldrichtung heraus. Um den völlig ungeordneten Zustand wieder zu erreichen, ist eine negative Erregung erforderlich.

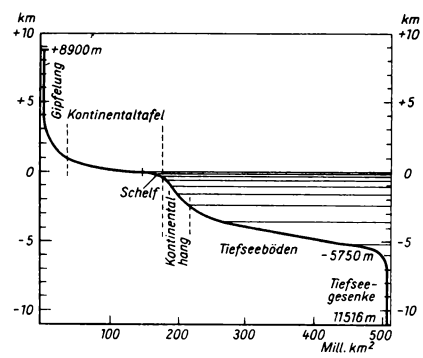
In Analogie zu dieser magnetischen H. steht die **elastische H.,** die eine ähnliche Hystereseschleife ergibt, wenn man die Drehung eines elastischen Körpers als Funktion der Spannung aufträgt.

Ähnliche Hysterese-Erscheinungen beobachtet man auch bei ferro-elektrischen Stoffen. Die H. ist allgemein eine Erscheinungsform der → Relaxation.

Hysteresemotor, eine → elektrische Maschine, die im Ständer wie eine Asynchronmaschine aufgebaut ist, als Läufer jedoch eine massive Walze aus einem Stoff besitzt, der eine breite Hystereseschleife aufweist (→ Hysterese).

Hysteresis, svw. → Hysterese.

Hz, Kurzz. für → Hertz.



hypsometrische Kurve

i, Zeichen für den Momentanwert der → Stromstärke.

I, 1) Zeichen für Effektivwert und Gleichwert der → Stromstärke. 2) Zeichen für → Lichtstärke.

ICAO, Abk. für International Civil Aviation Organization ‚Internationale Organisation der zivilen Luftfahrt', eine Sonderorganisation der UNO. Sitz des Generalsekretariats ist Montreal. Die ICAO soll mit weltweiten Vereinbarungen die notwendigen Voraussetzungen schaffen, um den Verkehr sicher, schnell und planmäßig zu gestalten. Zu den Aufgaben der ICAO gehören unter anderem die Herausgabe von Richtlinien für Flugsicherung, Navigation, Fernmeldewesen, Sicherheitsmaßnahmen und Flughäfen.

Ideal, Begriff der modernen Algebra. Eine Untermenge n eines Ringes R heißt I. dieses Ringes, wenn sie die folgenden Eigenschaften besitzt: 1) Sind a und b Elemente aus n, dann ist auch ihre Differenz $a - b$ in n enthalten. 2) Ist a ein Element aus n und r ein beliebiges Element des Ringes R, so ist das Produkt ar wieder ein Element von n. Beispiel: Im Ring der ganzen Zahlen ist jede Untermenge, die aus den Vielfachen einer bestimmten ganzen Zahl gebildet wird, ein I., z. B. die Gesamtheit aller durch 7 teilbaren Zahlen: 7, 14, 21, 28, ..., 0, −7, −14, ... Das I. ist besonders für die Theorie der Ringe von Bedeutung.

idiomorph, eigengestaltig, Bezeichnung für Kristalle mit charakteristischen, gut ausgebildeten Begrenzungsflächen.

IFF, → Radar, Abschn. 3b).

Ignitron, ein steuerbares Quecksilberdampfventil (→ Stromrichter) für große Stromstärken (einige 100 Ampere, kurzzeitig über 1000 Ampere). Das I. ist ein Einanodengefäß mit einer flüssigen Quecksilberkatode. Die Zündung erfolgt in jeder Periode der Netzspannung neu mit einer in den Quecksilberteich eintauchenden Halbleiterzündelektrode. Liegt an der Zündelektrode eine positive Spannung gegenüber der Katode, so bildet sich dazwischen ein Lichtbogen aus, der sofort die Hauptentladung zwischen Katode und Anode einleitet. Der Lichtbogen erlischt, wenn die Anodenspannung unter den Wert der Bogenspannung (etwa 16 V) sinkt. Durch entsprechende Verzögerung des Zündeinsatzes läßt sich der Mittelwert der Stromstärke stufenlos verändern. Das I. wird als Gleichrichterventil für hohe Stromstärken verwendet, z. B. in Widerstandsschweißgeräten. (Abb.)

IK, Kurzz. für → Internationale Kerze.

Ikonoskop, eine Bildaufnahmeröhre. Das I. ist die erste Röhrentype, bei der das Speicherprinzip verwirklicht wurde (Zworykin, 1934). Sie ist heute weitgehend durch das → Superorthikon ersetzt.

Ikosaeder n**, Zwanzigflächner,** ein von 20 kongruenten gleichseitigen Dreiecken begrenzter regelmäßiger Körper (Abb. → Körper).

Ile, Abk. für Isoleuzin, → Leuzin.

Ilgner-Umformer, ein mit Schwungmasse ausgestatteter → Umformer für den Einsatz in der Leonard-Schaltung. Die in den umlaufenden Schwungmassen gespeicherte kinetische Energie dient dazu, die Belastungsschwankungen des Antriebsmotors vom speisenden Netz des Umformers fernzuhalten.

Illit, eine Mineralgruppe, eigentlich Sammelbezeichnung für glimmerähnliche Tonminerale. Sie unterscheiden sich von den Glimmern durch einen Kaliumunterschuß und einen Wasserüberschuß. I.e kommen in tonigen Sedimenten als kolloidale Verwitterungsrückstände von Schichtmineralen der Ursprungsgesteine vor.

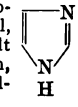
Ilmenit, Titaneisenerz, ein Mineral, wichtigster Titanrohstoff, $FeTiO_3$; trigonal, eisenschwarz bis stahlgrau, Härte nach Mohs 5 bis 6, D. 4,5 bis 5,0 g cm^{-3}. I. kommt vor als Nebengemengteil in Eruptivgesteinen, als selbständiges Differentiat basischer Eruptivgesteine, auch in Pegmatiten, in Klüften metamorpher Gesteine und in Sedimenten. Er wird als Rohstoff zur Gewinnung von Titan für Ferrotitan und von reinem metallischem Titan sowie als Malerfarbe von hoher Deckfähigkeit (Titanweiß) verwendet.

ILS, Abk. für Instrumenten-Lande-System, → Anflug- und Landesysteme.

Image-Orthikon, svw. → Superorthikon.

imaginäre Zahl, → Zahl.

Imidazol, eine Stickstoff enthaltende heterozyklische Verbindung. I. kristallisiert in farblosen Prismen (F. 90 °C), die aus Glyoxal, Formaldehyd und Ammoniak u. a. hergestellt werden können. Derivate des I.s, z. B. Histidin, Histamin und die Purine, sind wichtige Bestandteile von Naturstoffen.



Imidazol

Imide, Imidoverbindungen, Verbindungen, in denen die zweiwertige Gruppe =NH an ein Metall gebunden ist **(Metallimide),** z. B. Lithiumimid Li_2NH, oder die sich formal durch den Ersatz zweier OH-Gruppen einer mehrbasigen Säure oder je einer OH-Gruppe zweier Säuren durch die NH-Gruppe ableiten **(Säureimide),** z. B. Sukzinimid. Die meisten übrigen Verbindungen mit der Gruppe =NH werden als → Imine bezeichnet.

Imine, Iminoverbindungen, 1) Verbindungen, die die Gruppierung =NH doppelt an ein Kohlenstoffatom gebunden enthalten, z. B. Aldimine R—CH(=NH), Ketimine R—C(=NH)—R′ und Iminosäuren R—C(=NH)—COOH.

2) zyklische sekundäre Amine, z. B. Äthylenimin $CH_2—CH_2$ (N, H).

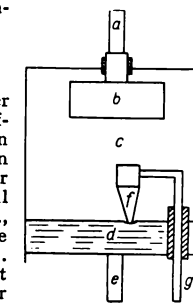
Immersion, ein Verfahren zur Erhöhung der numerischen Apertur des Mikroskops (→ Auflösungsvermögen). Es besteht darin, zwischen Deckglas und Frontlinse des Objektivs, zuweilen auch zwischen Objektträger und Kondensor statt Luft ein Medium mit hoher Brechzahl (Immersionsflüssigkeit) zu verwenden. Ohne I., also beim Trockensystem, kann die numerische Apertur nicht mehr als 0,95 betragen. Durch I. mit Wasser kann man sie auf 1,25, durch I. mit Mononaphthalin auf 1,6 erhöhen. Bei homogener I. ist das Gebiet zwischen Objekt und Objektiv optisch homogen: Deckglas und Immersionsflüssigkeit haben die gleiche Brechzahl.

Impalverfahren [Abk. für Imprägnieren von Aluminium], ein Oberflächenbehandlungsverfahren zum Nachverdichten von anodischen Oxydationsschichten auf Aluminiumwerkstoffen. Es erfolgt durch Einlagerung organischer Kunststoffe in die Mikroporen der Schicht im Tauch- oder Spritzverfahren mit nachfolgender Luft- oder Ofentrocknung.

Impedanz, svw. → Wechselstromwiderstand.

Implosion, im Gegensatz zur Explosion eine plötzliche Zertrümmerung eines unter beliebigem Druck stehenden Gefäßes, wenn der äußere Luftdruck größer ist als der Gasdruck im Innern des Gefäßes. Eine I. tritt besonders bei Dewargefäßen (Thermosgefäßen) und großen Katodenstrahlröhren (Fernsehbildröhren) infolge mechanischer Beanspruchung auf.

Imprägnieren, das Tränken fester Stoffe mit besonderen Lösungen oder Emulsionen, um sie wasserdicht, feuerhemmend (→ Flammenschutzmittel) oder beständig gegen Fäulnis und Schädlinge zu machen. 1) Textilien, z. B. Segeltuch, Zeltbahnen und Regenmäntel, imprägniert man, um das Gewebe wasserabstoßend und damit wasserdicht zu machen. Das waschbeständige I. erfolgt bei Zellulosefaserstoffen mit Pyridiniumverbindungen, bei Wolle mit Stearinsäure-Chrom-Komplexverbindungen, bei Geweben aus synthetischen Faserstoffen mit Silikonen. Mittel für



Ignitron. *a* Anodenanschluß, *b* Anode, *c* Entladungsgefäß, *d* Katode, *e* Katodenanschluß, *f* Zündelektrode, *g* Zündelektrodenanschluß

nicht waschbeständige Imprägnierungen sind Paraffin- oder Wachsemulsionen, Metallseifen und Aluminiumsalze. Zum Trockenimprägnieren in der chemischen Reinigung werden hauptsächlich Metallseifen verwendet. 2) Holz wird zum Schutz gegen Schädigungen durch Pilze, tierische Schädlinge und Feuer imprägniert, → Holzschutz.

Impuls, 1) allgemein: kurzzeitiger, stoßartiger Vorgang, z. B. Stromimpuls, Strahlungsimpuls.

2) Mechanik: das Produkt aus Kraft und Zeit (Dauer der Kraftwirkung), sehr oft auch im Sinne von Bewegungsgröße (Masse · Geschwindigkeit) gebraucht, → Bewegung.

Impulsator, ein → elektronisches Herzreizgerät.

Impulsdichtemesser, ein Gerät zur Messung des zeitlichen Mittelwertes der Impulszahl einer z. B. aus einem Detektor für radioaktive Strahlung (Zählrohr u. dgl.) stammenden Impulsfolge. Ein Maß für die Größe des Zeitraumes, über den die Mittelwertbildung erfolgt, stellt die Integrationszeitkonstante dar. Sie wird bei Messungen zweckmäßigerweise so gewählt, daß einerseits die Anzeige den zu messenden Veränderungen der Strahlungsintensität möglichst rasch folgt, anderseits aber die aus der statistischen Natur des radioaktiven Zerfalls folgenden Schwankungen des Mittelwerts möglichst gering sind.

Impulsechogerät, ein Gerät zur → Ultraschallwerkstoffprüfung und Ultraschalldiagnostik (→ Ultraschalltherapie und -diagnose).

Impulsgeber, svw. → magnetisches Gleisgerät.

Impulsmodulation, Pulsmodulation, abg. **PM,** die Modulation eines hochfrequenten Trägers, der aus rechteckförmigen Impulsen besteht. Eine Folge von Impulsen nennt man Puls. Im wesentlichen unterscheidet man vier verschiedene Arten der I.: 1) **Pulsamplitudenmodulation,** abg. **PAM.** Hierbei wird die Amplitude der Impulse durch den Modulationsinhalt verändert. Da dieses im Prinzip sehr einfache Verfahren im Gegensatz zu anderen Pulsmodulationsverfahren auf dem Übertragungsweg sehr störanfällig ist, konnte es sich nicht durchsetzen. 2) **Pulslängenmodulation,** abg. **PLM,** oder **Pulsbreitenmodulation.** Hier wird die Breite der Impulse durch den Modulationsinhalt beeinflußt. Die Störanfälligkeit ist geringer, jedoch bedingt dieses Verfahren wie die PAM einen schlechten Wirkungsgrad der Senderendstufe. 3) **Pulsphasenmodulation,** abg. **PPM,** oder **Pulslagemodulation.** Hier verändert sich die Lage der Impulse im Rhythmus der Modulation. Die Störanfälligkeit ist gering, der Wirkungsgrad der Senderendstufe besser. Diese Modulationsart wird z. B. bei Geräten für Richtfunkstrecken angewendet. 4) **Pulscodemodulation,** abg. **PCM.** Hier wird der Modulationsinhalt mittels Codierung in Kombinationen von Impulsgruppen umgesetzt. Diese Modulationsart ist sehr störsicher, die Modulation und Demodulation sind jedoch relativ aufwendig.

Lit. Hölzler u. Holzwarth: Theorie und Technik der Pulsmodulation (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957).

Impulsrate, die Impulszahl, die z. B. ein Zählrohr liefert, je Zeiteinheit.

Impulssatz, → Newtonsche Axiome.

Impulstechnik, digitale Technik, ein Verfahren, bei dem die zu übertragenden Zeichen nur durch zwei Zustände gekennzeichnet sind, z. B. „Strom" und „Kein Strom". In der Nachrichtentechnik benutzt man die Häufigkeit, Lage zu einem Bezugspunkt, Anzahl, Dauer sowie Amplitude von elektrischen Größen zur Informationsübertragung. Beim Fernschreiben wird z. B. jedem Buchstaben oder Zeichen eine Impulskombination aus 5 Schritten gemäß dem internationalen Fernschreibalphabet zugeordnet. Beim Hellschreiber (→ Telegrafie) entsteht eine Impulsfolge durch eine Rasterung des zu sendenden Zeichens. Verschiedene Arten der Impulsmodulation sind zur Mehrfachausnutzung von Übertragungswegen geeignet.

Impulsverlustdicke, → Grenzschicht.

in, Kurzz. für → inch.

In, Symbol für → Indium.

INA, Abk. für Internationale Norm-Atmosphäre, die als internationale Norm geltende höhenabhängige Zusammenfassung einiger charakteristischer Größen der Atmosphäre, und zwar der Temperatur, des Druckes und der Dichte, die den Luftzustand für flugtechnische Berechnungen eindeutig charakterisieren.

inch, Kurzz. in oder ", englische Längeneinheit. 1 in = 0,0254 m.

Inchromieren, das Erzeugen chromreicher Oberflächenschichten auf Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt unter 0,1 % zur Erhöhung der Härte, Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit durch Diffusion von Chrom in die Stahloberfläche. Als Chromspender dienen Halogenverbindungen des Chroms bei Temperaturen oberhalb 950 °C. Das I. erfolgt in der Gasphase oder in Salzschmelzen. Es werden mehrere Verfahren unterschieden. Beim **Inkromverfahren** oder **BDS-Verfahren** (Abk. der Erfindernamen Becker, Daeves und Steinberg) benutzt man als Träger für z. B. Chromchlorid eine Mischung aus gekörntem Ferrochrom und poröser keramischer Masse, über die salzsäuregesättigter Wasserstoff bei 1050 °C geleitet wird. Beim **Dichrome-Verfahren** werden die Teile in ein Gemisch aus Ferrochrom, Kaolin und Ammoniumjodid eingebettet. Inchromierter Stahl ist so korrosionsfest wie Chromstahl und bis etwa 800 °C zunderbeständig. Gegenüber Chromstahl wird jedoch nur etwa ein Zehntel der Chrommenge benötigt.

Inconel, eine Legierung aus 80% Nickel, 14% Chrom und 6 % Titan. I. ist korrosionsbeständig und wird im chemischen Apparatebau verwendet.

Indanthrenfarbstoffe, Wz. (WD), eine Gruppe hervorragend licht- und waschechter Farbstoffe aller Farbstoffklassen, besonders der Küpenfarbstoffe der Anthrachinonreihe.

Inden, C_9H_8, ein kondensierter aromatischer Kohlenwasserstoff. I. ist eine ölige Flüssigkeit (Kp. 181 °C), die aus Steinkohlenteer gewonnen wird. Es polymerisiert leicht zu **Indenharz,** das vor allem als Anstrichmittel verwendet wird.

Indeterminismus, eine philosophische Auffassung, die die Determiniertheit (→ Determinismus) der Erscheinungen leugnet. Der I. ist Resultat der Verabsolutierung des Zufalls. Die auf objektiver Notwendigkeit beruhende Gesetzmäßigkeit und ursächliche Bedingtheit der Gegenstände wird verneint. War in der Vergangenheit vor allem das Problem der Willensfreiheit Domäne des I., so beruft er sich in seiner modernen Gestalt vor allem auf die Heisenbergsche Unschärferelation und die Zufälligkeit des Auftretens von Mutationen (erbliche Abänderungen der Merkmale und Eigenschaften von Lebewesen) sowie auf statistische Vorgänge überhaupt, die, weil nicht mit den Begriffen des klassischen mechanizistischen Determinismus beschreibbar, als indeterminiert angesehen werden.

Index, *Plur.* Indizes, 1) an Buchstaben meist unten rechts angefügtes Zeichen (im allgemeinen Zahl oder Buchstabe) zur Unterscheidung gleichartiger Größen, z. B. a_1, a_2, a_n; h_a, h_b, h_c. Sie dienen zur übersichtlichen oder abkürzenden Schreibweise.

2) das Verhältnis zweier zueinander in Beziehung gesetzter Maße.

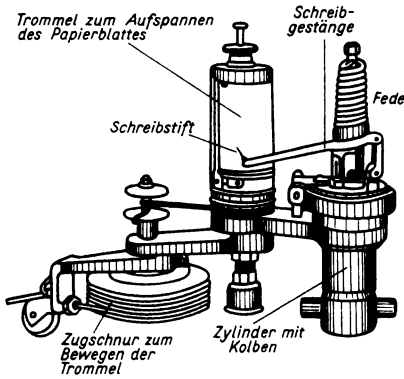
indifferent, Chemie: keine Reaktion mit anderen Stoffen eingehend.

Indigo, Indigoblau, der früher wichtigste organische Farbstoff, ein Derivat des Indols. I. ist ein dunkelblaues, kupferrot schimmerndes Pulver aus der tropischen (indischen) Pflanzengattung Indigofera. Synthetische Gewinnungsverfahren

gehen von Anthranilsäure und Chloressigsäure (*2. Heumannsche Synthese*) oder von Anilin und Äthylenoxid aus. I. ist ein Küpenfarbstoff. Er wird zum Färben von Baumwolle, Wolle und Leinen in einer reduzierenden alkalischen Flüssigkeit, in die der zu färbende Stoff getaucht wird, zu **Indigoweiß** (Leukoindigo) gelöst. Nach dem Herausnehmen ergibt sich auf der Faser unter dem Einfluß des Luftsauerstoffs eine kräftige blaue Farbe.

Indigofarbstoffe oder **Indigoide** sind dem I. strukturell ähnlich gebaute Farbstoffe; z. B. Thioindigo. Diese werden vorwiegend im Zeugdruck verwendet.

Indikator, 1) Maschinenbau: eine Vorrichtung zum Feststellen des Druckverlaufs in den Zylindern von Dampfmaschinen, Verbrennungsmotoren und anderen Kolbenmaschinen. In einem mit dem Zylinder verbundenen Gehäuse bewegt der Dampf oder das Gas einen kleinen federbelasteten Kolben mit Schreibstift, der den



Indikator

Druckverlauf auf der vom Kolben bewegten Schreibtrommel aufzeichnet. Aus dem **Indikatordiagramm** kann man die während eines Kolbenhubes geleistete Arbeit berechnen. Für sehr schnell laufende Maschinen verwendet man elektrisch arbeitende I.en, die auf der Piezoelektrizität von Quarz beruhen.

Lit. Oehmichen: Der mechanische I. (Berlin 1953).

2) Chemie: ein Stoff (oder Stoffgemisch, das Indikatorgemisch), der in einem chemischen System einen bestimmten Zustand anzeigt. Als I.en verwendet man vor allem Farbstoffe oder mit einem Farbstoff getränkte Filterpapierstreifen (**Indikatorpapier,** → Reagenzpapier). Am wichtigsten sind die *p*H-, Metall- und Redoxindikatoren.

1) ***p*H-Indikatoren** sind meist schwache Säuren oder Basen (**Säure-Basenindikatoren**), die beim Übergang aus dem dissoziierten in den undissoziierten Zustand oder umgekehrt entweder ihre Farbe ändern (zweifarbige I.en, z. B. Lackmus und Kongorot) oder eine Farbe annehmen, wenn sie vorher farblos waren (einfarbige I.en, z. B. Phenolphthalein).

Durch Anwendung verschiedener I.en kann man den *p*H-Wert einer Lösung messen (kolorimetrische *p*H-Messung). Da sich während einer Neutralisationsreaktion der *p*H-Wert einer Lösung ändert, kann man die *p*H-Indikatoren auch zur azidimetrischen und alkalimetrischen Titration benutzen. Man wählt den I. so, daß er im *p*H-Bereich des Äquivalenzpunktes umschlägt. Deswegen werden die *p*H-Indikatoren auch als **Neutralisationsindikatoren** bezeichnet. — Eine besondere Art der *p*H-Indikatoren sind die **Fluoreszenzindikatoren,** z. B. Eosin und α-Naphthylamin. Bestrahlt man Lösungen, denen sie beigefügt sind, mit ultraviolettem Licht, so fluoreszieren sie; die Farbe des ausgesandten Fluoreszenzlichtes hängt vom *p*H-Wert ab. Eine weitere Sonderart sind die **Lumineszenzindikatoren,** z. B. Aminophthalsäurehydrazid mit Wasserstoffperoxid und etwas Hämoglobin gemischt, die beim Überschreiten eines bestimmten *p*H-Wertes der Lösung eine Chemilumineszenzstrahlung aussenden.

2) **Metallindikatoren** zeigen den Gehalt einer Lösung an bestimmten Metallionen an. Die Metallindikatoren bilden mit Metallionen Komplexverbindungen, deren Farbe sich von der des freien Farbstoffes deutlich unterscheiden läßt. Sie werden bei der Titration von Metallionen angewandt, und zwar in derselben Weise wie die *p*H-Indikatoren bei der Säure-Base-Titration.

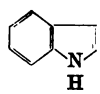
3) **Redoxindikatoren** sind Farbstoffe, die in oxydiertem Zustand eine andere Farbe aufweisen als in reduziertem Zustand (z. B. Methylenblau). Sie werden verwendet, um das Redoxpotential einer Lösung, d. h. in der Hauptsache den Gehalt an einem bestimmten Oxydations- oder Reduktionsmittel, zu ermitteln.

Ferner gibt es z. B. noch **Adsorptionsindikatoren,** d. s. Farbstoffe, deren Ionen die Farbe ändern, wenn sie von einem Niederschlag aus der Lösung adsorbiert werden (z. B. Eosin bei der Adsorption an Silberbromid). Über **Radioindikatoren** → Tracer.

Indium, Symbol **In**, chemisches Element aus der III. Hauptgruppe des Periodensystems; Ordnungszahl 49, Massenzahlen der Isotope 115 (schwach radioaktiv) und 113, Atomgewicht 114,82 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist III, seltener I, II, D. 7,31 g cm^{-3}; F. 156,4 °C, Kp. 2000 °C; 1863 von Reich und Richter entdeckt. I. ist ein seltenes, silberweißes, glänzendes, sehr weiches Metall. Es ähnelt chemisch dem Gallium und Thallium und findet sich, meist nur in Spuren in Form seines Sulfids in manchen Blenden, z. B. in der Freiberger Zinkblende, und im Mansfelder Kupferschiefer. Bei der Zinkgewinnung fällt es als Nebenprodukt an und kann durch Elektrolyse rein dargestellt werden. I. dient als Legierungszusatz zu Lagermetallen und Stahl, deren Härte und Korrosionsfestigkeit es erhöht. Technisch besonders bedeutend sind die Halbleitereigenschaften einiger Indiumlegierungen. Ferner wird I. in der Zahnheilkunde, als Korrosionsschutz, für Thermometerfüllungen und als Spiegelbelag verwendet.

Indizes, *Plur.* von → Index.

Indol, 2,3-Benzopyrrol, eine heterozyklische Verbindung. I. kristallisiert in farblosen Blättchen (F. 53 °C). In der Natur kommt es in vielen ätherischen Ölen vor, z. B. im Jasmin- und Orangenblütenöl. I. wird aus dem Steinkohlenteer gewonnen und ist Ausgangsstoff zur Synthese indigoähnlicher Farbstoffe. In geringem Umfang wird es in der Riechstoffindustrie verwendet.



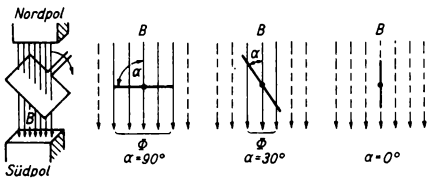
Indol

Induktanz, → Wechselstromwiderstand.

Induktion, 1) Mathematik: **vollständige I.,** auch **Schluß von *n* auf *n* + 1** genannt, ein wichtiges Beweisverfahren, dessen Anwendung voraussetzt, daß der zu beweisende Satz oder das nachzuweisende Gesetz ihrer Form nach bereits bekannt sind und daß in ihre Formulierung eine natürliche Zahl *n* eingeht. Es handelt sich dann darum, die Allgemeingültigkeit des Satzes oder Gesetzes für eine beliebige Zahl *n* nachzuweisen. Das Beweisverfahren der vollständigen I. besteht darin, daß man zunächst die Gültigkeit des Satzes für den ersten Fall $n = 1$ (Induktionsanfang) zeigt und dann unter der Annahme, daß der Satz für die natürliche Zahl *n* richtig ist, seine Gültigkeit für $n + 1$ nachweist. Beispiel: Zu beweisen ist die bekannte Formel $1 + 2 + \cdots + n = \frac{n(n+1)}{2}$. Für $n = 1$ ist sie offenbar richtig.

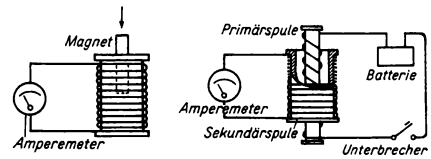
Angenommen, sie gelte für n, dann folgt daraus für $n+1$: $1+2+\cdots+n+(n+1)=\frac{n(n+1)}{2}+(n+1)=\frac{(n+1)(n+2)}{2}$, d.h., die Formel ist auch für $n+1$ gültig. Folglich gilt sie für jede beliebige natürliche Zahl n.

2) Physik: a) **elektromagnetische I.**, Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektrizität (→ Elektromagnetismus), die 1831 von Faraday entdeckt wurde. Ändert sich der → magnetische Fluß durch eine von einem elektrischen Leiter umschlossene Fläche, so wird in dem Leiter eine elektrische Spannung induziert, d. h. hervorgerufen. Dieses **Induktionsgesetz** hat eine außerordentlich große technische Bedeutung. Auf ihm beruht die Wirkungsweise des Generators (und damit die technische Stromerzeugung) sowie des Transformators. Beim Außenpolgenerator ist das Magnetfeld konstant, und der Leiter, also die Wicklung des Generators, dreht sich. Damit wird aber der magnetische Fluß periodisch geändert (Abb. 1). Beim Transformator und Innenpolgenerator ändert sich das Magnetfeld, und die Spule steht fest.



1 Änderung des magnetischen Flusses (Kraftflusses) $\varphi(\varphi \sim \sin a)$ beim Rotieren eines Leiterkreises in einem Magnetfeld der Flußdichte B. Die entstehende Spannung ist ebenfalls sinusförmig

Zwei stromdurchflossene Leiter beeinflussen sich durch ihr Magnetfeld. Das Magnetfeld des ersten Leiters durchsetzt das des zweiten, und umgekehrt. Ändert sich in einem Leiter die Stromstärke, so ändert sich auch das Magnetfeld, und es wird im anderen Leiter eine Spannung induziert. Für den Betrag der induzierten Spannung ist der Koeffizient der gegenseitigen I., die **Gegeninduktivität**, maßgebend. Dieser Koeffizient hängt von der Entfernung und Form der Leiter und von der Permeabilität des Mediums zwischen den Leitern ab. Besonders groß wird die Gegeninduktivität bei nahe benachbarten oder gar aufeinander gewickelten Spulen. Je nach Größe der gegenseitigen Induktivität spricht man von fester oder loser Kopplung der Leiterkreise (Abb. 2).



2 Erzeugung eines Induktionsstromes: links durch Auf- und Abbewegen eines Magnetstabes in einer Spule, rechts durch Öffnen und Schließen eines Gleichstromkreises durch einen Unterbrecher. In der Sekundärspule entsteht jeweils ein Wechselstrom

Das Magnetfeld eines Leiters übt auch auf diesen selbst eine Wirkung aus, die **Selbstinduktion**. Bei Änderung der Stromstärke und damit des Magnetfeldes wird eine Spannung induziert, die einen Strom anzutreiben versucht, der der Stromänderung entgegengerichtet ist. Da bei Wechselströmen hierdurch die Stromstärke herabgesetzt wird, wirkt sich die Selbstinduktion wie ein Widerstand aus. Dieser induktive Widerstand ist ein Teil des Blindwiderstandes. Besonders groß ist die Selbstinduktion einer Spule (Drosselspule) mit Eisenkern. Ein Maß für die Selbstinduktion eines Leitersystems ist der **Selbstinduktionskoeffizient**, kurz → Induktivität genannt. Von ihm hängt z. B. bei Wechselstromelektromotoren, Kraftübertragungsanlagen der Leistungsfaktor ab. Im allgemeinen ist man bestrebt, den induktiven Widerstand möglichst klein zu halten. Im Gegensatz zu Elektromotoren, Transformatoren sind Heiz- und Kochgeräte sowie Glühlampen fast induktionsfrei.

Den Selbstinduktionskoeffizienten und den Koeffizienten der gegenseitigen I. mißt man in Henry (H). Für die Energie W_{mag} des Magnetfeldes zweier von den Strömen I_1, I_2 durchflossener Leitersysteme ergibt sich mit den Selbstinduktionskoeffizienten L_{11} (Induktionswirkung des 1. Leiters auf sich selbst), L_{22} (Induktionswirkung des 2. Leiters auf sich selbst) und dem Koeffizienten der gegenseitigen I. L_{12} (Induktionswirkung des 1. und 2. Leiters aufeinander): $W_{mag}=\frac{1}{2}(L_{11}I_1^2+2L_{12}I_1I_2+L_{22}I_2^2)$.

In der Fernmeldetechnik kann sich die I. unangenehm bemerkbar machen. Sie ist am Zustandekommen des *Nebensprechens* beteiligt, da sich parallellaufende Leitungen sowohl über das magnetische als auch über das elektrische Feld störend beeinflussen. Diese Störungen können auch von anderen Stromkreisen, z. B. Starkstromleitungen, hervorgerufen werden.

b) → magnetische Induktion.

Induktionsfluß, svw. → magnetischer Fluß.

Induktionskonstante, → Feldkonstanten.

Induktionsmaschine, svw. Asynchronmaschine, → elektrische Maschine.

Induktionsmeßinstrument, ein elektrisches Meßinstrument, bei dem der durch eine Spule fließende Meßstrom in einem anderen Stromleiter, z. B. in einer Scheibe oder Trommel, einen Strom induziert, so daß ein Drehmoment zustande kommt. Dieses von dem italienischen Physiker G. Ferraris angegebene Meßprinzip findet nur noch bei Elektrizitätszählern Verwendung, da es nur hier möglich ist, die starke Temperatur- und Frequenzabhängigkeit in einem bestimmten Bereich auszugleichen. Heute tritt an Stelle des I.s das billigere und trotzdem genauere Dreheiseninstrument und als Leistungsmesser das Elektrodynamometer.

Induktionsofen, ein → Elektroofen.

Induktionsregler, svw. → Drehtransformator.

Induktionszähler, ein → Elektrizitätszähler.

induktiver Widerstand, → Wechselstromwiderstand.

Induktivität, Selbstinduktionskoeffizient, Zeichen L, eine physikalische Größenart, die den Zusammenhang zwischen Spannung U und zeitlicher Stromänderung $\mathrm{d}I/\mathrm{d}t$ angibt. $L=-\frac{U}{\mathrm{d}I/\mathrm{d}t}$. Die Einheit für die I. ist das → Henry.

Induktor, svw. → Funkeninduktor.

Induline, → Azinfarbstoffe.

Indusi, Abk. für **ind**uktive **Zug**sicherung, → Zugbeeinflussung.

Industrie, der führende Bereich der materiellen Produktion, der durch Anwendung von Maschinensystemen gekennzeichnet ist. Die moderne Fabrikindustrie eines Landes bestimmt entscheidend den ökonomischen und kulturellen Entwicklungsstand der gesamten Gesellschaft; aus diesem Grunde besitzt die rasche Entwicklung einer modernen Großindustrie (Industrialisierung) große Bedeutung für die Weiterentwicklung des gesamten gesellschaftlichen Lebens. Mit der sozialistischen Industrialisierung entsteht die materiell-technische Basis der sozialistischen Gesellschaftsordnung.

Die **Grundstoffindustrie** umfaßt alle Industriezweige, die überwiegend Roh- und Hilfsstoffe

zur Weiterverarbeitung gewinnen oder herstellen. Nach der Betriebssystematik der DDR zählen zur Grundstoffindustrie Energiebetriebe, Bergbau, Metallurgie, chemische Industrie und Baumaterialienindustrie. Die **Schwerindustrie** umfaßt die Gesamtheit der Industriebetriebe des Bergbaus, des Hüttenwesens, der Eisen- und Stahlindustrie und der Schwerchemie (Herstellung von synthetischem Kautschuk, Benzin u. a.), die für die Volkswirtschaft grundlegende Bedeutung haben. Die **Leichtindustrie** umfaßt die Zweige der Verbrauchsgüterindustrie, z. B. Leder-, Papier-, Gummi-, Holz- und Lebensmittelindustrie.

Ursprünglich wurde unter I. jede produktive Tätigkeit, also auch Handwerk und Landwirtschaft, verstanden. So unterschied z. B. Karl Marx zwischen **extraktiver I.** (Förderung von Bodenschätzen, aber auch Tätigkeiten wie Jagd und Fischfang) und **weiterverarbeitender I.** (Tätigkeit, die auf Weiterverarbeitung von Produkten gerichtet ist, auf die bereits menschliche Arbeit eingewirkt hat).

Industriebau, ein Zweig des Bauwesens, der sich mit der baulichen, städtebaulichen und verkehrstechnischen Planung von Industriegebäuden und auch von ganzen Industriewerken befaßt. Im modernen I. strebt man die Blockbildung und die Zusammenfassung der Produktionslinien durch eine zweckmäßige Ordnung der Haupt- und Nebenfunktionen an. Im **Kompaktbau,** einer Zusammenfassung sich gegenseitig nicht störender Haupt- und Nebenfunktionen unter einem Dach, erfolgt die Blockbildung in horizontaler Richtung durch eingeschossige Segmente (Flachbau) oder in vertikaler Richtung durch mehrgeschossige Segmente (Geschoßbau) mit günstigen raumgeometrischen Parametern. Im **Pavillonbau** werden unabhängig vom Rohbaugefüge die Aggregate und technologischen Ausrüstungen auf leicht veränderliche Bühnen und Gerüste aufgestellt. Beide Formen (Kompakt- und Pavillonbau) des modernen I.s bieten durch die angestrebte Flexibilität betriebstechnologische Vorteile und führen durch Anwendung von Bauelementen aus dem Baukasten zur Verringerung des Bauaufwandes, zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Kürzung der Bauzeiten.

Lit. Major u. Zeidler: Industriehallen, Entwurf und Ausführung (Berlin 1962); Mosch u. Kossatz: Betriebseinrichtungen, Bd 1 (Berlin 1963); Schmidt: Kompakte Industriegebäude, 2 Bde (Berlin, Bd 1 1964, Bd 2 1966); Kovařik: I., 2 Bde (dtsch Berlin 1967). Ztschr.: Bauplanung und Bautechnik (Berlin).

industrielles Fernsehen, → Fernsehen.

Industrieöfen, mit feuerfesten Stoffen ausgekleidete Aggregate, in denen durch möglichst wirtschaftliche Erwärmung physikalische sowie chemische Umsetzungen von Stoffen vorgenommen, eingeleitet oder unterstützt werden.

Einteilung. 1) Nach dem Behandlungszweck unterscheidet man a) **I. für physikalische Stoffveränderungen,** wie Trocknen, Gefügeänderung, Erweichen, Sintern, Verflüssigen, Verdampfen, und b) **I. für chemische Stoffveränderungen,** wie Oxydation, Reduktion, Pyrolyse, Synthese, Elektrolyse. Bei den meisten Behandlungsvorgängen (z. B. Metallgewinnung, keramisches Brennen) laufen physikalische und chemische Vorgänge gleichzeitig ab.

2) Nach der Form des Ofenarbeitsraumes unterscheidet man a) **Herdschmelzöfen,** z. B. Siemens-Martin-Ofen, Flammofen, Glasschmelzwannenofen, Schmelzflußelektrolyseofen; b) **Flachherdöfen,** z. B. Schmiedeofen, Stoßofen, Röstpfanne; c) **Gefäßöfen,** z. B. Muffelofen, Glasschmelzhafenofen, Tiegelofen, Röhrenofen, Kesselofen; d) **Großraumöfen,** z. B. Tiefofen, Härteofen, Rundofen, Ringofen, Kammerofen; e) → **Schachtöfen,** z. B. Hochofen, Niederschachtofen, Bleischachtofen, Kupferschachtofen, Kupolofen, Gießereischachtofen, Kalkbrennofen, Zementbrennofen, Karbidofen, Generator; f) → **Tunnelöfen** (Kanalöfen), z. B. Tunnelöfen für Keramik, Tunneltrockner; g) → **Drehöfen,** z. B. Zementdrehrohrofen, Kalkbrenndrehrohrofen, Rennofen, Trommeltrockner.

3) Nach der Anordnung von Brennstoff zum Einsatzgut unterscheidet man a) I. mit unmittelbarem Kontakt zwischen Brennstoff (sowie Flamme und Rauchgas) und Gut, z. B. Schachtöfen; b) I. mit Trennung zwischen Feuerung und Gut, aber mit Kontakt zwischen Flamme und Rauchgas einerseits und Gutsoberfläche anderseits, z. B. Herdöfen, Tunnelöfen, Drehöfen; c) I. mit Trennung des Gutes von Brennstoff, Flamme und Rauchgas, z. B. Gefäßöfen.

4) Nach der Arbeitsweise unterscheidet man a) kontinuierlich arbeitende I., z. B. Schachtöfen, Drehöfen, Tunnelöfen, Ringöfen; b) periodisch arbeitende I., z. B. Kammeröfen, Rundöfen, Tieföfen.

5) Nach der Art der Wärmeerzeugung unterscheidet man a) **I. ohne Fremdbeheizung (Reaktionsöfen),** in denen die sich abspielenden Reaktionen selber genügend Wärme liefern, z. B. Röstöfen (→ Rösten), → Konverter; b) **I. mit Fremdbeheizung,** die durch Verbrennen von festem, flüssigem oder gasförmigem Brennstoff oder mit Elektroenergie (→ Elektroofen) beheizt werden.

6) Nach der Zugehörigkeit zu Industriezweigen unterscheidet man a) Öfen der metallschaffenden Industrie, z. B. Hochofen, Siemens-Martin-Ofen, Konverter, Erzröstdrehofen, Kupferschachtofen; b) Öfen der metallverarbeitenden Industrie, z. B. Kupolofen, Flammofen, Wärmofen, Rohrziehofen, Lackeinbrennofen; c) Öfen der chemischen Industrie, z. B. Karbidofen, Schwefelofen, Korundofen, Destillierofen, Syntheseofen, Pyrolyseofen, Elektrolyseofen, Polymerisationsofen; d) Öfen der kohleverarbeitenden Industrie, z. B. Koksofen, Schwelofen, Gasgenerator; e) Öfen des Industriezweiges Baumaterial, Steine, Erden, z. B. Zementdrehofen, Kalkbrennschachtofen, Gipskocher; f) Öfen der keramischen Industrie, z. B. Ringofen, Rundofen, Tunnelöfen (keramische Brennöfen); g) Öfen der Glasindustrie, z. B. Wannenofen, Hafenofen; h) Öfen der Lebensmittelindustrie, z. B. Backofen, Röstpfanne, Kesselofen, Destillierofen.

Lit. Braun: Die Öfen der Eisenhüttenwerke (2 Bde Leipzig 1955 und 1958); Heiligenstedt: Wärmetechnische Rechnungen für I. (Düsseldorf 1957).

induzierte Emission, → Laser.

inert, untätig, träge; in der Chemie Bezeichnung für solche Stoffe, die mit anderen Stoffen nicht reagieren.

Inertialnavigation, svw. → Trägheitsnavigation.

Infiltration, ein Verfahren zur künstlichen Grundwasseranreicherung. Hierbei werden flache Erdbecken mit Oberflächenwasser beflutet. Das Wasser versickert in den Untergrund, wo es sich mit dem Grundwasser vermischt. In den oberen Schichten der Erdbecken werden die ungelösten Bestandteile des Oberflächenwassers zurückgehalten; gleichzeitig bildet sich ein biologischer Rasen, der einen großen Teil der gelösten organischen Wasserinhaltsstoffe biochemisch zerstört. Zwischen Boden und Oberflächenwasser findet ein Temperaturausgleich statt, so daß besonders in warmen Jahreszeiten das infiltrierte Oberflächenwasser abgekühlt wird. Mit zunehmender Belüftungsdauer nimmt die Infiltrationsleistung der Erdbecken ab. Nach Trockenlegung der Becken wird die obere Sandschicht abgetragen und gereinigt, bevor die Becken wieder in Betrieb genommen werden.

Infinitesimalrechnung, zusammenfassende Bezeichnung für Differential- und Integralrechnung. Die I., die Ende des 17. Jh. fast gleichzeitig und unabhängig voneinander von Leibniz (1646 bis 1716) und Newton (1643–1727) begründet wurde, hat die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik entscheidend beeinflußt. Während man früher die I. etwas unklar als das Rechnen mit „unendlich kleinen" Größen bezeichnete (daher der Name I.), geht die moderne, exakte Darstellung der I. vom Begriff des Grenzwertes aus.

Influenz, 1) elektrische I., die Ladungstrennung in Metallen, die einem elektrostatischen Feld ausgesetzt sind. Die sich einstellenden Oberflächenladungen sind derart verteilt, daß das Leiterinnere gegen das äußere Feld abgeschirmt, d. h. feldfrei bleibt. Diese Erscheinung erklärt sich wie folgt: Die in Metallen leicht verschiebbaren (negativen) Elektronen werden durch das elektrische Feld einer positiven äußeren Ladung angezogen und reichern sich deshalb auf der der positiven Ladung zugekehrten Seite an. Die eine Seite des Metallstücks lädt sich also negativ auf, die andere wird infolge des Mangels an Elektronen positiv geladen. Die Elektronen werden in einer solchen Menge zu der einen Seite gezogen, bis das durch die influenzierten Ladungen hervorgerufene Feld das äußere Feld im Inneren des Metalls aufhebt (Gleichgewichtszustand).

2) magnetische I., die Magnetisierung eines ferromagnetischen Stoffes, der in die Nähe eines Magnetpoles gebracht wird. Dieser ferromagnetische Stoff wird dabei selbst zu einem Magneten und kehrt dem ursprünglichen Magnetpol den entgegengesetzten Pol zu.

Influenzkonstante, → Feldkonstanten.

Influenzmaschine, ein Gerät zur Erzeugung von Elektrizität hoher Spannung, aber kleiner Stromstärke. Die I. besteht meist aus zwei mit Stanniol belegten, im gegenläufigen Sinn drehbaren Hartgummischeiben, auf denen feine Metallpinsel entlangstreichen. Eine zunächst durch diese schwache Reibung entstandene, winzige Aufladung des Stanniolbelags erzeugt dann durch Influenz neue Ladung, diese wiederum neue usw. Diese Ladungen werden durch Metallkämme abgenommen und in zwei → Leidener Flaschen gesammelt. Eine moderne Form der I. ist der → Bandgenerator.

Informationstheorie, eine Disziplin der theoretischen → Kybernetik, ein Teilgebiet der Wahrscheinlichkeitsrechnung, die Lehre von der Erzeugung, Speicherung und Übertragung von Informationen in technischen und biologischen Systemen unter besonderer Berücksichtigung statistischer Störungen. Die I. hat folgende Aufgaben: 1) Messung der in Signalen oder Nachrichten enthaltenen Information unabhängig vom konkreten Charakter und von der Darstellung der Signale und Nachrichten; 2) Untersuchung der Veränderungen, die eine Information bei der Nachrichtenübertragung erfährt; 3) Entwicklung von Maßnahmen, die unter Beachtung der statistischen Eigenschaften der Signalquellen (Sender) und der Störungen bei der Übertragung eine optimale Signalübertragung zwischen Sender und Empfänger gewährleisten. Unter *Signalquelle* oder *Sender* versteht man dabei die Stelle, von der Signale ausgehen bzw. erzeugt werden. Dies ist beim Rundfunk und Fernsehen die Stelle, wo elektromagnetische Schwingungen mit Informationen moduliert werden, die unmittelbar vom Menschen erzeugt wurden, oder Speichermedien, z. B. Tonband, Schallplatte, entnommen werden. Häufig ist die Signalquelle ein Speicher, dessen Information beim Senden freigemacht und in Wellenform umgesetzt wird. Beim Lesen eines Buches ist die Signalquelle das jeweilige Buch, bei der Eingabe in Digitalrechner ist die Signalquelle ein Lochband oder Lochkartenstapel, die im Eingabegerät liegen und abgetastet werden. Der *Empfänger* eines Signals ist diejenige Person oder diejenige Stelle in einer Anlage, für die das Signal bestimmt ist. Der Empfänger muß über Organe verfügen, die das Signal aufnehmen und die in ihm enthaltene Information freimachen. Bei Rundfunk ist der Mensch mit seinem Gehör, beim Fernsehen der Mensch mit Gehör und Gesicht Empfänger der Signale; bei der Eingabe von Information in einen Digitalrechner ist in der Regel dessen Speicher als Empfänger der betreffenden Signale aufzufassen.

Je höher der Organisationsgrad der menschlichen Gesellschaft und der materiellen Produktion wird, desto mehr wächst die Bedeutung der Kommunikation, d. h. der Signalübermittlung zwischen Menschen einerseits und zwischen Mensch und Maschine bzw. zwischen Maschine und Maschine anderseits. Im gleichen Maße wächst die Bedeutung der I. Charakteristisch für die I. ist, daß die Signalübertragung (Rundfunk, Fernsehen, Informationsaustausch zwischen Teilen automatisierter Anlagen, Kommunikation zwischen Lehrer und Schüler u. a.) als ein statistisches Problem aufgefaßt wird. Wäre dem Empfänger bereits die Nachricht bekannt, die ihm übermittelt werden soll, so würde ihm durch den Empfang der Nachricht keinerlei Information übertragen. Von einer sinnvollen Informationsübertragung kann man nur dann sprechen, wenn der Empfänger höchstens die Vielfalt der Möglichkeiten kennt, aus denen die Nachricht für ihn ausgewählt wird, er sich jedoch über die konkrete Nachricht, die er empfangen wird, im Ungewissen befindet.

Die statistischen Signalquellen beschreibt man durch Aufzählung aller möglichen Signale, die von der Quelle abgegeben werden können, und durch Angabe der Wahrscheinlichkeiten, mit denen die verschiedenen möglichen Signale auftreten können. So kann man z. B. den Spielwürfel auffassen als eine statistische Signalquelle für die durch die Ziffern 1, 2, ... 6 symbolisierten Signale, die sämtlich die gleiche Auftrittswahrscheinlichkeit $^1/_6$ besitzen. Die einfachsten und zur Zeit technisch bedeutsamsten Signalquellen geben zu jedem Zeitpunkt einer Folge diskreter Zeitpunkte genau ein Signal einer Signalmenge ab, die aus endlich vielen möglichen Signalen besteht. Man bezeichnet diese Signalgrundmenge der Signalquelle als ihr *Signalalphabet.* Das von einer solchen Signalquelle in einer Folge von Sendezeitpunkten abgegebene Signal stellt dann eine geordnete Folge von Symbolen des Signalalphabets der Quelle dar. Die Möglichkeiten einer solchen Signalquelle zu jedem Sendezeitpunkt lassen sich beschreiben durch ein *endliches Schema* der Form $\begin{pmatrix} A_1 A_2 \dots A_k \\ p_1 p_2 \dots p_k \end{pmatrix}$ $\Sigma p_i = 1$. Die Symbole $A_1, A_2 \dots A_k$ bezeichnen hier die Elemente des Signalalphabets und die Zahlen $p_1, p_2 \dots p_k$ deren Wahrscheinlichkeiten. Zur Veranschaulichung stelle man sich einen Würfel mit k Flächen vor, der auf die Fläche A_i ($i = 1, 2, \dots k$) bei einem beliebigen Wurf mit der Wahrscheinlichkeit p_i ($i = 1, 2, \dots k$) fällt.

An die Informationsmenge, die man bei der Realisierung eines solchen endlichen Schemas im Mittel erhält, stellt die I. folgende Forderungen: 1) Das Informationsmaß soll nicht vom konkreten Charakter der Symbole des Signalalphabets abhängig sein, sondern nur von deren Anzahl und von den Auftrittswahrscheinlichkeiten p_i. Daher kann ein solches Informationsmaß keinerlei Maß sein für die inhaltliche Bedeutung einer Nachricht für einen Empfänger; jedes der Signale A_i liefert im Mittel dem Empfänger die gleiche Information. 2) Das Informationsmaß soll einen nichtnegativen Wert besitzen. Es soll den Wert 0 nur dann annehmen, wenn die Signal-

quelle keine Information liefert, d. h. wenn sie eines der möglichen Symbole immer und die anderen nie sendet. 3) Den größten Wert soll das Informationsmaß bei einer festen Anzahl k der Symbole des Signalalphabets dann annehmen, wenn die Quelle die verschiedenen möglichen Signale A_i sämtlich mit der gleichen Wahrscheinlichkeit $p_i = 1/k$ abgibt.

Diese und noch eine Reihe weiterer wichtiger Forderungen erfüllt die Entropie H, die sich aus den Wahrscheinlichkeiten p_i wie folgt berechnet: $H = -\Sigma p_i \log p_i$. Die Basis des Logarithmensystems ist dabei gleichgültig, sie legt lediglich die Maßeinheit für die Information fest. Üblicherweise wählt man den Duallogarithmus ld mit $2^{\mathrm{ld}\,x} = x$. In diesem Fall nimmt bei $k = 2$ (Dualalphabet — zwei mögliche Signale) H den Wert 1 genau dann an, wenn beide möglichen Signale mit der gleichen Wahrscheinlichkeit $^1/_2$ auftreten. Diese Elementaralternative zwischen zwei gleichwahrscheinlichen Signalen legt also dann die Einheit der Information fest. Man bezeichnet diese Informationseinheit als → bit. R. Hartley hat schon im Jahre 1928 einem Signal A_i, das sich mit der Wahrscheinlichkeit p_i realisiert, die Informationsmenge $-\mathrm{ld}\,p_i$ zugeordnet; in diesem Sinne ist H einfach der Mittelwert aller dieser elementaren Informationsmengen.

Ein endliches Schema, das aus $k = 2^m$ gleichwahrscheinlichen Symbolen besteht, liefert bei seiner Realisierung einen mittleren Informationsgewinn von $H = -\sum \frac{1}{2^m} \mathrm{ld} \frac{1}{2^m} = m$. Hieran läßt sich der Sinn der Entropie H als Informationsmaß gut veranschaulichen: Von $8 = 2^3$ ($m = 3$) Gegenständen sei einer markiert, jeder der Gegenstände kommt mit gleicher Wahrscheinlichkeit dafür in Frage. Die Ermittlung des markierten Gegenstandes soll nach folgender Regel erfolgen: Es werde eine gewisse Teilmenge aller vorgelegten Gegenstände gebildet und gefragt, ob der markierte sich in der Menge der ausgewählten Gegenstände befindet. Die Frage werde wahrheitsgetreu mit ‚ja' oder ‚nein' beantwortet. Offenbar ist der Entropiewert $H = m = 3$ in diesem Falle identisch mit der Minimalanzahl von Fragen, die man stellen muß, um den markierten Gegenstand herauszufinden. Indem man die Menge von Gegenständen jeweils halbiert, erhält man bei jeder Frage gerade immer eine Information von 1 bit. Jede andere Fragestrategie benötigt zum Erreichen des Ziels mehr als 3 Fragen.

Grundlegend für die statistische Theorie der Nachrichtenübertragung ist das Shannonsche Modell der *Signalübertragungskette*. Das erste Glied in der Signalübertragungskette ist der Sender, der zu jedem Sendezeitpunkt aus den Symbolen seines Alphabets genau eines auswählt und so eine Sendung zusammenstellt, die für alle folgenden Glieder als aus der Menge aller möglichen Sendungen zufällig ausgewählt erscheint. Diese Sendung muß den Raum zwischen Sender und Empfänger, als *Übertragungskanal* bezeichnet, überbrücken. Störungen, denen jeder konkrete Übertragungskanal unterworfen ist, können die zu übertragende Sendung verfälschen (z. B. atmosphärische Störungen bei Rundfunk und Fernsehen). Für den Empfänger entsteht die Aufgabe, die teilweise verfälschte Sendung wieder zu rekonstruieren, d. h. aus dem empfangenen Signal auf das gesendete Signal zurückzuschließen.

Der Nachrichtenübertragungskanal wird wie die Signalquelle statistisch beschrieben. Jedes beliebige mögliche Eingangssignal kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in jedes beliebige Ausgangssignal des Kanals übergeführt werden. Je intensiver der Kanal gestört ist, desto mehr verschiedene Ausgangssignale können dann mit größerer Wahrscheinlichkeit aus ein und demselben Signal am Eingang entstehen.

Um die Übertragungsgeschwindigkeit über einen Kanal mit bestimmten statistischen Störungen bei minimaler Störempfindlichkeit möglichst groß werden zu lassen, schaltet man häufig zwischen die Signalquelle und den Übertragungskanal eine *Kodierungseinrichtung*, die die Signale des Alphabets der Quelle durch Signale des Alphabets des Übertragungskanals ausdrückt. Dabei spielt die Entropie H der Signalquelle eine besondere Rolle. Sie gibt die mittlere Anzahl von Informationseinheiten an, die je Zeiteinheit von der Quelle abgegeben werden. Unter der Kanalkapazität C versteht man die maximale Zahl von Informationseinheiten, die im Mittel pro Zeiteinheit von dem Übertragungskanal übertragen werden können.

Es gibt stets Kodierungsverfahren, die es unter der Bedingung $H < C$ gestatten, die von der Quelle abgegebenen Signale so zu verschlüsseln, daß sie vom Empfänger mit verschwindend kleinem Fehler wiedererkannt werden können. Dies gilt unter recht allgemeinen Annahmen über die statistische Natur der gesendeten Signale und der Störungen. In der Praxis tritt natürlich durch den Kanal stets eine Verfälschung der gesendeten Nachrichten ein. Man kann zwischen den Übertragungskanal und den eigentlichen Empfänger noch eine *Dekodierungseinrichtung* schalten, die dem Empfänger die Arbeit der Entschlüsselung des empfangenen Signals, d. h. des Rückschlusses auf das gesendete Signal, weitgehend abnimmt. Diese Dekodierungseinrichtungen können nach einem statistischen Entscheidungsverfahren das Eingangssignal ermitteln, das mit größter Wahrscheinlichkeit gesendet worden ist. Dabei kann die Redundanz in den gesendeten Nachrichten ausgenutzt werden, die praktisch gleichbedeutend ist mit mehrfacher Sendung ein und derselben Information entweder explizit durch Wiederholung oder implizit über Abhängigkeiten zwischen Teilen der gesendeten Nachricht. Hierbei gewinnen *Entscheidungsfilter*, wie sie von N. Wiener theoretisch untersucht wurden, wachsende Bedeutung. Diese Filter befreien nachträglich die empfangene Nachricht weitgehend von den zufälligen Störungen, die ihnen während der Übertragung im Kanal hinzugefügt wurden. Die Entscheidungsfilter sollen automatisch mit möglichst wenig Irrtumsmöglichkeiten aus dem empfangenen Signal heraus auf das ursprünglich gesendete Signal schließen. Speziell bei den Wienerschen Entscheidungsfiltern entscheidet man sich bei bekannter Menge möglicher Eingangssignale für dasjenige Eingangssignal, das von dem empfangenen Signal den kleinsten mittleren quadratischen Abstand hat.

Die I. erfaßt die Struktureigenschaften der in den Signalen enthaltenen Information, untersucht die Verfälschungen der Information bei ihrer Speicherung und Übertragung und ermöglicht die Entwicklung von Kodierungsverfahren, die weitgehend unempfindlich gegenüber Störungen sind, und den Vergleich verschiedenartiger Übertragungskanäle untereinander. Ihre Methoden finden daher Anwendung in allen technischen Übertragungskanälen, bei der Datenfernmessung und Datenfernübertragung, in der Meßtechnik, in den Eingabegeräten der Datenverarbeitungsanlagen, bei Entwicklungsarbeiten von Rundfunk und Fernsehen zur besseren Ausnutzung der Frequenzbänder, ferner in der Biologie zum gegenseitigen Vergleich der Leistungsfähigkeit der verschiedenen Sinnesorgane.

Geschichtliches. C. Shannon veröffentlichte 1948/49 Arbeiten, in denen er die Grundlage für die heutige I. legte; er wird daher allgemein als Begründer der I. angesehen. Etwa zur gleichen Zeit stellte der sowjetische Mathematiker A. N. Kolmogorow, der Begründer der

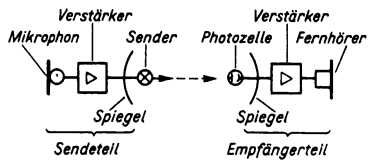
axiomatischen Wahrscheinlichkeitsrechnung, ähnliche grundlegende Überlegungen an. Zum weiteren Ausbau der I. haben vor allem die Arbeiten von A. J. Chintschin, A. M. Jaglom, I. M. Gelfand, A. Feinstein, S. Goldman, L. Brillouin, L. Zadeh und R. Fano beigetragen.

Lit. Fey: I. (Berlin 1963); A. M. Jaglom und I. M. Jaglom: Wahrscheinlichkeit und Information (dtsch Berlin 1965); Langer: I. und Psychologie (Göttingen 1962); Meyer u. v. Eppler: Grundlagen und Anwendung der I. (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959); Neidhardt: Einführung in die I. (dtsch Berlin 1965); Poletajew: Kybernetik (dtsch Berlin 1962); Zemaneck: Elementare I. (München 1959); Arbeiten zur Informationstheorie, Bd I, II, III, IV, V (Berlin 1957–1961); Neidhardt: I. und automatische Informationserarbeitung (2. Aufl. Berlin 1964); Henze: Einführung in die I. (Berlin 1967).

Infrarot, abg. **IR, Ultrarot,** abg. **UR,** der Spektralbereich unterhalb des Rots des sichtbaren Bereiches im elektromagnetischen Spektrum (→ Spektrum). Die Infrarotstrahlung ist eine reine Temperaturstrahlung. Sie umfaßt das Wellenlängengebiet von 0,76 μm (Mikrometer) bis etwa 200 μm, wird vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen und gehorcht weitgehend den optischen Gesetzen. Die Wechselwirkung der Infrarotstrahlung mit der Materie beruht auf deren Eigenfrequenzen und wird durch die Dispersion, Absorption, Streuung und Reflexion bestimmt. Nur bei Absorption wird die Infrarotstrahlungsenergie in Wärme umgewandelt und führt zur Temperaturerhöhung im absorbierenden Medium. Der Nachweis oder die Messung der Infrarotstrahlung erfolgt durch thermische Empfänger (Vakuumthermoelement, Thermosäule, Bolometer, Radiometer), photoelektrische Empfänger (Photozellen, Photoelemente) oder infrarotsensibilisiertes Filmmaterial.

Technische Infrarotstrahlungsquellen sind punkt-, linien- oder flächenförmige Temperaturstrahler, die sich durch Lage des Strahlungsschwerpunktes (Emissionsmaximum), Oberflächentemperatur (Hoch-, Mittel-, Niedertemperaturstrahler), Bauart (z. B. Infrarotlampe, Großflächenstrahler, Voutenstrahler), Energiequelle (elektrisch oder gasbeheizte Strahler), Strahlungsausbeute und räumliche Strahlstärkeverteilung charakterisieren lassen.

Anwendung. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der Infrarotstrahlung bildet die Erwärmungs-, Trocknungs- und Heizungstechnik. So ist die Infrarotstrahlung technologisch und ökonomisch günstiger zur Aufheizung oder Trocknung **(Infrarottrocknung)** von Oberflächen oder dünnen Schichten, z. B. Infrarotlacktrocknung, thermische Behandlung von Kunststoffen, Papier und Textilien, Herstellung von Dauerbackwaren. Weit verbreitet ist die Anwendung von Infrarotstrahlung zur Aufzucht von Jungtieren in der Landwirtschaft (z. B. Kücken und Ferkeln). Die **Infrarotstrahlungsheizung** (→ Strahlungsheizung) ist energetisch und ökonomisch vorteilhaft zur Beheizung von großen oder kurzzeitig benutzten Räumen, z. B. Kirchen, Turnhallen, Bädern. Die **Infrarotstrahlungstherapie** (→ Phototherapie) verwendet in Abhängigkeit von der medizinischen Aufgabe und unter Beachtung der Strahlungsdurchlässigkeit der menschlichen Haut im Infrarotgebiet kurz- oder langwelligere Infrarotstrahlung zur Erreichung einer Tiefen- oder Oberflächenerwärmung. Die → **Infrarotspektroskopie** und die **Infrarotabsorptionsspektralanalyse** sind moderne Untersuchungsverfahren der Chemie zur Erforschung von Struktur und Konstitution der Moleküle. Die **Infrarotphotographie** (→ Photographie) ermöglicht infolge der Eigenstrahlung warmer Körper Aufnahmen im Dunkeln (Dunkelphotographie) sowie die Herstellung kontrastreicher Aufnahmen, unter Umständen auch bei Nebel oder dunstiger Atmosphäre. Das für die kurzwellige Infrarotstrahlung gegenüber dem sichtbaren Spektralgebiet stark unterschiedliche Verhalten vieler Körper hinsichtlich Reflexion und Durchlässigkeit ergibt zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten der Infrarotphotographie, z. B. Echtheitsprüfungen ohne Materialzerstörung (Nachweis von Fälschungen an Gemälden und Schriften, Farbechtprüfungen an Textilien u. a.). In der **Infrarotnachrichtentechnik** werden die optischen Eigenschaften der Infrarotstrahlung, z. B. gute Bündelungsfähigkeit und Modulierbarkeit, genutzt, um geradlinige Richtverbindungen zur Nachrichtenübermittlung über kürzere Entfernungen (10 bis 30 km) herzustellen. Die Reichweite ist infolge der Fremdstrahlung, der Einflüsse durch die Atmosphäre und der Gerätekonstruktion kleiner als die berechenbare Vakuumreichweite. Geräte zur **Infrarottelephonie** (z. B. der im zweiten Weltkrieg eingesetzte Lichtsprecher) bestehen aus Sende- und Empfängerteil sowie den Stromversorgungs- und Verstärkereinrichtungen (Abb.). In einem Mikrophon werden die Schallschwingungen der Sprache in elektrische Schwingungen umgewandelt, nach Verstärkung moduliert und vom Sender (z. B. Glühlampe mit Schwarzfilter) im Rhythmus der Sprachfrequenz abgestrahlt. Die durch Spiegel



Wirkungsweise eines Gerätes zur Infrarottelephonie

gerichtete, modulierte Infrarotstrahlung wird im Empfängerteil von einer infrarotempfindlichen Photowiderstandszelle (z. B. Thalliumsulfid- oder Bleisulfid-Zelle) aufgenommen, in elektrische Schwingungen rückverwandelt und nach Verstärkung in einem Fernhörer in akustische Schwingungen umgesetzt. Durch die gezielte Richtung der Trägerwelle und die Unsichtbarkeit der Strahlung ist ein Empfang der Nachrichten durch Unbefugte ausgeschlossen. Die Anwendung der Infrarottechnik für Beobachtungs-, Ortungs- und Tarnungszwecke liegt vorwiegend auf militärischem Gebiet. **Infrarotbeobachtungsgeräte** (→ Nachtsichtgerät) dienen u. a. zur Geländeüberwachung bei Nacht und zur Führungshilfe für Fahrzeuge bei Nacht. Die *thermische Ortung* dient vorwiegend zur Zielsuche und erfolgt mittels besonderer **Wärmepeilgeräte (Infrarotpeilgeräte).** Bei Geräten dieser Art bildet das Ziel die Infrarotstrahlungsquelle, und es werden z. B. die Abstrahlung erhitzter Teile oder Abgase von Kraftfahrzeugen und Panzern, Schiffen oder Flugzeugen über Drehspiegel o. ä. erfaßt. Oft werden Infrarotpeilgeräte mit Steuergeräten gekoppelt, die eine automatische Zielverfolgung gestatten, z. B. bei infrarotgesteuerten Abwehrraketen. Um die Infrarotbeobachtung einzuschränken oder auszuschalten, wird in der **Infrarottarnungstechnik** versucht, die Remission eines Objektes z. B. durch geeignete Anstriche an die Remission seiner Umgebung anzupassen. **Infrarotschranken** dienen als Sicherungsanlagen z. B. gegen Diebstahl, sie können auch zur Zählung von Personen oder Gegenständen eingesetzt werden. Wird zwischen einem Infrarotstrahler und einem Infrarotempfänger ständig ein unsichtbarer Infrarotstrahl aufrechterhalten, so kann bei dessen Unterbrechung über Relais eine Alarmeinrichtung ausgelöst oder ein Zählwerk betätigt werden.

Lit. Borchert u. Jubitz: Infrarottechnik (3. Aufl. Berlin 1958); Brügel: Physik und Technik der Ultrarotstrahlung (2. Aufl. Hannover 1961); Nürnberg: Infrarotphotographie (2. Aufl. Halle 1957); Dehne: I. — moderne Wärmequellen (Leipzig 1961).

Infrarotspektroskopie, abg. **IR-Spektroskopie, Ultrarotspektroskopie,** ein Teilgebiet der Spektroskopie, das das Absorptionsverhalten von Stoffen gegenüber infraroter Strahlung ($0{,}76\ \mu m < \lambda < 100\ \mu m$ untersucht. Die Frequenz dieser Strahlung liegt in der Größenordnung der Frequenzen der Eigenschwingungen der Moleküle. Diese Eigenschwingungen werden durch die Strahlung angeregt, wenn Strahlungsfrequenz und die Frequenz der Molekülschwingungen gleich sind und bei den Molekülschwingungen das Dipolmoment des Moleküls verändert wird. Bei der Schwingungsanregung wird der Strahlung Energie entzogen. Nach Durchgang durch die Probe ist die Strahlung verschiedener Wellenlängen unterschiedlich geschwächt und wird in einem Monochromator mit Prismen aus Alkalihalogeniden oder Gittern zerlegt und dann auf ein Registrierinstrument gelenkt, das die Intensitätsunterschiede der einzelnen Wellenlängen wahrzunehmen vermag. In kommerziellen Geräten wird die Intensitätsverteilung in Abhängigkeit von der Frequenz häufig geschrieben **(IR-Spektrum).** Die I. ist das am meisten angewandte physikalische Hilfsmittel des Chemikers bei der Strukturaufklärung, da unterschiedliche Substanzen niemals gleiche IR-Spektren liefern. Ganz besonders wertvoll ist die Eigenschaft charakteristischer Atomgruppierungen, stets bei der gleichen Frequenz Anlaß zu Absorptionen zu geben. Ferner lassen sich mittels der I. z. B. quantitative Analysen ausführen, zwischenmolekulare Kräfte erkennen und Energiedifferenzen bestimmen.

Lit. → Spektroskopie.

Infrarot-Vidikon, eine speziell auch für den infraroten Spektralbereich (bis $\approx 2\ \mu m$) geeignete Bildaufnahmeröhre vom Typ → Vidikon. Die Photohalbleiterschicht des I.-V.s besteht aus Bleisulfid, Bleioxid und Antimontrisulfid. Das I.-V. erlaubt Fernsehaufnahmen bei völliger Dunkelheit von im Infraroten selbstleuchtenden Objekten und von mit Infrarot-Scheinwerfern angestrahlten Objekten. Seine Trägheit ist geringer als diejenige des Vidikons. Es wird besonders beim industriellen Fernsehen eingesetzt.

Infraschall, mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums mit Frequenzen, die unterhalb des Frequenzbereichs des menschlichen Hörens liegen, also unterhalb etwa 16 Hz (Hertz).

Ingenieurbau, ein Bauwerk (z. B. Brücke, weitgespannte Halle, Seilkonstruktion), das auf Grund seiner Gliederung, Struktur, Abmessung und Beanspruchung im wesentlichen durch eine ingenieurmäßige Konstruktion und Ausführung sowie deren statische Berechnung und wissenschaftlich ausgearbeitete Technologie bestimmt ist.

INH, Abk. für → Isonikotinsäurehydrazid.

Inhalationsgeräte, Geräte, mit denen Sauerstoff O_2 oder ein Sauerstoff-Luft-Gemisch in bestimmter Menge verabreicht werden kann. Ihr Einsatz erfolgt hauptsächlich in Krankenhäusern, in Rettungswagen des DRK und der Feuerwehr sowie in Unfallstationen. Armatur und Sauerstoffflasche (Druck 150 kp cm^{-2}) können fahrbar oder tragbar (als Koffergerät) ausgebildet sein. Im modernen Krankenhausbau wird der Sauerstoffbedarf der einzelnen Abteilungen oft aus einem Rohrleitungsnetz gedeckt. Zu Sauerstoff-Batterien zusammengeschlossene Sauerstoffflaschen versorgen dabei durch ein Leitungsnetz die entsprechenden Zimmer. Die Entnahme erfolgt über Wandarmaturen. Das **Sauerstoffzelt** ist ein über dem Krankenbett errichteter zeltartiger Aufbau aus glasklarem Kunststoff. Mit einem Aggregat werden eine konstante Luftfeuchtigkeit und eine konstante, einstellbare Temperatur im Zelt erzeugt. Gleichzeitig wird ein Sauerstoff-Luft-Gemisch in das Zelt geblasen und die Ausatemluft laufend abgesaugt. Die **Sauerstoffhaube** besteht aus durchsichtigem Kunststoff und steht über dem Kopf und einem Teil der Brust des im Bett liegenden Patienten. Die Haube wird meist bei Kindern eingesetzt, wenn es notwendig ist, eine Sauerstofftherapie über längere Zeit durchzuführen. Die Ausatemluft wird durch den nachströmenden Sauerstoff laufend ausgespült. Der **Sauerstofftrichter,** ein an einem beweglichen Gestell oder Metallschlauch befestigter Kunststofftrichter, wird besonders bei Kindern oder Patienten angewandt, bei denen es nicht möglich ist, zur Inhalation eine Gesichtsmaske (mit Ein- und Ausatemventil versehene Gummihalbmaske) aufzusetzen, oder dann, wenn die Einatemluft nur etwas mit Sauerstoff angereichert werden soll. Mit entsprechenden Zusatzgeräten können auch Aerosole durch den Trichter verabreicht werden.

Inhalationsnarkosegerät, ein medizinisches Atemgerät für die Inhalationsnarkose (Gasnarkose) mit Inhalationsnarkotika. Man unterscheidet zwischen gasförmigen Inhalationsnarkotika (z. B. Distickstoffmonoxid, Zyklopropan) und flüssigen, stark flüchtigen Inhalationsnarkotika (z. B. Chloroform, Äther). Die Atemwege sind durch eine Atemmaske oder einen Katheter und Schläuche mit dem Gerät verbunden. Es gibt verschiedene Narkosesysteme; je nach System strömt entweder das gesamte Ausatemgas ins Freie, oder ein Teil des Ausatemgases strömt ins Freie, und ein Teil wird regeneriert, oder aber es wird das gesamte Ausatemgas regeneriert. Zum Regenerieren wird das Ausatemgas durch einen Behälter geleitet, der mit Atemkalk gefüllt ist; dieser absorbiert das CO_2. Eine notwendige Beatmung erfolgt entweder manuell mittels eines Atembeutels oder Faltenbalges oder durch ein automatisches Narkosebeatmungsgerät.

Inhibition, negative → Katalyse.

Inhibitoren, Passivatoren, Hemmstoffe, Verzögerer, Antikatalysatoren, Stoffe, die im Gegensatz zu den Beschleunigern, den Katalysatoren, eine chemische Reaktion hemmen oder verhindern. Von technischer Bedeutung sind z. B. die Oxydations- und Korrosionsinhibitoren.

Lit. Philipp, Richter, Seidel: Organische I. der Metallkorrosion (Berlin 1967).

inhomogen, an verschiedenen Punkten verschieden im physikalischen Verhalten, z. B. i.e Körper, i.e Mittel. Gegensatz: → homogen.

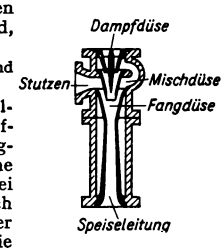
Initialsprengstoffe, → Explosivstoffe.

Initialzündung, die Zündung eines schwerer entzündlichen durch einen leichter entzündlichen Sprengstoff, z. B. durch Knallquecksilber in einer Kupferhülse oder durch Bleiazid für Sprengkapseln mit Aluminiumhülse.

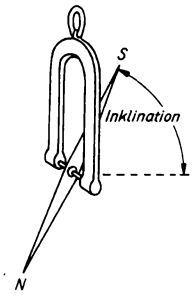
Injektion, im Bauwesen das Einbringen von verfestigenden Stoffen in Bauwerke oder Baugrund. Bei Gründungen zur Erhöhung der Festigkeitseigenschaften des Bodens in gewachsenem oder gestörtem Zustand (z. B. in klüftigem Fels) werden Suspensionen (Zement), Lösungen (Wasserglas) oder Emulsionen (Bitumen) meist unter hohem Druck nach entsprechenden Bohrungen eingebracht. Bei nichtbindigem Boden (Sand, Kies) werden Rohre in den Boden eingeführt.

Lit. Jähde: I.en zur Verbesserung von Baugrund und Bauwerk (Berlin 1953).

Injektor, 1) Maschinenbau: **Dampfstrahlpumpe,** ein Strahlapparat zum Speisen von Dampfkesseln. Der Dampf tritt mit hoher Geschwindigkeit aus einer Dampfdüse (vgl. Abb.) in eine davorgeschaltete Mischdüse und saugt dabei Wasser durch einen Stutzen an. Das Gemisch aus Wasser und Dampf strömt dann mit großer Geschwindigkeit durch eine Fangdüse in die Speiseleitung.



Iniektor (Schnitt)



Inklination einer Magnetnadel

2) Bergbau: ein Apparat zum Einblasen von Druckluft in ein beim Bohren verwendetes Staubsaugegerät zum Absaugen des gesundheitsschädigenden Gesteinsstaubes.

Inklination, 1) der Neigungswinkel, den die Ebene einer Planetenbahn mit der Ebene der Erdbahn bildet.

2) **Neigung,** der Winkel, den eine um eine waagerechte Achse allseitig frei beweglich aufgehängte Magnetnadel mit der Waagerechten bildet. Die I. wird mit dem Erdinduktor bestimmt.

inkommensurabel, nicht mit gemeinsamem Maß meßbar, nicht vergleichbar. Zwei mathematische Größen sind i., wenn ihr Verhältnis irrational ist, d. h. wenn sich nicht beide Größen als ganzzahlige Vielfache derselben Grundeinheit ausdrücken lassen. Zum Beispiel sind die Irrationalzahlen i. zu den rationalen Zahlen; Seite und Diagonale eines Quadrats sind inkommensurable Strecken, denn ihr Verhältnis ist $1 : \sqrt{2}$.

Inkrement, kleine Zunahme einer veränderlichen Größe. Gegensatz: → Dekrement.

Inkrom-Verfahren, → Inchromieren.

Inkubator, ein in der Medizintechnik verwendetes kastenförmiges Spezialwärmebett, im Prinzip eine abgeschlossene kleine Klimakammer. Der I. ist stationär oder transportabel ausgeführt und dient zur Schaffung günstiger Umweltbedingungen für die Aufzucht Frühgeborener, Neugeborener und besonders pflegebedürftiger Säuglinge. In dem I. liegt das Kind vor Infektionsgefahr geschützt. Die von außen angesaugte Luft wird durch ein Bakterienfilter gereinigt, und ihre Temperatur und Feuchtigkeit sowie ihr Sauerstoffgehalt werden entsprechend eingestellt oder automatisch reguliert. Durch eine durchsichtige Plasthaube kann das Kind genau beobachtet werden. Pflege, Wartung und ärztliche Versorgung einschließlich operativer Eingriffe erfolgen durch irisblendenartige Durchgriffe und verschließbare Klappen, so daß das Kind bei diesen Maßnahmen nicht herausgenommen zu werden braucht („geschlossenes System", im Gegensatz zur Couveuse). Auch beim Öffnen der Durchgriffe gelangt keine Außenluft in das Gerät, da die Luftströmung von innen nach außen gerichtet ist.

Innenmessung, Kurzbezeichnung **TTL** (von englisch through the lens), die Belichtungsmessung hinter dem Objektiv einäugiger Spiegelreflexkameras mit Photowiderstand. Dabei werden nur die innerhalb des Bildwinkels des jeweils verwendeten Objektivs vorhandenen Lichtverhältnisse berücksichtigt. Jede Lichtminderung durch Auszugsverlängerung, Filter u. a. geht direkt in die Messung ein.

Innenpolmaschine, eine → elektrische Maschine.

Innenring, ein Teil des Wälzlagers, → Lager.

Innenwiderstand, 1) der innere Widerstand einer Stromquelle (galvanisches Element, Akkumulator, Generator) oder auch eines elektrischen Meßinstruments. Der I. ergibt sich aus dem Verhältnis von Spannungsabfall in der Stromquelle oder im Meßinstrument zur Stromstärke.

2) der Wechselstromwiderstand einer Elektronenröhre zwischen Katode und Anode.

innere Energie, U, Energiegehalt eines Systems bei konstantem Volumen, dessen Absolutwert schwer zu bestimmen ist. Die Änderung der i.n E. eines Systems ΔU setzt sich aus einem Arbeitsbetrag A und einer Wärme Q zusammen: $\Delta U = A + Q$. Die i. E. ist eine Zustandsfunktion, d. h., die i. E. eines Systems ist nur abhängig vom Anfangs- und Endzustand und unabhängig von der speziellen Art des Weges der betrachteten Zustandsänderung. Die Änderung der i.n E. ΔU eines Systems beim Übergang von einem Zustand 1 in einen anderen Zustand 2 stellt die Wärme (in cal oder kcal) dar, die das System bei konstant gehaltenem Volumen aufnimmt oder abgibt: $\Delta U = U_1 - U_2$. Die Änderungen der i.n E. eines Systems können mit einem → Kalorimeter gemessen werden. Da die Messung der i.n E. die bei Flüssigkeiten und Festkörpern experimentell sehr schwierige Konstanthaltung des Volumens erfordert, verwendet man als Maß für den Wärmeinhalt eines Systems häufig die → Enthalpie.

innere Orientierung, → Meßkammer.

innere Reibung, → Viskosität.

Inosite, Zyklohexite, in der Natur weit verbreitete sechswertige zyklische Alkohole. Am wichtigsten ist der **myo-Inosit (meso-Inosit, Bios I),** chemisch optisch inaktives Hexahydroxyzyklohexan $C_6H_6(OH)_6$. Er ist ein für viele Säuger und Mikroorganismen wichtiger Wuchsstoff. myo-Inosit findet sich im Tierkörper (Muskel, Leber, Gehirn) und ist im Pflanzenreich in Form von Phytin, dem Kalziumsalz des Hexaphosphorsäureesters des myo-Inosits, weit verbreitet. Ferner ist myo-Inosit Bestandteil mancher Phosphatide. Heute zählt er mit zu den Vitaminen der B-Gruppe.

Inoxydieren, ein Oberflächenbehandlungsverfahren zum Umwandeln der Oberfläche von Gußeisen- oder Stahlteilen in Eisen(II, III)-oxid zum Schutz gegen Rosten. Dazu werden die Werkstücke in Flammöfen auf 800 bis 900 °C erhitzt und abwechselnd der Wirkung oxydierender und reduzierender Feuergase unterworfen.

Insektizide, chemische Mittel zur Abtötung oder Vertreibung von Mücken, Fliegen, Wanzen, Ameisen u. a. Die meisten I. werden synthetisch gewonnen, daneben haben noch einige I. aus pflanzlichen Rohstoffen, z. B. Rotenon, Anabasin und die Pyrethrine, Bedeutung. Früher dienten auch Teeröle und Mineralöle zur Bekämpfung der I., die heute noch in bestimmten Spritzmitteln enthalten sind. Natriumarsenat, Natriumfluorid, Kaliumantimonyltartrat und Natriumsilikofluorid sind Fraßgifte, die gegen Ameisen und Schaben eingesetzt werden. Die wichtigsten I. sind organische Verbindungen, die man formal in zwei Gruppen einteilen kann: 1) Chlorierte Kohlenwasserstoffe, z. B. → DDT-Mittel, → HCH-Mittel, Chlordan und Heptachlor, Aldrin (HHDN), Dieldrin (HEOD), und 2) organische Phosphorverbindungen, z. B. Tetraäthyldiphosphat, Hexaäthyltetraphosphat, Thiophosphorsäureester (→ E-Mittel) und andere Phosphorverbindungen, z. B. Schradan [Bis-(bis-dimethylamino)-phosphorsäureanhydrid].

In der DDR sind allein etwa 50 synthetisch dargestellte I. im Handel.

Installation, der Einbau von Draht- und Rohrleitungen in ein Gebäude, durch die Wasser, Gas oder elektrischer Strom zu den Verbrauchsstellen geführt und Abwasser entfernt werden, auch der Einbau von Heizungs- und Klimaanlagen einschließlich aller Armaturen und der dazugehörigen Installationsobjekte (Waschbecken, Abort u. ä.).

Entsprechend der Industrialisierung des Bauwesens und der Serienfertigung im Ausbau geht man in der Haustechnik zu standardisierten, serienmäßig hergestellten Installationselementen und zur industriellen Installationsmontage über. Dazu werden z. B. Küche, Bad und Abort mit den zugehörigen Installationsanlagen zu räumlichen Einheiten, den **Installationszellen,** zusammengefaßt und als vorgefertigte Einheit auf die Baustelle geliefert und montiert.

Typisierte Installationselemente sind z. B. *Anschlußelemente* für die horizontalen Zu- und Abflußleitungen; *Rohrbündel,* geschoßhohe starre Zusammenfassungen der vertikalen Zu- und Abflußleitungen; *Rahmenelemente,* starre Zusammenfassung der horizontalen und vertikalen Zu- und Abflußleitungen in Rahmen, die auch

zur Befestigung der Installationsobjekte dienen; *Installationsblöcke*, vorfabrizierte Wandelemente, in die die Anschlußelemente und Rohrbündel eingebaut sind.

Lit. Fritzsche: I.en im Bauwerk (Bd I–III 7. Aufl. Berlin 1967).

instationäre Strömung, → Strömungslehre.

Instrumentenflug, Blindflug, das Fliegen ohne Erdsicht, d. h. ohne Sicht des natürlichen Horizonts und der Bodenkennzeichen bei Nebel, in, zwischen und über den Wolken, bei Nacht und im Luftraum oberhalb 7500 m Höhe über Grund, allein nach Bordinstrumenten (→ Luftfahrzeugführungsgeräte). Die Fluglage wird von den Flugzustandsüberwachungsgeräten angezeigt. Zu diesen gehören → künstlicher Horizont, → Wendezeiger, barometrischer → Höhenmesser, → Fahrtmesser und → Variometer. Ferner gehören zur Pflichtausrüstung bei I. Magnetkompaß (→ Kompaß), Funkkompaß (→ Funkpeiler), UKW-Sender und -Empfänger sowie Empfänger für Markierungsfunkfeuer (→ Funkfeuer).

Außer dieser Mindestausrüstung führen Luftfahrzeuge, die im Linienverkehr eingesetzt sind weitere Funkgeräte für die Navigation und Flugsicherung mit. Art und Umfang hängen von den angewandten Verfahren der → Funkortung und der → Flugsicherung ab, zumindest sind mitzuführen UKW-Funkempfangsgerät für Instrumenten-Lande-System und Drehfunkfeuer VOR.

Instrumenten-Lande-System, → Anflug- und Landesysteme.

Insulin, ein Hormon, das in den Langerhansschen Inseln der Bauchspeicheldrüse gebildet wird und die Speicherung der Kohlenhydrate in der Leber als Glykogen bewirkt. Fehlt es, wird der mit der Nahrung zugeführte Zucker nicht verbrannt, die Zuckerkonzentration im Blut steigt an, und der überschüssige Blutzucker wird mit dem Harn ausgeschieden (Zuckerkrankheit, Diabetes mellitus). I. ist ein kompliziert gebautes Polypeptid, dessen Struktur aufgeklärt ist und dessen Totalsynthese 1963 gelang; es wird aus Bauchspeicheldrüsen von Schlachttieren gewonnen und dient zur Behandlung der Zuckerkrankheit.

Integralgleichung, eine Gleichung, in der die unbekannte Funktion $f(x)$ unter dem Integralzeichen (als Integrand) auftritt, z. B. die Gleichung $\lambda \cdot \int_a^b k(x, t) \cdot f(t)\, dt = f(x)$. Dabei ist der Kern $k(x, t)$ eine vorgegebene Funktion, λ ist ein zusätzlicher Parameter. Eine solche Gleichung ist im allgemeinen nur für bestimmte Werte von λ lösbar, die man die Eigenwerte der I. nennt. Die zugehörigen Lösungen heißen → Eigenfunktionen der I. Die I.en sind von großer Bedeutung für Physik und Technik.

Integralrechnung, Grunddisziplin der höheren Analysis. Zusammen mit der → Differentialrechnung bildet die I. die Infinitesimalrechnung. Die I. kann man formal als die Umkehrung der Differentialrechnung betrachten. Ist $f(x)$ eine gegebene differenzierbare Funktion der reellen Veränderlichen x, so ist es Aufgabe der Differentialrechnung, die Ableitung $f'(x)$ der gegebenen Funktion zu bestimmen. Aufgabe der I. dagegen ist es, alle Funktionen $F(x)$ zu bestimmen, deren Ableitung die gegebene Funktion $f(x)$ ist, oder anders ausgedrückt, die der Differentialgleichung $F'(x) = f(x)$ oder $dF(x) = f(x)dx$ genügen. Eine solche Funktion $F(x)$ nennt man eine zur Funktion $f(x)$ gehörige *Stammfunktion* oder *Integralfunktion*. Da sich Funktionen mit derselben Ableitung nur um eine additive Konstante unterscheiden können, gibt es zu einer gegebenen Funktion $f(x)$ unendlich viele Stammfunktionen $F(x) + C$. Dieser allgemeine Ausdruck für die Gesamtheit aller Funktionen, deren Ableitung $f(x)$ ist, wird **unbestimmtes Integral** der Funktion $f(x)$ oder des Differentials $f(x)dx$ genannt und ist bis auf die willkürliche Konstante C bestimmt. Schreibweise:

$$\int f(x)dx = F(x) + C.$$

Das Symbol $\int$ heißt *Integralzeichen*, $f(x)$ *Integrand*, die Größe x *Integrationsvariable* und C *Integrationskonstante*. Die Gesamtheit der für die Gewinnung von $F(x)$ aus $f(x)$ notwendigen Operationen bezeichnet man als *Integration*, das Berechnen des Integrals heißt *Integrieren*.

Zur Auffindung eines unbestimmten Integrals bedient man sich gewisser Integrationsformeln und -regeln. Die **Grundintegrale** ergeben sich durch Umkehrung unmittelbar aus den Differentiationsformeln. Einige der wichtigsten Grundintegrale sind:

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \quad (n \neq -1)$$

$$\int \frac{dx}{x} = \ln x + C \quad (x > 0)$$

$$\int e^x dx = e^x + C$$

$$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C = a^x \cdot \log_a e + C \quad (0 < a \neq 1)$$

$$\int \sin x\, dx = -\cos x + C$$

$$\int \cos x\, dx = \sin x + C$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \tan x + C$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\cot x + C$$

Von den Regeln für das Integrieren seien folgende wichtige **Integrationsregeln** genannt:

1) Ein konstanter Faktor kann vor das Integralzeichen gezogen werden:

$$\int a \cdot f(x)\, dx = a \int f(x)\, dx.$$

2) Eine Summe (Differenz) wird gliedweise differenziert:

$$\int [u(x) \pm v(x)]\, dx = \int u(x)\, dx \pm \int v(x)\, dx.$$

3) Partielle (unvollständige) Integration:

$$\int u(x) \cdot v'(x)\, dx = u(x) \cdot v(x) - \int u'(x) \cdot v(x)\, dx$$

oder $\int u dv = uv - \int v du$.

4) Substitutionsmethode: Ist $x = \varphi(t)$, so gilt $\int f(x)\, dx = \int f[\varphi(t)] \cdot \varphi'(t)\, dt$.

Bei der Integration versucht man, ein gegebenes Integral durch algebraische oder trigonometrische Umformungen bzw. durch Anwendung von Integrationsregeln auf die Grundintegrale zurückzuführen. Häufig ist die Bestimmung von Integralen nur durch Anwendung gewisser mathematischer Kunstgriffe, z. B. Einführung einer neuen Variablen, möglich.

Setzt man in dem unbestimmten Integral $\int f(x)\, dx = F(x) + C$ zuerst $x = b$, sodann $x = a$ und subtrahiert, so fällt die unbestimmte Konstante C heraus, und es ergibt sich die bestimmte, von x unabhängige Zahl $F(b) - F(a)$, die das **bestimmte Integral** zwischen den Grenzen a und b genannt wird, wobei man a als *untere Grenze* und b als *obere Grenze* bezeichnet. Schreibweise:

$$\int_{x=a}^{x=b} f(x)\, dx = \int_a^b f(x)\, dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a).$$

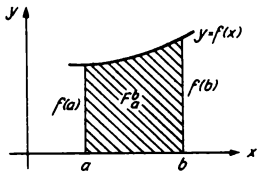
Für das bestimmte Integral gilt:

$$\int_b^a f(x)\, dx = -\int_a^b f(x)\, dx, \quad \int_a^a f(x)\, dx = 0, \quad \int_a^b f(x)\, dx + \int_b^c f(x)\, dx = \int_a^c f(x)\, dx.$$

Dem bestimmten Integral kommt eine konkrete geometrische Bedeutung zu. Es entspricht der Maßzahl für den Inhalt der Fläche, die in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem von der Kurve $y = f(x)$, der x-Achse und den

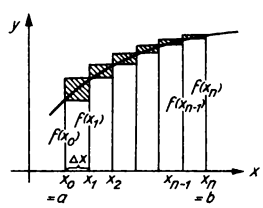
beiden in $x = a$ und $x = b$ errichteten Ordinaten $f(a)$ und $f(b)$ begrenzt wird (Abb. 1).

Man kann das bestimmte Integral auch als *Grenzwert einer Summe* definieren. Zur Veranschaulichung (Abb. 2) zerlegt man die Strecke



1 Bestimmtes Integral als Flächeninhalt

zwischen den Punkten $x = a$ und $x = b$ der x-Achse in n gleiche Teilabschnitte der Größe $\Delta x = \frac{b-a}{n}$. Die Abszissen der Teilpunkte seien $x_0 (= a), x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n (= b)$, die zugehörigen Ordinaten $f(x_0) = f(a), f(x_1), f(x_2), \ldots, f(x_{n-1}), f(x_n)$. Greift man ein Teilintervall heraus und zieht in den Schnittpunkten von $f(x)$ mit den begrenzenden Ordinaten die Parallelen zur x-Achse, so erhält man ein „einbeschriebenes" und ein „umbeschriebenes" Rechteck. Insgesamt gelangt man zu einer Summe einbeschriebener Rechtecke, genannt *Untersumme* $\underline{A}_n$, die kleiner ist als die gesuchte Fläche $\underline{A}$, und einer Summe umbeschriebener Rechtecke, genannt *Obersumme* $\overline{A}_n$, die größer ist als die gesuchte Fläche $\underline{A}$. Je feiner die Unterteilung in Rechtecke ist, d. h. je größer n (oder je kleiner Δx) ist, desto besser



2 Das bestimmte Integral als Grenzwert einer Summe

nähern sich die Obersumme von oben her und die Untersumme von unten her dem gesuchten Flächeninhalt. Läßt man n über alle Grenzen wachsen, so streben Ober- und Untersumme gegen einen gemeinsamen Grenzwert, den Wert des Flächeninhalts A_a^b unter der Kurve $y = f(x)$ von a bis b:

$$A_a^b = \lim_{n\to\infty} \underline{A}_n = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=0}^{n-1} f(x_i)\,\Delta x,$$

$$A_a^b = \lim_{n\to\infty} \overline{A}_n = \lim_{n\to\infty} \sum_{i=1}^{n} f(x_i)\,\Delta x.$$

Hierdurch wird das bestimmte Integral $\int f(x)\,dx$ einer integrablen Funktion als Grenzwert einer Summe dargestellt, und man kann es berechnen, wenn nur die Funktion $y = f(x)$ gegeben ist, ohne das unbestimmte Integral zu kennen. Nunmehr ist auch die Bedeutung des von Leibniz als Integralzeichen $\int$ eingeführten stilisierten lateinischen Buchstabens S erklärlich, das auf Summe hindeutet.

Die Definition des bestimmten Integrals als Grenzwert einer Summe liegt den Methoden zur angenäherten Berechnung bestimmter Integrale zugrunde. Bekannte Näherungsformeln, die darauf beruhen, daß das bestimmte Integral durch eine endliche Summe ersetzt wird, sind z. B. *Rechteckformel* (→ Näherung), *Trapezformel, Tangentenformel,* → *Simpsonsche Regel, Keplersche Faßregel.* Derartige angenäherte zahlenmäßige Berechnungen eines bestimmten Integrals bezeichnet man als **numerische Integration.** Die Anwendung numerischer (rechnerischer) Verfahren ist immer dann erforderlich, wenn Funktionen nicht nach den bekannten Methoden und Formeln integriert werden können. Die numerische Integration hat den Vorteil hoher Genauigkeit bei nicht allzu großem Arbeitsaufwand und ist besonders für die praktischen Anwendungen der I. außerordentlich wichtig. Weiterhin verwendet man auch graphische und maschinelle Methoden zur Berechnung von Integralen.

Die Integration elementarer Funktionen führt nur für bestimmte Klassen von Funktionen (z. B. für alle rationalen Funktionen) wieder auf elementare Funktionen, d. h., nicht jede Funktion ist *integrierbar* (*integrabel*). Schon verhältnismäßig einfache Integrale, z. B. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^4}}$ oder $\int \frac{\sin x}{x}\,dx$, sind nicht elementar ausführbar, stellen vielmehr neue Funktionen von besonderen Eigenschaften dar. Die I. schafft somit neue Funktionen, die als *höhere, nicht elementare Funktionen* in die Analysis eingehen (z .B. → elliptische Integrale).

Die einfachste Verallgemeinerung des Begriffs des bestimmten Integrals bilden die **uneigentlichen Integrale,** das sind Integrale mit unendlichen Grenzen und Integrale unstetiger Funktionen.

Der Begriff des bestimmten Integrals läßt sich in verschiedenen Richtungen erweitern. Während das Integrationsgebiet des gewöhnlichen bestimmten Integrals ein Intervall [a,b] der Abszissenachse ist, führt die Integration längs einer ebenen oder räumlichen Kurve auf ein *Kurven-* oder *Linienintegral.* Ist das Integrationsgebiet ein Ebenenstück, so ergibt sich ein *Doppelintegral,* handelt es sich um das Integrieren einer beliebigen Fläche, so erhält man ein *Oberflächenintegral,* bei einem räumlichen Integrationsgebiet ein *dreifaches Integral.* Zu der Integration von Funktionen einer reellen unabhängigen Veränderlichen tritt damit die Integration von Funktionen mehrerer reeller unabhängiger Veränderlicher, die zu den **mehrfachen Integralen** führt. Zum Beispiel ist das Doppelintegral das Integral einer Funktion $f(x, y)$ zweier Veränderlicher, die in einem gewissen Bereich (Gebiet) G der x,y-Ebene definiert sind. Schreibweise: $\iint f(x,y)\,dx\,dy$ oder $\iint_G f(x,y)\,dG$. Ein Doppelintegral kann durch zwei nacheinander auszuführende Integrationen über je eine Integrationsvariable berechnet werden, analog kann man auch die Berechnung mehrfacher Integrale auf eine entsprechende Anzahl einfacher Integrationen zurückführen. Die Integration von Funktionen komplexer unabhängiger Veränderlicher ist Aufgabe der Funktionentheorie.

Die I. ermöglicht die Lösung vieler wichtiger geometrischer, physikalischer und technischer Probleme. Sie liefert u. a. geeignete Verfahren zur Berechnung von Flächen (*Quadratur*), Bogenlängen von Kurven (*Rektifikation*), Oberflächen (*Komplanation*) und Volumen (*Kubatur*) krummflächig begrenzter Körper, insbesondere Oberfläche und Volumen von Rotationskörpern (→ Guldinsche Regeln). Weiterhin wird die I. angewendet auf die Berechnung von statischen Momenten, Schwerpunkten, Trägheitsmomenten u. a.

Die **Integralgeometrie** ist ein Zweig der höheren Mathematik, der sich in erster Linie mit den Eigenschaften von Kurven und Flächen befaßt, die sich als Integrale ausdrücken lassen.

Lit. Mangoldt-Knopp: Einführung in die höhere Mathematik, Bd 3 (12. Aufl. Leipzig 1963); Rothe: Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker, Ingenieure, Tl 2 (17. Aufl. Leipzig 1965); → Differentialrechnung.

Integraph, → Integrator.

Integration, 1) allgemein svw. Zusammenschluß, Bildung übergeordneter Ganzheiten.

2) Mathematik: der Prozeß der Berechnung (des Auffindens) eines bestimmten oder eines unbestimmten Integrals zu einer gegebenen Funktion. Mitunter bezeichnet man auch die Bestimmung der Lösung einer Differentialgleichung als I. der Differentialgleichung und die Bestimmung eines Integrals im Gegensatz dazu als **Quadratur.**

Integrator, ein Gerät zur instrumentellen Integration von Funktionen oder Differentialgleichungen. Elektronische I.en werden als Recheneinheiten von → Analogierechenautomaten verwendet. Mechanische und elektromechanische I.en enthalten als Hauptelement einen Integriermechanismus. Sie heißen **Integrimeter** (z. B. → Planimeter), wenn sie den Integralwert von Punkt zu Punkt messen und an einer Meßrolle anzeigen, oder **Integraphen,** wenn sie die Integralkurve aufzeichnen. Die **Integrieranlage (Differentialanalysator)** ist ein komplizierter Integraph.

Integrieranlage, ein → Integrator.

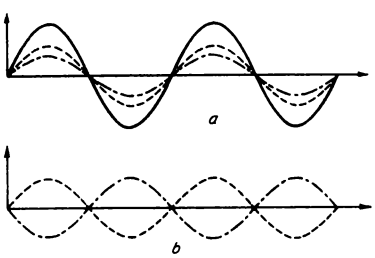
integrierte Dünnfilmtechnik, → Mikroelektronik.

integrierte Halbleitertechnik, → Mikroelektronik.

Integrimeter, → Integrator.

Intercarrierverfahren [aus dem Englischen], **Differenzträgerverfahren,** ein Schaltungsverfahren bei Fernsehempfängern zur Verstärkung des Fernsehbegleittons. Dabei wird für Bild und Ton ein gemeinsamer Zwischenfrequenzverstärker benutzt. Am Bildgleichrichter entsteht eine Differenzfrequenz zwischen Bild- und Tonträger (5,5 MHz), die die Tonmodulation enthält. Nach Verstärkung und Demodulation gewinnt man das niederfrequente Tonsignal. Das I. hat sich aus ökonomischen Gründen (geringerer Schaltungsaufwand) bei Fernsehrundfunkempfängern durchgesetzt. Ein anderes Schaltverfahren ist das → Paralleltonverfahren.

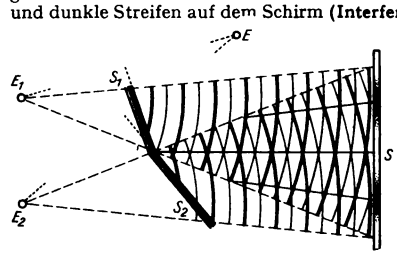
Interferenz, die Überlagerung mehrerer Wellen beim Zusammentreffen in einem Raumpunkt. Haben die interferierenden Wellen gleiche Wellenlänge und gleiche Phase, so ist die Amplitude der entstehenden Welle gleich der Summe der Amplituden der beiden ursprünglichen Wellen; es tritt also Verstärkung ein (Abb. 1a). Völlige Auslöschung (Abb. 1b) tritt ein, wenn die Wellen gleiche Amplituden haben und um eine halbe Wellenlänge gegeneinander verschoben sind



1 Interferenz zweier Wellen. *a* Zwei Wellen mit gleicher Wellenlänge, gleicher Phase und wenig unterschiedlicher Amplitude verstärken sich zu einer Welle gleicher Wellenlänge und Phase, deren Amplitude gleich der Summe der Amplituden der beiden Wellen ist. *b* Zwei Wellen mit gleicher Wellenlänge, gleicher Amplitude und einem Phasenunterschied von einer halben Wellenlänge löschen sich aus

(*Gangunterschied* $\lambda/2$); bei Lichtwellen ist dann Dunkelheit, bei Schallwellen Stille, bei Wasserwellen Ruhe vorhanden.

Die I. des Lichts setzt *kohärente* Lichtwellenzüge voraus, also solche, die gleichzeitig von ein und derselben Lichtquelle ausgehen, denn sie müssen von denselben strahlenden Atomen stammen. Vor der Überlagerung legen sie verschiedene Wege zurück und treffen dann an dem betreffenden Raumpunkt mit einer bestimmten, stets konstanten Phasendifferenz ein. Man unterscheidet zwischen **Fresnelscher I.,** bei der von einer nahen Lichtquelle ein divergentes Strahlenbündel kommt (Fresnelscher Spiegelversuch, Abb. 2), und **Fraunhoferscher I.,** bei der das einfallende Lichtbündel von einer unendlich weit entfernten Lichtquelle herkommt (paralleles Licht). Diese I. spielt bei den optischen Instrumenten eine Rolle, bei denen das durch sie abgebildete Objekt sehr weit entfernt ist, während in allen übrigen Fällen, vor allem in der Mikroskopie, die Fresnelsche Interferenz Bedeutung erlangt (→ Interferenzmikroskop). Beim Fresnelschen Spiegelversuch ergeben sich bei monochromatischem Licht helle und dunkle Streifen auf dem Schirm (**Interferenzstreifen**). Aus dem Abstand des Spiegels vom Schirm, dem der Lichtquellen voneinander und der gegenseitigen Entfernung der Interferenzstreifen kann die Wellenlänge des Lichts der Lichtquelle berechnet werden. Bei weißem Licht sind die Interferenzstreifen farbig, weil die zu den einzelnen Frequenzen (Farben) gehörigen Streifen sich infolge geringer Verschiebung gegeneinander überlagern. Diese **Interferenzfarben** beobachtet man z. B. bei Seifenblasen (→ Farben dünner Blättchen). Auf I. beruhen die → Interferometer und der → Interferenzkomparator.



2 Fresnelscher Spiegelversuch. *E* Lichtquelle, E_1 und E_2 Spiegelbilder der Lichtquelle, *S* Schirm, S_1 und S_2 Spiegel

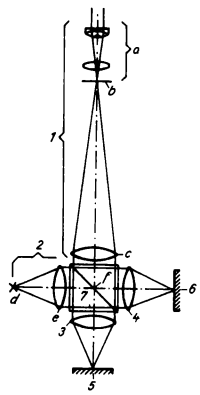
Röntgenstrahlung und Materiewellen kann man durch Kristallgitter zur I. bringen.

Interferenzfarben, svw. → Farben dünner Blättchen.

Interferenzfilter, ein → optisches Filter.

Interferenzkomparator, ein Meßgerät, mit dem die Längen von Endmaßen durch direkten Vergleich mit Lichtwellenlängen gemessen werden. Es wird dabei die Interferenz von monochromatischem Licht, das bestimmten Spektrallinien von Helium oder Krypton entspricht, verwendet. Das zu messende Endmaß wird an eine Objektplatte angesprengt und zusammen mit dieser in den Strahlengang eines Interferometers gebracht. Dabei erscheinen auf der Oberfläche der Objektplatte und auf der freien Endmaßfläche Interferenzstreifen, die je nach der Spektralfarbe des zur Interferenz gebrachten Lichtes verschieden stark gegeneinander versetzt sind. Aus der bei verschiedenen Lichtfarben (Wellenlängen) ermittelten Streifenversetzung und aus dem bekannten Sollmaß des Endmaßes läßt sich die Länge des Endmaßes auf etwa $\pm 0{,}025\ \mu m$ genau bestimmen.

Interferenzmikroskop, Mikrointerferometer, eine Kombination von Mikroskop und Interferometer. Wie in der normalen → Mikroskopie gibt es I.e für Auflichtbeobachtungen (Messen feiner Höhenunterschiede, Prüfen von Oberflächenrauhigkeit, Formabweichungen) und für Durchlichtbeobachtungen (Messen kleiner Brechzahlunterschiede, insbesondere zur Bestimmung der Trockenmasse lebender Zellen). Im Bild des Ob-



Interferenzmikroskop nach Zeiß-Linnik mit Teilungswürfel im parallelen Strahlengang. *1* Beobachtungsfernrohr mit Okular *a*, Bildebene *b*, Objektiv *c*. *2* Kollimator, bestehend aus Lichtquelle *d* und Sammellinse *e*, erzeugt die parallelen Lichtstrahlen für die Beleuchtung. *3* und *4* zwei auf unendlichen Bildabstand korrigierte, gleiche Mikroskopobjektive, von denen das eine den Prüfling *5*, das andere die Referenzebene *6* (kippbarer Spiegel) gleich stark vergrößert ins Unendliche abbildet. *7* Teilungswürfel mit der halbdurchlässigen Teilungsfläche *f*, welche die von Prüfling und Referenzebene zurückgeworfenen Strahlen zur Interferenz bringt

jekts werden Interferenzstreifen erzeugt, die das Bild ähnlich wie Höhenschichten durchziehen. Die Interferenzstreifen entstehen durch Differenzen der Lichtwege innerhalb des Gerätes oder z. B. vom Objekt und von einer Vergleichsfläche (Referenzebene) zur Bildebene. Unebenheiten des Objekts oder Brechzahlunterschiede werden als Krümmungen oder Knicke in den Interferenzstreifen sichtbar. Auf diese Weise lassen sich Höhenunterschiede bis zu etwa 0,02 μm messen. Je nach der verwendeten Interferenzeinrichtung unterscheidet man im Auflicht I.e mit Zweistrahl- und mit Mehrstrahl- (Vielstrahl-)Interferenzen. Das I. nach Zeiß-Linnik ist ein Zweistrahlgerät, das mit einem Michelson-Interferometer vor dem Objektiv ausgerüstet ist. Die Vergleichsfläche ist seitlich angebracht. Da sich zwischen Objektiv und Objekt (Prüfling) keine optischen Teile befinden, können starke Objektive und damit hohe Vergrößerungen angewendet werden. Die Meßgenauigkeit beträgt etwa $\lambda/20$. Bei der Anordnung nach Krug und Lau sitzt das Interferometer zwischen Objektiv und Prüfling; hierbei können nur verhältnismäßig schwache Objektive und dementsprechend niedrige Vergrößerungen benutzt werden. Anderseits ist dieses Prinzip auch für durchfallendes Licht anwendbar. Bei I.en mit Mehrstrahlinterferenz (nach Tolansky) liegt zwischen Objektiv und Prüfling eine halbdurchlässig verspiegelte Glasplatte. Das Sehfeld ist von breiten hellen und schmalen dunklen Streifen durchzogen. Dieses Prinzip eignet sich zum Aufbau einfacher, auch für Werkstattgebrauch gedachter Instrumente und liefert eine hohe Meßgenauigkeit ($> \lambda/100$). — Die Beleuchtungseinrichtung ist meist monochromatisch. Je nach dem Aufbau und dem Verwendungszweck benutzt man dafür Spektrallampen oder Glühlampen mit Interferenzfilter.

Lit. Krug, Rienitz, Schulz: Beiträge zur Interferenzmikroskopie (Berlin 1961).

Interferometer, 1) → Spektralapparate.

2) ein Großbasispeiler, → Funkpeiler.

Interglazialzeit, Warmzeit, ein durch wärmeres Klima gekennzeichneter, längerer Zeitabschnitt zwischen zwei Eiszeiten. In den I.en des Pleistozäns herrschte in Mitteleuropa ein etwa den heutigen Verhältnissen ähnliches (z. T. sogar noch wärmeres) Klima mit dementsprechender Pflanzen- und Tierwelt. Die Eismassen hatten sich bis in ihre Ursprungsgebiete zurückgezogen.

Interkontinentalrakete, → Raketenwaffen.

Internationale Kerze, Kurzz. **IK,** alte Einheit der Lichtstärke. 1 IK = 1,128 HK (Hefner-Kerze) = 1,019 cd (Candela.)

Internationales Einheitensystem, → Einheitensysteme.

interplanetare Materie, das gas- und staubförmige Medium, das den Raum zwischen Sonne und Planeten erfüllt; im weiteren Sinne rechnet man auch die Kometen und Planetoiden zur i.n M. Die festen Teilchen der i.n M. umgeben wahrscheinlich die Sonne in Form einer großen, abgeflachten Staubwolke, deren Symmetrieebene etwa mit der Ebene der Ekliptik zusammenfällt. Sie erzeugen durch Streuung des Sonnenlichts das → Zodiakallicht, beim Eindringen in die Erdatmosphäre schwache Lichterscheinungen, z. B. die Leuchtstreifen. Ihre räumliche Dichte nimmt mit der Entfernung von der Sonne ab, in der Umgebung der Erde wird sie auf etwa 10^{-20} bis 10^{-21} g cm^{-3} geschätzt. Die Mehrzahl der festen Teilchen dürften Durchmesser von 0,001 bis 0,1 mm haben. Das interplanetare Gas besteht hauptsächlich aus Wasserstoffatomen, freien Protonen und Elektronen. Die Elektronendichte in Erdnähe beträgt etwa 500 je cm^3, dies entspricht einer Gasdichte von rund 10^{-21} g cm^{-3}. Als Quelle des interplanetaren Gases kommen die Teilchenstrahlung der Sonne (Sonnenwind) in Frage sowie die in Sonnennähe verdampfenden festen Teilchen der i.n M. und der Kometen.

interplanetare Sonde, → Raumsonde.

Interpolation, die Berechnung von Zwischenwerten, d. h. die Berechnung des Zahlwertes (Näherungswertes) einer Funktion $y = f(x)$ an einer Stelle x, die zwischen zwei Stellen x_1 und x_2 liegt, an denen die Werte der Funktionen bekannt sind. Man verwendet dazu eine bekannte Funktion, die sich der gegebenen Funktion möglichst weitgehend anschmiegt, in den Werten x_1 und x_2 mit dieser übereinstimmt und sich für alle Werte von x berechnen läßt (*Interpolationsfunktion, Interpolationsformel*). Die I. spielt eine große Rolle beim Ablesen von Zwischenwerten aus mathematischen Tabellen, z. B. Logarithmentafeln, trigonometrischen Tafeln u. a. Im allgemeinen genügt es, linear zu interpolieren, d. h. das Kurvenstück zwischen zwei Punkten der tabellarisierten Funktion durch eine Gerade zu ersetzen. Liefert die Tafel für die benachbarten Argumente x_1 und x_2 die Funktionswerte $y_1 = f(x_1)$ und $y_2 = f(x_2)$, so ordnet man dem Argument $x = x_1 + a(x_2 - x_1)$ $(0 < a < 1)$ den Funktionswert $y = y_1 + a(y_2 - y_1)$ zu. Sind die Schritte des Arguments zu groß oder ändert sich die Funktion in dem vorliegenden Intervall zu stark, so reicht die lineare I. nicht mehr aus; man muß dann anders interpolieren, etwa quadratisch. Oft verwendete Interpolationsformeln für die Näherungsdarstellung von Funktionen sind von Lagrange, Newton, Laplace, Gauß u. a. aufgestellt worden. Die I. ist von Bedeutung für die mathematischen Naturwissenschaften.

Interrogator, ein Gerät zur Abfrage von bestimmten Informationen innerhalb einer Funkverkehrsbeziehung. I.en werden unter anderem in der Luftfahrt in Entfernungsmeßsystemen (→ Funkortung) und im Sekundär-Radar (→Radar) eingesetzt. Die Beantwortung erfolgt mit dem **Transponder.**

Interscan, → Radar, Abschn. 1f).

interstellare Materie, die gas- und staubförmige Materie in extremer Verdünnung im Raum zwischen den Sternen, die leuchtend und nichtleuchtend auftreten kann. Die leuchtende i. M. erscheint in Form von hellen, meist **diffusen Nebeln.** Regelmäßig sind nur die **planetarischen Nebel** gebaut. Das Nebelleuchten wird dadurch hervorgerufen werden, daß benachbarte heiße Sterne das Nebelgas zum Leuchten anregen **(Emissionsnebel)** oder daß die interstellaren Staubteilchen das Licht kühlerer Sterne reflektieren **(Reflexionsnebel).** Nichtleuchtende i. M. ist feststellbar durch die Veränderung des Lichtes dahinterliegender Sterne. So prägt das interstellare Gas den Sternspektren bestimmte zusätzliche Absorptionslinien auf (interstellare Absorptionslinien), während der interstellare Staub eine kontinuierliche Verfärbung (Verrötung) des Sternlichtes durch unterschiedliche Absorption in verschiedenen Spektralbereichen hervorruft. Sehr große und dichte interstellare Staubwolken werden als **Dunkelwolken (Dunkelnebel)** bezeichnet, sie täuschen sternarme oder sternleere Gebiete an der Himmelskugel vor. Durch die interstellaren Staubteilchen kann auch eine Polarisation des Sternlichtes verursacht werden.

Die i. M. hat eine wolkige Struktur und nimmt wie die Sterne an der allgemeinen Rotation des Milchstraßensystems teil. Dieser überlagert sich die Bewegung der einzelnen Wolken. Die i. M. konzentriert sich vorwiegend in den Spiralarmen des Milchstraßensystems. Da der neutrale interstellare Wasserstoff, der Hauptbestandteil des interstellaren Gases, die im Radiofrequenzbereich liegende 21-cm-Linie aussendet, kann man mit ihrer Hilfe die Spiralstruktur des Milchstraßensystems untersuchen.

Der mittlere Durchmesser der interstellaren Wolken beträgt etwa 10 pc (Parsec), die mittlere Dichte des Gases in den Wolken etwa 10^{-23} g cm^{-3} (entspricht etwa 10 Wasserstoffatomen je cm^3). Die Dichte des interstellaren Staubes ist etwa 100mal geringer. Die i. M. beträgt ungefähr 1 bis 2% der Gesamtmasse des Milchstraßensystems.

Man nimmt allgemein an, daß sich auch heute noch Sterne aus i.r M. bilden, während umgekehrt aus den Atmosphären instabiler Sterne (z. B. Novae und Supernovae) ständig Materie in den interstellaren Raum abgegeben wird. Vorstadien der Sterne glaubt man in den **Globulen** gefunden zu haben. Es sind dies kleine, meist runde Staubwolken erheblicher Dichte, die sich als dunkle Punkte vor leuchtender i.r M. abheben.

Intertype, eine Setzmaschine, → Setzen.

Intervall, 1) Mathematik: Sind a und b zwei reelle Zahlen und $a < b$, so nennt man die Menge aller reellen Zahlen x, die die Bedingung $a \leqq x \leqq b$ erfüllen, ein (beiderseits) **abgeschlossenes I.**, d. h., das I. umfaßt alle Zahlen zwischen a und b einschließlich der Randwerte a und b selbst. Es ist dafür auch die Schreibweise $[a; b]$ üblich. Dagegen bezeichnet man die Menge aller Zahlen zwischen a und b ausschließlich der Randwerte als ein (beiderseits) **offenes I.** (a; b) bzw. $a < x < b$. Ferner gibt es noch **halboffene I.e,** und zwar nennt man $(a; b]$ bzw. $a < x \leqq b$ ein nach links offenes und nach rechts abgeschlossenes I. (d. h., der linke Randwert ist ausgeschlossen, der rechte eingeschlossen) sowie $[a; b)$ bzw. $a \leqq x < b$ ein nach links abgeschlossenes und nach rechts offenes I. Für Intervallbetrachtungen spielen die → Ungleichungen eine wichtige Rolle.

2) Akustik: das Verhältnis der Frequenzen zweier Töne.

3) Meßtechnik: der zwischen zwei Punkten einer Skale liegende Teil.

Intestinalsender, Endoradiosonde, ein in der medizinischen Telemetrie (→ Biotelemetrie) verwendeter, vorwiegend verschluckbarer Meßsender zur Aufnahme und Übertragung biophysikalischer bzw. physiologischer Meßgrößen des Magen-Darm-Kanals. Er enthält einen elektronischen Oszillator, der ein elektrisches Signal erzeugt. Dessen Parameter werden mit Hilfe angeschlossener oder eingebauter Meßwertwandler durch die zu messenden Größen, z. B. Druck, Temperatur, pH-Wert, moduliert. Das modulierte Signal wird in Form elektromagnetischer Wellen abgestrahlt und außerhalb des zu untersuchenden Körpers mit einer abgestimmten Empfangsanlage empfangen und meßtechnisch ausgewertet.

Intrusion, → Magma.

Inulin, ein aus Fruktoseresten aufgebautes Polysacharid mit einem Molekulargewicht von etwa 6000. I. ist das Reservekohlenhydrat von Korbblütlern, z. B. Dahlien, Löwenzahn, und dient als Ausgangsstoff zur Fruktosegewinnung.

Invar, eine Eisen-Nickel-Legierung mit 35 bis 36% Nickel, Rest Eisen. Sie dehnt sich beim Erwärmen kaum aus, hat geringe Wärmeleitfähigkeit und hohen elektrischen Widerstand. I. ist eine Einschmelzlegierung. Sie wird in Form von Draht, Stäben und Bändern dort eingesetzt, wo keine Maßveränderungen bei Temperaturschwankungen auftreten sollen, z. B. in physikalischen Geräten und Meßinstrumenten.

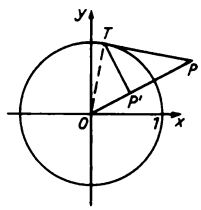
invariant, die Eigenschaft einer Gleichung, einer Funktion, einer Konfiguration u. dgl., die sich bei einer (jeweils näher anzugebenden) speziellen Abbildung oder Transformation bzw. bei bestimmten Typen von Transformationen nicht ändert. So ist z. B. das Doppelverhältnis von 4 auf einer Geraden liegenden Punkten i. gegenüber projektiven Transformationen, dagegen ist der Abstand zweier Punkte in einer Ebene zwar i. gegenüber den Bewegungen, nicht aber gegenüber affinen Abbildungen.

Die **Invariantentheorie** ist ein Teilgebiet der höheren Mathematik und untersucht die i.en Eigenschaften (Invarianten) von Transformationsgruppen.

invers, svw. → dual.

inverse Funktion, svw. → Umkehrfunktion.

Inversion, 1) Mathematik: a) die Umstellung zweier Elemente in einer → Permutation. So bilden z. B. die Elemente 2 und 4 in der Permutation (1432) eine I. im Vergleich mit der Anordnung (1234). b) **Die I. am Kreis** ist eine umkehrbar eindeutige Abbildung der Ebene auf sich selbst. Unter Zugrundelegung eines Kreises mit dem Mittelpunkt O und dem Radius r wird der zu einem Punkt P der Ebene gehörige Bildpunkt P' durch folgende Bedingung bestimmt: Der Bildpunkt P' liegt auf dem durch P gehenden Halbstrahl; sein Abstand $\overline{OP}$ vom Mittelpunkt O des Kreises wird festgelegt durch die Forderung $\overline{OP} \cdot \overline{OP'} = r^2$. Im Fall $r = 1$, der I. am Einheitskreis, ist der Radiusvektor $\overline{OP'}$ das Reziproke des Radiusvektors $\overline{OP}$, also $\overline{OP'} = \frac{1}{\overline{OP}}$.



Inversion am Einheitskreis, $\overline{OP} \cdot \overline{OP'} = 1$

Man bezeichnet deshalb auch die I. am Einheitskreis als *Abbildung durch reziproke Radien.* Der Bildpunkt des Punktes P' ist wieder der Punkt P. Die Abbildung durch reziproke Radien ist demnach gleich der zu ihr inversen Abbildung; man sagt, sie hat involutorischen Charakter (→ Involution). Durch die I. am Einheitskreis wird jede nicht durch O gehende Gerade in einen durch O gehenden Kreis übergeführt, Kreise durch O gehen in Geraden und Geraden durch O gehen in sich selbst über. Diese Eigenschaft der I. nutzt man technisch bei der Konstruktion von Geradführungsmechanismen aus.

2) organische Chemie: Vorzeichenwechsel der optischen Aktivität im Verlaufe einer Reaktion optisch aktiver Verbindungen. Das bekannteste Beispiel hierfür ist die I. der Sacharose bei der Hydrolyse durch verdünnte Säuren oder das Ferment Invertase. Aus 1 Mol Sacharose entstehen dabei je 1 Mol Glukose und Fruktose. Das Glukose-Fruktose-Gemisch, genannt **Invertzucker,** dreht die Ebene des polarisierten Lichtes nach links, weil Fruktose stärker linksdrehend als Glukose rechtsdrehend ist. Zu Beginn der Reaktion war Rechtsdrehung zu beobachten.

3) Meteorologie: die in der Atmosphäre oft beobachtete Erscheinung, daß die Temperatur mit der Höhe nicht überall abnimmt, sondern innerhalb einer mehr oder weniger dicken Schicht zunimmt **(Inversionsschicht)** oder gleich bleibt **(Isothermie, isotherme Schicht).** Die I. ist häufig mit einer sprunghaften Änderung der Feuchtigkeit sowie der Geschwindigkeit und Richtung des Windes verbunden.

Inversionspotenz, → dual.

Invertase, svw. → Sacharase.

Inverttelemeter, → Entfernungsmessung.

Invertzucker, → Inversion.

Involution, eine projektive Abbildung, die gleich der zu ihr inversen Abbildung ist, d. h. die mit ihrer Umkehrung übereinstimmt, so daß die Abbildung des Bildes wieder das Original ergibt; z. B. Spiegelung an einer Geraden.

Inzidenz, eine geometrische Beziehung, die vereinigte Lage der geometrischen Elemente Punkt, Gerade, Ebene. Zum Beispiel inzidiert ein Punkt mit einer Geraden (Ebene), wenn der Punkt auf der Geraden (Ebene) liegt. Die I. spielt eine Rolle in der projektiven Geometrie.

Io, Symbol für → Ionium.

Ionen, elektrisch geladene Atome oder Moleküle bzw. Molekülgruppen. Sie können — ebenso

wie die Elektronen — Träger des elektrischen Stromes sein (→ Ionenleitung). Positiv geladene I., die aus neutralen Teilchen, Atomgruppen oder Molekülen durch Abgabe von Elektronen entstanden sind, heißen *Kationen*. Negativ geladene I., die aus neutralen Teilchen durch Aufnahme von Elektronen entstanden sind, heißen *Anionen*. Die Bildung von I. erfolgt entweder durch → Dissoziation oder durch **Ionisation** unter Zufuhr von Energie. Diese **Ionisationsenergie** kann in Form von thermischer Energie (Erhitzen im Lichtbogen), elektromagnetischer Strahlung (Bestrahlen mit sichtbarem Licht bei Photozellen, mit ultraviolettem Licht oder Röntgenlicht), kinetischer Energie (durch Stoßionisation mittels Elektronen oder bei Gasentladungen, wenn bereits I. vorhanden sind) oder als elektrische Energie (durch Anlegen sehr hoher Spannungen an Gase oder Isolatoren) zugeführt werden. Der Zahlenwert der Ionisationsenergie in eV (→ Elektronenvolt) ist identisch mit dem Zahlenwert der **Ionisationsspannung**. Diese gibt das Potentialgefälle an, in dem ein Elektron beschleunigt werden muß, um ein Atom zu ionisieren. Sie liegt im Mittel bei etwa 10 eV und ist abhängig von der Art des Atoms bzw. Moleküls und der Zahl der abgetrennten bzw. angelagerten Elektronen. I. können, wenn sie im elektrischen Feld beschleunigt werden, ebenfalls andere neutrale Teilchen ionisieren (→ Gasentladung). In der Sonnenatmosphäre kommen 10- bis 15fach ionisierte Eisen- und Kalziumatome vor (Verlust von 10 bis 15 Elektronen je Atom).

In verdünnter Lösung liegen viele Stoffe völlig ionisiert vor. Salze in festem Zustand bilden meist ein **Ionengitter**, in dem die Anionen und Kationen abwechselnd auf den Gitterpunkten angeordnet sind. In den festen Salzen vermittelt die elektrostatische Anziehung zwischen den Ionen sehr starke Bindungskräfte (**Ionenbindung**, → Bindung).

Die Ionisation läßt sich durch ein Elektroskop nachweisen. In der Wilsonschen Nebelkammer kann man durch übersättigten Wasserdampf I. sichtbar machen, da sie als Kondensationskeime wirken. Auf der Tatsache, daß bei der Stoßionisation ein einziges Teilchen beim Durchgang durch ein Gas Tausende von Ionenpaaren und damit eine gewisse Leitfähigkeit erzeugt, beruhen die wichtigsten Geräte zum Nachweis schneller Teilchen (→ Ionisationskammer, → Zählrohr).

Die Ionisation findet ferner technische Anwendung z. B. im **Ionisationsmelder** (→ Feuermelder) und in der **Ionenverdampferpumpe** (→ Vakuumpumpe).

Lit. Landolt, Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik (6. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg 1950/55); Stasiw: Elektronen- und Ionenprozesse in Ionenkristallen (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957).

Ionenaustauscher, Kurzbez. **Austauscher,** meist feste Stoffe, die einen Teil der in ihnen gebundenen Ionen der „austauschaktiven Gruppen" gegen andere Ionen reversibel austauschen können. Die Ionen sind also an die sauren oder basischen Gruppen in den I.n chemisch gebunden; man spricht von **Kationen-** und **Anionenaustauschern**. Außer dieser chemischen Bindung gibt es noch eine physikalische, rein adsorptive Bindung an der Oberfläche wie bei Aluminiumoxid und Aktivkohle; hierbei spricht man nicht mehr von Austauschern, sondern von **Adsorbenzien**.

Der Austauschvorgang läßt sich in einfacher Weise am Beispiel der Salzbildung darstellen. Bringt man z. B. einen Kationenaustauscher mit einer Kochsalzlösung in Berührung, so geht folgende Reaktion vor sich (R bedeutet das Austauschergrundgerüst): $R{-}SO_3H + NaCl \rightleftharpoons R{-}SO_3Na + HCl$. Beim Anionenaustauscher findet analog folgende Umsetzung statt: $R{-}OH + NaCl \rightleftharpoons R{-}Cl + NaOH$. Hierbei wird die basische Hydroxylgruppe gegen das Anion der Elektrolytlösung ausgetauscht. Ist die Kapazität der I. erschöpft, so kann durch Behandlung mit Salzsäure und Natronlauge die ursprüngliche H^+- oder OH^--Form zurückgewonnen werden. Diesen Vorgang nennt man *Regenerierung*. In der leichten Regenerierbarkeit liegt die außerordentliche Bedeutung der I. in Natur und Technik.

Zu den **anorganischen I.n** zählen natürliche Silikate bestimmter Struktur, die *Zeolithe*, und synthetische Verbindungen, ebenfalls auf Silikatbasis, die *Permutite*, die nur noch historisches Interesse haben. Diese anorganischen I. können jedoch auf Grund ihrer chemischen Struktur nur als Kationenaustauscher eingesetzt werden.

Zu den **organischen I.n** gehören die Kohleaustauscher, die durch Sulfonierung und partielle Oxydation von Kohle gewonnen werden. Sie ähneln in ihrem strukturellen Aufbau den natürlichen Humusstoffen des Ackerbodens und sind ebenfalls nur Kationenaustauscher.

Es bedeutete einen großen Fortschritt, als es gelang, sowohl Kationen- als auch Anionenaustauscher auf der Basis organischer Kunstharze herzustellen. Die heutigen **Kationenaustauscher** sind vor allem die stark sauren Polystyrolsulfonsäure- und Phenolsulfonsäureharze sowie die schwächer sauren Phenolkarbonsäure- und Resorzinharze. **Anionenaustauscher** werden auf Basis von Polyvinylbenzylammonium-, Polyäthylenimin- und aromatischen Aminharzen hergestellt.

Als **spezielle I.** bezeichnet man Ionenaustauschmembranen, die Bedeutung für die Elektrodialyse haben.

In der DDR werden I. vom VEB Farbenfabrik Wolfen unter dem Namen *Wofatite* hergestellt.

Verwendung. Am längsten bekannt und auch heute noch am weitesten verbreitet ist der Einsatz von I.n zur Wasseraufbereitung, dabei kann das Wasser sowohl enthärtet als auch vollentsalzt werden. In der analytischen Chemie dienen die I. 1) zum Ersatz eines Ions durch ein anderes; 2) zur Entfernung störender Ionen (Fremdionen), die häufig analytische Arbeiten erschweren; 3) zur Bestimmung von Spurenelementen; 4) zur Trennung von Ionen mit ähnlichen Eigenschaften. So werden in der Technik I. bereits zur Trennung von Uran und Plutonium eingesetzt. Auch Seltenerden, Aminosäuren und Antibiotika konnten somit isoliert werden. In der präparativen Chemie werden die I. verwendet 1) zur Veresterung; 2) zur Aufbereitung von Meerwasser durch Elektrodialyse, bei der Austauschermembranen eingesetzt werden; 3) zur Anreicherung und Gewinnung von Spurenelementen, z. B. von Uran aus Verarbeitungsabwässern; 4) zur Reinigung technischer Lösungen, z. B. in Zuckerraffinerien; 5) zur Schönung von Trinkwasser, d. h. Beeinflussung des Geschmacks durch geeignete Abstimmung des Gehaltes an Mineralsalzen.

Lit. Grießbach: Austauschadsorption in Theorie und Praxis (Berlin 1957), I. in Einzeldarstellungen (Berlin 1962).

Ionenbeweglichkeit, → Wanderungsgeschwindigkeit.

Ionenbeziehung, → Bindung 1).

Ionenbindung, → Bindung 1).

Ionengetterpumpen, → Vakuumpumpe.

Ionenleitfähigkeit, → Wanderungsgeschwindigkeit.

Ionenleitung, Leitung II. Ordnung, die Fähigkeit eines Stoffes, den elektrischen Strom auf Grund von Ionenverschiebungen zu leiten. Unter-

schied: → Elektronenleitung. Ionenleiter sind alle Elektrolytlösungen, geschmolzene Salze und diejenigen festen Salze, die chemisch typische Ionenverbindungen sind. Bei Elektrolytlösungen spricht man auch von elektrolytischer Leitfähigkeit. Durch den Stromfluß werden chemische Vorgänge verursacht, die den Ionenleiter zersetzen (Elektrolyse). Bei festen Elektrolyten wandert häufig nur eine Ionenart, z. B. bei Silbersalzen das Kation **(Kationenleitung)**, während umgekehrt, z. B. im Bariumfluorid, nur das Anion zum Stromtransport beiträgt **(Anionenleitung)**. Bei Elektrolytlösungen wandern stets beide Ionenarten **(bipolare I.)**. Viele Stoffe werden erst dadurch zu Ionenleitern, daß sie keine feste stöchiometrische Zusammensetzung haben. Wandern die Ionen infolge unbesetzter Gitterpunkte durch den Kristall, so liegt eine **Ionendefektleitung** vor. Indem diese Fehlstellen durch den Kristall wandern, werden Ionen transportiert. Geschieht es dadurch, daß sich überschüssige Ionen auf Zwischengitterplätzen befinden, so spricht man von **Ionenüberschußleitung**. Die elektrische Leitfähigkeit derartiger Stoffe, Ionenhalbleiter genannt, nimmt mit Annäherung an die exakte stöchiometrische Zusammensetzung ab.

Ionenpumpen, → Vakuumpumpe.

Ionensynchrotron, svw. → Protonensynchrotron.

Ionentriebwerk, → Rakete.

Ionenverdampferpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Ionenzerstäuberpumpe, eine → Vakuumpumpe.

Ionisationskammer, ein → Strahlungsdetektor aus der Gruppe der Gasentladungsdetektoren. Als äußere Form werden die Zylinderanordnung und die Parallelplattenanordnung bevorzugt. Die angelegte Spannung reicht aus, um alle durch die einfallende Strahlung erzeugten Elektronen und Ionen auf den Elektroden zu sammeln; eine zusätzliche Ionisation des Füllgases (häufig Argon oder Luft) infolge Elektronenstoßes tritt jedoch noch nicht ein. Die transportierte Ladung wird mit empfindlichen elektronischen Geräten (Elektrometer) integrierend gemessen. Eine Verwendung der I. im Impulsbetrieb zur Bestimmung von Zahl und Energie der auftreffenden Teilchen erfolgt nur in sehr speziellen Anwendungsfällen. Mit der I. können alle Arten ionisierender Strahlung gemessen werden. Eine spezielle Form zur Messung von Neutronenstrahlung ist die → Borkammer.

Ionisationsmelder, ein → Feuermelder.

ionisierende Strahlung, → Strahlung 2).

Ionium, Io, Bezeichnung für das Thoriumisotop $^{230}_{90}Th$.

ionogene Bindung, → Bindung 1).

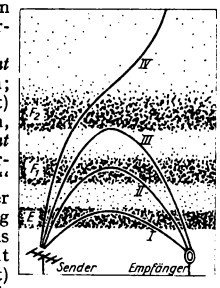
Ionophorese, → Elektrophorese.

Ionosphäre, der Teil der Atmosphäre, der infolge von Ionisationsprozessen wie ein elektrischer Leiter wirkt. Die I. beginnt in etwa 80 km Höhe und umfaßt mehrere Schichten (→ Ionosphärenschichten). Die bisherigen Erkenntnisse über die I. wurden durch Beobachtung von Funkwellen gewonnen. Aufstiege von Raketen mit Meßgeräten haben diese Erkenntnisse bestätigt. Da man die UV-Strahlung der Sonne als Hauptursache der Ionisation ansieht, ist der Zustand der I. eine Funktion des Sonnenstandes. Die Ionisationsdichte der I. zeigt daher auch eine Breitenabhängigkeit, einen ausgesprochenen Tages- und Jahresgang sowie eine elfjährige Periode im Zusammenhang mit der Sonnenfleckentätigkeit. Außerdem treten Gezeiten in der I. auf, über die noch wenig bekannt ist. Eine besondere Bedeutung kommt den **Ionosphärendriften** zu, die wahrscheinlich mit Winden identisch sind, die die Ionisationswolken mit einer Geschwindigkeit bis zu 300 m/s bewegen. Die neben den regelmäßigen Veränderungen in der I. auftretenden unregelmäßigen **Ionosphärenstörungen** stehen im direkten Zusammenhang mit den Vorgängen auf der Sonne.

Lit. Rawer: Die I. (Groningen 1953).

Ionosphärenschichten, die durch unterschiedliche maximale Elektronendichte gekennzeichneten Schichten der → Ionosphäre. Die Höhenlagen der I. werden nach dem Echoprinzip mit Kurzwellensendern gemessen, deren Frequenzen in einem großen Bereich kontinuierlich variiert werden können. Die I. sind Tages- und Jahresschwankungen sowie erheblichen Variationen durch Störungen der Sonnenstrahlung unterworfen.

Man unterscheidet folgende I.: *D-Schicht* in etwa 80 km Höhe, nur am Tag vorhanden; E_1-*Schicht* (früher Heaviside-Kennelly-Schicht) in etwa 100 km Höhe, regelmäßig vorhanden, tags stärker ausgeprägt als nachts; E_2-*Schicht* in etwa 130 bis 180 km Höhe, gelegentlich vorhanden, vor allem im Winter; „sporadische" E_s-*Schicht* in etwa 100 km Höhe, im Sommer häufiger vorhanden als im Winter, am Tag stärker als nachts; F_1-*Schicht* in etwa 180 bis 200 km Höhe, in unseren Breiten im Winter nicht vorhanden; F_2-*Schicht* (früher Appletonschicht) in 250 bis 400 km Höhe, auch bei Nacht regelmäßig vorhanden, Höhenbereich im Sommer größer als im Winter; *G-Schicht* oberhalb 400 (bis 800) km Höhe, kann jedoch nur beobachtet werden, wenn F_2, die eine höhere Elektronendichte aufweist, gestört ist.



Verlauf der verschiedenen Rundfunkwellen in den Ionosphärenschichten (E, F_1, F_2). I Langwelle, II Mittelwelle, III Kurzwelle, IV Ultrakurzwelle

I. haben für den Funkverkehr über weite Strecken große Bedeutung, da die Funkwellen zwischen Erdoberfläche und I. zickzackförmig reflektiert werden und so um die ganze Erde gelangen können. Das Reflexionsvermögen der I. ist abhängig von ihrer Elektronendichte, der Frequenz und dem Einfallswinkel der Funkwellen. Je höher eine Ionosphärenschicht ist, desto größer ist meist ihre Elektronendichte. Für die einzelnen I. gibt es maximale (Grenz-)Frequenzen, die gerade noch reflektiert werden. Wird diese Frequenz überschritten, so wird die entsprechende Ionosphärenschicht durchsetzt. Je höher die Elektronendichte, desto höher ist auch die Grenzfrequenz. Für die verschiedenen Frequenz- bzw. Wellenlängenbereiche des Rundfunks ergeben sich daher für einen ausgewählten Empfangsort etwa die abgebildeten Wellenwege (Abb.). Im Einzelfall können abweichende Verläufe auftreten, z. B. bei Reflexionen von Kurzwellen an einer E_s-Schicht.

Iontophorese, ein medizinisches Verfahren, bei dem Gleichstrom zum Transport ionisierbarer Medikamente z. B. durch die Haut in den Körper bzw. an den Krankheitsherd angewandt wird. Die **Schwellstrom-Iontophorese** ist ein spezielles Iontophoreseverfahren, das mit einer aus galvanischem Strom und faradischem Schwellstrom kombinierten Stromform arbeitet und bei dem die Resorption der durch den galvanischen Strom transportierten Medikamente durch rhythmische elektrische Reizung gesunder Muskulatur durch den Schwellstrom unterstützt wird. Medizinisch-elektrische Geräte zur Durchführung der I. dienen der Erzeugung bzw. Anwendung von galvanischem Strom vorwiegend zum Transport ionisierbarer Medikamente an den Krankheitsherd.

Ir, Symbol für → Iridium.

IR, Abk. für → Infrarot.

Irdenware, → Keramik.

Iridium, Symbol **Ir**, chemisches Element aus der VIII. Nebengruppe des Periodensystems, ein sehr seltenes Edelmetall, Platinmetall, Ordnungszahl 77, Massenzahlen der Isotope 193 und 191, Atomgewicht 192,2 (bezogen auf ^{12}C),

Wertigkeit meist III, IV, seltener I, II, VI, D. 22,65 g cm^{-3}, F. 2454 °C, Kp. über 4800 °C; 1804 von Tennant entdeckt. I. ist silberweiß, sehr hart, spröde, chemisch sehr reaktionsträge; es wird z. B. von Königswasser nicht angegriffen. Es kommt nur gediegen vor und ist öfter im Rohplatin „legiert". Die Minerale Sysserskit (Iridosmium) und Newjanskit (Osmiridium) sind isomorphe Mischungen von I. und Osmium. Reines I. kann nur nach komplizierten Trennverfahren über Iridium(II)-chlorid gewonnen werden. Man setzt I. wegen seiner großen Sprödigkeit nur legiert ein, vor allem zur Erhöhung der Härte, z. B. von Platin. Osmium-Iridium-Legierungen dienen z. B. für elektrische Kontakte, Füllfederspitzen und Injektionsnadeln. Das in Paris aufbewahrte Urmeter und Urkilogramm bestehen aus einer Platin-Iridium-Legierung (90 % Pt, 10 % Ir), da diese nahezu unempfindlich gegenüber Temperaturschwankungen ist.

Irisblende, → Blende.

Irradiation, Überstrahlung, die Erscheinung, daß im allgemeinen ein heller Gegenstand auf dunklem Grund größer wirkt als ein gleich großer dunkler Gegenstand auf hellem Grund.

irrationale Zahl, → Zahl.

irreduzibel, unzerlegbar; z. B. Gleichung oder ein → Polynom, wenn es in einem bestimmten Sinn nicht zerlegbar ist. Gegensatz: reduzibel.

irreversibel, nicht umkehrbar. Gegensatz: → reversibel.

ISA, → ISO.

Isanomalen, in der Geophysik Linien, die Orte gleicher anomaler Werte verbinden.

Isarithmen, svw. → Isolinien.

Isatin, 2,3-Diketodihydroindol, $C_8H_5NO_2$, eine heterozyklische Verbindung. I. kristallisiert in gelbroten Prismen (F. 203,5 °C). Die technische Darstellung erfolgt vorwiegend durch Oxydation von synthetischem Indigo. I. wird in der analytischen Chemie und als Ausgangsprodukt für einige Heilmittel verwendet. Früher diente es zur Synthese indigoider Farbstoffe.

isenthalpischer Drosseleffekt, svw. → Joule-Thomson-Effekt.

Isentrope, → Zustandsänderung.

ISO, Kurzbezeichnung für International Organization for Standardization (ursprünglich Abk. für International Standardizing Organization), den internationalen Verband auf dem Gebiet der Standardisierung mit dem Sitz in Genf. Aufgabe der ISO ist es, die Entwicklung der Standardisierung im Weltmaßstab zu fördern. In der ISO sind sowohl Länder mit sozialistischer als auch mit kapitalistischer Gesellschaftsordnung vertreten.

Die ISO führt in wesentlich erweitertem Umfange die Arbeiten der ISA (Abk. für International Federation of the National Standardizing Associations) fort, die bis zu Beginn des II. Weltkrieges bestand.

Die Arbeitsergebnisse der verschiedenen Technischen Komitees der ISO werden als **ISO-Empfehlungen** herausgegeben, z. B. über Vorzugszahlen. In die TGL sind das von der ISA herausgegebene ISA-Toleranz- und Passungssystem für Längenmaße (→ Toleranz, → Passung) sowie von der ISO empfohlene einheitliche Schraubengewinde (Metrisches ISO-Gewinde, → Gewinde) eingegangen.

Isobare, *Sing.* das Isobar, Atomkerne mit gleicher Massezahl (Nukleonenzahl), aber unterschiedlicher Ordnungszahl (Protonenzahl). I. sind z. B. die Kerne von Tritium (^3_1H) und Helium-3 (^3_2He). Als **Spiegelkerne** bezeichnet man zwei I., bei denen die Protonen- und Neutronenzahl vertauscht ist. So hat z. B. Beryllium (^9_4Be) 4 Protonen und 5 Neutronen, Bor (^9_5B) hingegen 5 Protonen und 4 Neutronen.

Isobaren, *Sing.* die Isobare, 1) Meteorologie: auf Wetter- und Klimakarten Linien, die Punkte gleichen, reduzierten Luftdrucks (Barometerstands) verbinden. Die I. verdeutlichen die Druckverteilung zu einem Zeitpunkt oder als Mittel für einen Zeitraum (Tag, Monat, Jahr).

2) physikalische Chemie: → Zustandsänderung.

Isobathen, Linien, die Punkte gleicher Wassertiefe verbinden. Sie dienen zur Wiedergabe des Bodenreliefs von Gewässern (Meer, Seen) auf Karten und Seekarten.

Isochinolin, C_9H_7N, eine heterozyklische Verbindung. I. bildet farblose, hygroskopische Kristalle (F. 26,5 °C). Es wird aus Steinkohlenteer gewonnen und ist Ausgangsmaterial für Farbstoffe, Heilmittel und Insektizide.

Isochoren, → Zustandsänderung.

Isochronen, Kurven über die in gleichen Zeitintervallen zurückgelegten Entfernungen, → Ortung.

Isodynamen, auf magnetischen Karten Linien, die Punkte gleicher Intensität des → Erdmagnetismus verbinden.

isoelektrischer Punkt, bei amphoteren Elektrolyten (→ Ampholyte) der *p*H-Wert, bei dem die Zahl der positiv geladenen Ionen gleich der Zahl der negativ geladenen ist. Der i. P. ist spezifisch für einen bestimmten amphoteren Elektrolyten, der dort charakteristische Eigenschaften, z. B. ein Minimum der Löslichkeit und der Viskosität, besitzt. Bei kolloiden Ampholyten sinkt die elektrophoretische Beweglichkeit auf Null, die Quellungsgeschwindigkeit auf ein Minimum, häufig tritt Ausflockung ein, z. B. bei Eiweißstoffen.

Isogonen, auf magnetischen Karten Linien, die Punkte gleicher magnetischer Deklination verbinden, → Erdmagnetismus.

Isohalinen, auf Meereskarten Linien, die Punkte gleichen Salzgehaltes verbinden.

Isohelie, ein Verfahren der bildmäßigen Photographie, bei dem statt des normalerweise stetigen Übergangs von den Lichtern zu den Schatten ein stufenförmiger Übergang erreicht wird (plakatartige Wirkung).

Isohyeten, auf Klimakarten Linien, die Punkte mit gleicher, auf einen Zeitraum bezogener Niederschlagsmenge verbinden.

Isohypsen, Höhenlinien, auf Karten Linien, die Punkte gleicher Höhenlage verbinden, → Reliefdarstellung.

Isoklinen, auf magnetischen Karten Linien, die Punkte gleicher Inklination verbinden, → Erdmagnetismus.

Isolator, 1) Elektrizitätslehre: svw. → Dielektrikum.

2) Elektrotechnik: → Isolierung.

3) Wärmelehre: **Wärmeisolator,** veraltete Bezeichnung für Wärmedämmstoff, → Wärmedämmung.

isolierte Doppelbindungen, → Kohlenstoffverbindungen.

Isolierung, 1) der durch Isolierstoffe gegebene Schutz gegen unerwünschte Verluste oder Zunahme elektrischer Energie. **Elektrische Isolierstoffe** haben sehr geringe Leitfähigkeit, bzw. hohen Isolierwiderstand. Sehr wichtig für die Entwicklung der Elektrotechnik und die ungefährliche Verwendung der elektrischen Energie ist die Tatsache, daß sich stromführende Teile praktisch vollkommen isolieren lassen. Von besonderer technischer Bedeutung sind z. B. die keramischen Isolierstoffe. Andere Isoliermaterialien sind z. B. Marmor, Schiefer, Glimmer, Fiber, Holz, Glas, Hartgummi, Plaste, Schichtpreßstoffe. Kompoundmassen (Gemische von Verguß- und Füllmassen, wie Asphalt, Kunstharz, Paraffin) dienen zum Tränken von Wicklungen aller Art. Flüssige Isolierstoffe sind z. B. Lacke

für die Drahtisolation, Öle für Transformatoren und Hochspannungsschalter.

Spezifischer Widerstand ϱ wichtiger Isolierstoffe in Ω cm

(nach Kohlrausch)

Fiber	$10^8 \cdots 10^{10}$	Glimmer	$10^{15} \cdots 10^{17}$
Preßmassen	$10^8 \cdots 10^{14}$	Hartgummi	$10^{15} \cdots 10^{18}$
Marmor	$10^9 \cdots 10^{11}$	Mikanit	10^{15}
Preßspan	10^{10}	Buna	10^{15}
Hartpapier	$10^{12} \cdots 10^{14}$	Schellack	10^{16}
keram. Stoffe	$10^{12} \cdots 10^{15}$	Porzellan	$3 \cdot 10^{14}$
Glas	$10^{13} \cdots 10^{14}$	Paraffin	$3 \cdot 10^{16}$
Steatit	10^{14}	Quarzglas	$5 \cdot 10^{18}$

Die einfachste Art der **Isolatoren** für niedrige Spannung sind die *Isolierrollen* zum Verlegen von Leitungen. *Eierisolatoren* dienen zum Abspannen von Hochantennen aus Draht. *Durchführungsisolatoren* verhindern den Stromübergang vom Stromleiter zur Wand. *Telegrafenglocken* sind Stützenisolatoren, die auf einem Stahlhaken befestigt sind; die Leitung wird an dem Kopf mit Bindedraht befestigt. *Hochspannungsisolatoren* sind Schirmisolatoren (Deltaisolatoren), d. h., sie bestehen aus einem oder mehreren weit ausladenden Schirmen, so daß der Überschlagsweg zwischen Leiter und Stütze ziemlich groß ist. *Hänge-* oder *Kettenisolatoren* bestehen aus einzelnen Gliedern, meist Kappenisolatoren, die durch Seilschlingen, Bänder oder Klöppel miteinander verbunden sind. Sie werden für höchste Spannungen, z. B. bei Hochspannungsfernleitungen, benutzt. Mit dem einen Ende wird die Kette am Mastarm befestigt; am anderen Ende wird die Leitung in einer Seilklemme festgehalten. Die Anzahl der Glieder richtet sich nach der Betriebsspannung. *Langstabisolatoren* bestehen aus einem durchgehenden, hohlen Porzellankörper, dessen Außenoberfläche zur Vergrößerung des Überschlagsweges wellenförmig ist. (Abb.)

2) fälschliche Bezeichnung für → Sperrung, → Schalldämmung und → Wärmedämmung.

Isolinien, Isarithmen, Linien, die im allgemeinen auf Karten Punkte gleicher Werte miteinander verbinden. I. werden besonders zur kartographischen Erfassung geophysikalischer Erscheinungen benutzt. Ihre Konstruktion setzt ein hinreichend dichtes Netz von Meßpunkten (Wertefeld) voraus; der Linienverlauf zwischen den Meßpunkten wird interpoliert. I. sind z. B. → Isobaren, → Isobathen, → Isodynamen, → Isogonen, → Isohalinen, → Isohyeten, → Isohypsen, → Isoklinen, → Isonephen, → Isoporen, → Isoseisten, → Isotachen, → Isothermen.

Isomerasen, eine Gruppe der → Fermente.

Isomerie, 1) Chemie: die Erscheinung, daß zwei chemisch und physikalisch voneinander verschiedene Stoffe dieselbe Bruttoformel und Molekülgröße, aber verschiedene Strukturformeln aufweisen. Wird die I. durch verschiedene Atomverkettung innerhalb eines Moleküls bedingt, so spricht man von **Strukturisomerie**; in der organischen Chemie z. B. bei Diäthyläther C_2H_5—O—C_2H_5 und Butanol C_4H_9OH. Ist lediglich durch verschiedene räumliche Lagerung der Atome eine I. bedingt, so nennt man dies **Stereoisomerie** (→ Stereochemie). In der Komplexchemie unterscheidet man verschiedene Arten der Strukturisomerie: Bei der **Ionisationsisomerie** ist z. B. ein Säurerest einmal ionogen und einmal koordinativ gebunden; bei der **Hydratationsisomerie** liegen Aquogruppen einmal komplex gebunden und einmal als Kristallwasser vor; bei der **Koordinationsisomerie** können in Salzen, die aus zwei komplexen Ionen bestehen, die Zentralatome oder einzelne Liganden gegeneinander vertauscht sein (→ Koordinationslehre); **Salzisomerie** liegt dann vor, wenn z. B. die —NO_2-Gruppe einmal über den Stickstoff als Nitrogruppe und einmal über den Sauerstoff als Nitritogruppe (—O—N=O) an das Zentralatom gebunden ist.

Als **Metamerie** bezeichnet man mitunter Isomeriefälle, bei denen zum gleichen Verbindungstyp gehörende Stoffe gleicher Bruttoformel (z. B. Diäthyläther C_2H_5—O—C_2H_5 und Methylpropyläther CH_3—O—C_3H_7) oder zu verschiedenen Verbindungstypen gehörende Stoffe (z. B. Azeton CH_3—CO—CH_3 und Alkylalkohol CH_2=CH—CH_2OH) vorliegen.

Eine besondere Art der I. ist die → Tautomerie.

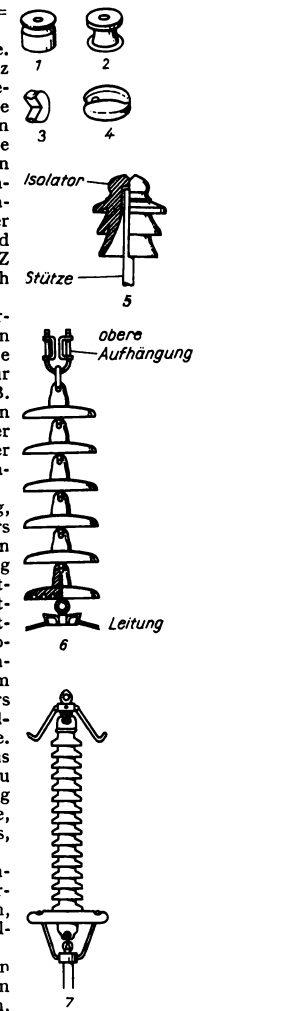
2) Kernphysik: **Kernisomerie,** die Existenz von Atomkernen gleicher Ordnungs- und Massezahl, aber unterschiedlicher Anregungszustände (→ Anregung). Derartige isomere Kerne weisen z. B. verschiedenen Spin und verschiedene innere Energie auf. Sie entstehen beim natürlichen radioaktiven Zerfall und bei künstlichen Kernumwandlungen. Durch Emission von Gammaquanten kehren die angeregten Kerne in tiefer liegende Zustände oder in den Grundzustand zurück. Beispiel für isomere Kerne: UX_2 und UZ in der Uran-Radium-Zerfallsreihe, wobei es sich in beiden Fällen um $^{234}_{91}$Pa handelt.

Isomerisierung, die Überführung einer Verbindung in eine ihr isomere (→ Isomerie). Von großer technischer Bedeutung ist die katalytische und thermische I. von Kohlenwasserstoffen zur Darstellung hochoktaniger Benzine, so z. B. die katalytische I. von n-Pentan zu i-Pentan in Gegenwart Aluminiumchlorid enthaltender Katalysatoren bei niedrigen Temperaturen oder von Platinkatalysatoren bei höheren Temperaturen.

Isomorphie, Homöomorphie, die Erscheinung, daß Kationen oder Anionen eines Ionengitters schrittweise durch andere Kationen oder Anionen ersetzt werden können, ohne daß eine Änderung im Gittertyp eintritt; z. B. können die Phosphationen eines Ammoniummagnesiumphosphatkristalls NH_4MgPO_4 schrittweise gegen Arsenationen ausgetauscht werden, bis dieser in Ammoniummagnesiumarsenat NH_4MgAsO_4 umgewandelt ist. Bei **vollständiger** I. lassen sich, wie im obigen Beispiel, die Ionen eines Kristallgitters vollständig durch andere ersetzen, bei **unvollständiger** I. dagegen nur in begrenztem Maße. Isomorphe Verbindungen kristallisieren aus Lösungen oder Schmelzen als Mischkristalle. Zu den Verbindungen, die untereinander vollständig isomorph sind, gehören z. B. die meisten Alaune, die rhombischen Karbonate des Kalziums, Strontiums, Bariums und Bleis.

Als **Heteromorphie** oder **Isodimorphie** bezeichnet man die Erscheinung, daß zwei Salze unterschiedlichen Gittertyps Mischkristalle bilden, wobei das eine Salz dem anderen seine Kristallform aufzwingt.

Isomorphismus, ein Begriff der allgemeinen Mengenlehre, der besonders in der modernen Algebra bei der Untersuchung von Gruppen, Ringen und Körpern hinsichtlich ihrer Struktur eine wichtige Rolle spielt. Eine → Menge M, zwischen deren Elementen eine oder einige Beziehungen bestehen, ist mit der Menge N, über der genau so viele Beziehungen wie für M erklärt sind, isomorph, wenn es eine umkehrbar eindeutige → Abbildung φ gibt, die jedem Element a von M genau ein Element $\varphi(a)$ von N zuordnet und für die folgendes gilt: Zu jeder der betrachteten Beziehungen über M gibt es genau eine Beziehung über N, so daß die erste Beziehung auf k Elemente $a_1, a_2, \ldots a_k$ von M dann und nur dann zutrifft, wenn die zweite Beziehung zwischen den Bildern $\varphi(a_1), \varphi(a_2), \ldots \varphi(a_k)$ besteht. Eine Abbildung φ mit den angegebenen Eigenschaften wird I. genannt. Beispiel: Es sei $M = (0, 1, 2 \ldots)$ die Menge aller natürlichen Zahlen. Für je drei Elemente a, b, c von M ist die Gleichung $a + b = c$ richtig oder falsch. Es



Isolatoren. *1* und *2* Isolierrollen, *3* Eckrolle, *4* Eierisolator, *5* Stützenisolator für Hochspannung, *6* Kette aus Kappenisolatoren, *7* Langstabisolatoren mit Schutzhornkreuz

wird gesagt, die Elemente a, b, c stehen in der Beziehung (oder Relation) $a + b = c$ genau dann, wenn die angegebene Gleichung für a, b und c erfüllt ist. Die so erklärte Relation sei die einzige, die in dem betrachteten Zusammenhang von Interesse ist. Ferner sei $N = \{0, 2, 4, \ldots\}$ die Menge aller geraden Zahlen, und die betrachtete dreistellige Relation für die drei Elemente α, β, γ von N sei auch hier genau dann erfüllt, wenn $\alpha + \beta = \gamma$ ist. Die Abbildung φ, welche jedem Element a von M das Element $\varphi(a) = 2a$ von N zuordnet, ist ein I. für die angegebenen Mengen und Relationen, denn aus $a + b = c$ folgt $2a + 2b = 2(a + b) = 2c$ oder $\varphi(a) + \varphi(b) = \varphi(c)$. Würde noch zusätzlich die Relation $a \cdot b = c$ für beide Mengen aufgenommen, so wäre φ kein I. mehr, denn $(2a) \cdot (2b) = 4(ab)$, also $\varphi(a) \cdot \varphi(b) = 2\,\varphi(ab)$.

Homomorphismus ist eine Abbildung, die ähnliche Bedingungen erfüllt wie ein I. Ein Homomorphismus braucht jedoch nicht umkehrbar, sondern nur eindeutig zu sein, d. h. N kann außer den Bildern von M noch weitere Elemente enthalten, und es können einige der vorhandenen Relationen unbeachtet bleiben.

Isonephen, auf Karten Linien, die Punkte gleicher Bewölkung verbinden.

Isoniazid, → Isonikotinsäurehydrazid.

Isonikotinsäurehydrazid, abg. **INH,** Kurzbez. **Isoniazid,** Pyridin-(4)-karbonsäurehydrazid, weiße Kristalle (F. 170 bis 174 °C). I. wurde 1950 als hochwirksames Mittel gegen den Erreger der Tuberkulose erkannt.

Isonitrile, Verbindungen der allgemeinen Formel $R{-}N{\equiv}C$ (mit $\oplus$ und $\ominus$). I. sind farblose, unangenehm riechende, sehr giftige Flüssigkeiten. Sie entstehen aus primären Aminen durch Umsetzung mit Chloroform und Alkalilauge (*Isonitrilreaktion*).

isoperimetrisches Problem, die Aufgabe, z. B. unter allen geschlossenen Kurven desselben Umfangs in der Ebene diejenige zu ermitteln, die den größten Flächeninhalt umschließt. Es läßt sich beweisen, daß von allen isoperimetrischen (umfangsgleichen) Kurven der Kreis den größten Flächeninhalt hat.

Isoporen, auf magnetischen Karten Linien, die Punkte gleicher Veränderlichkeit der erdmagnetischen Elemente (→ Erdmagnetismus) verbinden.

Isopren, $CH_2{=}C(CH_3){-}CH{=}CH_2$, 2-Methyl-1,3-butadien, der Grundbaustein des natürlichen Kautschuks, eine farblose, ölige Flüssigkeit; Kp. 34 °C. I. wird z. B. durch trockene Destillation von Naturkautschuk gewonnen, hauptsächlich aber synthetisch aus Äthin und Azeton oder aus Pentanol. Man polymerisiert I. vor allem unter Zusatz von Katalysatoren zu synthetischem Kautschuk (**Isoprenkautschuk**).

Isopropylbenzol, svw. → Kumol.

Isoseisten, auf Karten Linien, die Punkte gleicher Intensität eines → Erdbebens verbinden.

Isospin, Isotopenspin, in formaler Analogie zum Spin eingeführte Quantenzahl, die den Ladungszustand eines Nukleons charakterisiert.

Isostasie, das hydrostatische Gleichgewicht der Erde. Die sichtbare Masse der Gebirgserhebungen wird größtenteils durch eine bestimmte unterirdische Massenanordnung kompensiert. Die I. wird nach der *Hypothese von Pratt* dadurch erklärt, daß die Gesteinsmassen teigartig aufstiegen und eine geringere Dichte zeigen, je höher sie über dem Meeresniveau liegen. Das Produkt aus Dichte und Höhe über der in etwa 120 km Tiefe angenommenen **isostatischen Ausgleichsfläche** müßte überall das gleiche sein. Nach der *Hypothese von Airy* dagegen tauchen die Kontinente und Gebirgsschollen in die dichtere Masse der inneren Erdkruste und schwimmen darin, ähnlich wie ein Eisberg im Ozean, wobei die höchsten Gebirge am tiefsten eintauchen.

Isosterie, die Gleichheit der Elektronenkonfiguration bei Molekülen oder Ionen gleicher Atom- und Gesamtelektronenzahl. *Isoster* (oder *isoelektronisch*) sind z. B. Stickstoff :N:::N: und Kohlenmonoxid :C:::O:, Distickstoffoxid ::N::O::N:: und Kohlendioxid ::O::C::O::, Azide [::N::N::N::]$^-$ und Zyanate [::O::C::N::]$^-$. Isostere Verbindungen zeigen bei gleicher Gesamtladung und nicht zu großen Unterschieden in den Polaritäten der Einzelbindungen oft eine beträchtliche Ähnlichkeit in ihren physikalischen Eigenschaften.

Isotachen, Linien gleicher Geschwindigkeit. In der Meteorologie z. B. sind I. auf Höhenwetterkarten Linien gleicher Windgeschwindigkeit auf einer Isobarenfläche, z. B. für 300 mbar. In der Hydrologie z. B. sind I. im Querprofil einer Meeresströmung Linien gleicher Strömungsgeschwindigkeit.

isotaktisch, → Polymere.

Isothermen, 1) Meteorologie: auf Klimakarten Linien, die Punkte gleicher wahrer oder auf den Meeresspiegel reduzierter Lufttemperatur verbinden.

2) physikalische Chemie: → Zustandsänderung.

isotherme Schicht, → Inversion.

Isothermie, → Inversion.

isothermische Umwandlung, isothermische **Transformation,** die Gefügeumwandlung von Stahl oder graphithaltigem Gußeisen bei gleichbleibender Temperatur. Ähnlich wie beim Härten wird der Werkstoff zunächst auf Austenitisierungstemperatur erhitzt und dann schnell auf die gewünschte Haltetemperatur abgekühlt (→ ZTU-Schaubild) und bei dieser bis zur Beendigung der Umwandlung belassen. Je nach der chemischen Zusammensetzung des Stahls und der Höhe der Haltetemperatur erhält man ferritisch-perlitisches, perlitisches, Zwischenstufen- oder Martensitgefüge. Stähle mit Zwischenstufengefüge besitzen ähnliche Eigenschaften wie nach einer Vergütung durch Härten und Anlassen, Gußeisen erhält günstigere Verschleißeigenschaften.

Isothiozyanate, svw. → Senföle.

Isothiozyansäure, → Thiozyansäure.

Isotone, Atome, deren Kerne gleich viele Neutronen, aber unterschiedlich viele Protonen enthalten und die demnach verschiedenen Elementen angehören.

isotonisch, → Osmose.

Isotope, Nuklide, deren Kerne gleich viele Protonen, aber unterschiedlich viele Neutronen enthalten und damit verschiedene Masse haben. Die I. haben infolge der gleichen Protonenzahl gleiche Kernladungszahlen, daher auch gleiche Ordnungszahlen, und gehören somit zum gleichen chemischen Element. Ihr charakteristisches Merkmal ist ihre unterschiedliche Masse (→ Atomgewicht). Außer in der Masse unterscheiden sich I. noch im Kernvolumen, in der Spinquantenzahl und magnetischen Quantenzahl des Atomkerns, die I. der leichtesten Elemente auch geringfügig im chemischen Verhalten.

Man unterscheidet zwischen **stabilen I.n** und **radioaktiven I.n** oder **Radioisotopen** (→ Radionuklide). Fast jedes in der Natur vorkommende Element ist eine Mischung von I.n, die mit verschiedenen Häufigkeiten in der Mischung enthalten sind. So ist das natürlich vorkommende Element Schwefel z. B. eine Mischung von 4 stabilen I.n, die sich aus 95,060 % der Massezahl 32; 0,742 % der Massezahl 33; 4,182 % der Massezahl 34 und 0,016 % der Massezahl 36 zusammensetzt (Schreibweise: ^{32}S, ^{33}S usw.). Das in Tabellen angegebene Atomgewicht 32,064 des Schwefels ist das gemessene arithmetische

Mittel der Isotopenmischung. Besonders wichtig ist das Wasserstoffisotop → Deuterium. Ein weiteres Wasserstoffisotop ist das radioaktive → Tritium. Man hat gefunden, daß Elemente mit gerader Ordnungszahl stets mehrere stabile I. enthalten (z. B. hat Selen mit der Ordnungszahl 34 die I. ^{74}Se, ^{76}Se, ^{77}Se, ^{78}Se, ^{80}Se, ^{82}Se), während Elemente mit ungerader Ordnungszahl nur 1 oder maximal 2 stabile I. aufweisen (z. B. hat Fluor mit der Ordnungszahl 9 nur das Isotop ^{19}F; Chlor mit der Ordnungszahl 17 hat die I. ^{35}Cl und ^{37}Cl). Die Elemente mit Ordnungszahlen über 83 haben nur noch radioaktive I. Untersuchungen ergaben, daß Mischelemente, die aus mehreren I.n zusammengesetzt sind, sowohl auf der Erde als auch in Meteoriten fast stets das gleiche Mischungsverhältnis der einzelnen I. aufweisen. Ausnahmen liegen nur dann vor, wenn I. eines Elements durch einen natürlichen radioaktiven Zerfall neu entstehen, z. B. beim Blei. Diesen Effekt nutzt die → physikalische Altersbestimmung aus. Auch beim Wasserstoff und Sauerstoff wurden Schwankungen des Isotopenmischungsverhältnisses festgestellt, die auf geologische Isotopentrennvorgänge zurückzuführen sind. Hieraus ergibt sich eine gewisse (geringe) Unsicherheit der Atomgewichte dieser Elemente. **Isotopenanalysen** werden vorwiegend mit Massenspektrographen ausgeführt.

Unter dem Begriff **Isotopieeffekte** faßt man alle Unterschiede der physikalischen und chemischen Erscheinungen bei Elementen oder chemischen Verbindungen, die durch den relativen Masseunterschied von I.n hervorgerufen werden, zusammen. Dazu gehören Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit, im Schmelzpunkt, Siedepunkt, in der Viskosität, Kapillarität, chemischen Reaktionsfähigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit u. a. Einige dieser Erscheinungen nutzt man zur → Isotopentrennung aus. Die optischen Isotopieeffekte äußern sich in der Isotopieverschiebung der Spektrallinien durch die verschiedenen I. eines Elements und in der Veränderung der Absorptionsspektren von Molekülen, in denen bestimmte Atome durch verschiedene I. ein und desselben Elements substituiert sind. Die Isotopieeffekte lassen sich weitgehend mit Hilfe der statistischen Thermodynamik und der Quantenmechanik rechnerisch erfassen.

Die Verwendung der stabilen I. erstreckt sich auf die Gebiete der Chemie, Physik, Biologie, Medizin. Man setzt sie dort zur Markierung von als → Tracer verwendeten Stoffen ein. Die optische Isotopieverschiebung dient der Aufklärung komplizierter Molekülstrukturen. In großem Umfang wird Deuteriumoxid als wirksame Bremssubstanz für Neutronen in Kernreaktoren eingesetzt; das gasförmige Bortrifluorid $^{10}BF_3$ (mit dem seltenen Borisotop ^{10}B) dient zur Füllung von Neutronen-Zählrohren und zur Belegung von Kernspurplatten. Als sehr genau reproduzierbares und nahezu unveränderliches Wellenlängennormal, das die Grundlage der neuen Meterdefinition bildet, wurde eine Emissionslinie des (vorher auf etwa 99,5 % angereicherten) schwersten natürlichen Kryptonisotops ^{86}Kr international festgelegt. Über den Einsatzbereich radioaktiver I. → Radionuklide.

Lit. Beier u. Dörner: Isotopen- und Strahlenfibel für den Arzt (3. Aufl. Leipzig 1960); Birkenfeld, Haase, Zahn: Massenspektrometrische Isotopenanalyse (Berlin 1962); Brodski: Isotopenchemie (dtsch 2. Aufl. Berlin 1961); Roginski: Theoretische Grundlagen der Isotopenchemie (dtsch Berlin 1962); Schatenstein: Isotopenanalyse des Wassers (dtsch Berlin 1960), Isotopenaustausch und Substitution des Wasserstoffs in organischen Verbindungen (dtsch Berlin 1963); Wetzel, G. Hübner, H. Hübner, Maaß: Anwendung stabiler I. in Forschung und Technik (Leipzig 1963); → Radionuklide.

Isotopenbatterie, Isotopengenerator, ein Gerät zur direkten Umwandlung der Strahlungsenergie radioaktiver Präparate in elektrische Energie mit Hilfe von Thermobatterien.

Isotopengenerator, svw. → Isotopenbatterie.

Isotopenspin, svw. → Isospin.

Isotopentrennung, die Trennung der in Form polynuklidischer chemischer Elemente (Mischelemente) vorliegenden Isotopengemische nach verschiedenen physikalischen oder chemischen Methoden. Die I. beruht auf den Isotopieeffekten (→ Isotope). Um die sehr kostspielige Trennung der Isotope rentabel zu gestalten, werden in einigen Fällen verschiedene der nachfolgend angeführten Trennmethoden kombiniert.

1) Beim **Gasdiffusionsverfahren (Diffusionsverfahren)** wird der Unterschied in den Diffusionsgeschwindigkeiten isotoper Gasmoleküle zur I. ausgenutzt. Das Isotopengemisch strömt durch poröse Wände oder in einen Dampfstrahl hinein, wobei das leichtere Isotop dem schweren vorauseilt, wenn bei niedrigem Druck und kleinem Porendurchmesser die mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle in der gleichen Größenordnung liegt wie der Porendurchmesser. Der Trenneffekt muß durch Anwendung zahlreicher, hintereinander angeordneter Trennglieder vervielfacht werden. So konnte G. Hertz 1932 das Mischelement Neon in die Isotope ^{20}Ne und ^{22}Ne zerlegen. Auch das für die Erzeugung von Kernenergie wichtige Uranisotop 235 (^{235}U) wird meist mit Hilfe des Diffusionsverfahrens aus natürlichem Uran ^{238}U gewonnen, das dazu in Uran(VI)-fluorid UF_6 übergeführt wird.

2) Bei der **Trenndüse** nach E. W. Becker macht man von der unterschiedlichen thermischen Geschwindigkeit isotoper Gasmoleküle Gebrauch. Ein Gasstrahl tritt mit Überschallgeschwindigkeit aus einer Düse aus. Das schwere Isotop hält sich bevorzugt in Strahlrichtung auf, während das leichtere Isotop infolge seiner höheren Geschwindigkeit in seitlicher Richtung aus dem Strahl zu entweichen vermag. Die Trenndüse soll zur Gewinnung von ^{235}U herangezogen werden, um die technischen Probleme, die sich beim Diffusionsverfahren durch Verwendung poröser Materialien ergeben, zu umgehen.

3) Das **Clusius-Dickel-Verfahren (Trennrohrverfahren)** beruht auf der Erscheinung der Thermodiffusion: Herrscht in einem gasförmigen oder flüssigen Gemisch ein Temperaturgefälle, so werden die leichteren Komponenten am heißen, die schweren am kalten Ende angereichert. Die Vervielfachung dieses äußerst kleinen Trenneffekts gelingt durch Kombination der Thermodiffusion mit der Thermokonvektion. In der Achse des Trennrohrs, eines mehrere Meter langen, senkrecht angeordneten Zylinders, wird ein elektrisch beheizter Draht aufgespannt; die Rohrwandung wird von außen gekühlt. Infolge der Thermokonvektion entsteht in einem solchen Trennrohr ein Gegenstrom, der das leichtere Isotop (in der Nähe der heißen Rohrachse) nach dem oberen Rohrende befördert, während das schwere Isotop (in der Nähe der gekühlten Rohrwand) nach dem unteren Rohrende abströmt. An Stelle solcher Drahttrennrohre können auch Ringspalte verwendet werden, bei denen das Gas zwischen den Wänden zweier koaxialer Zylinder eingeschlossen ist. Für Flüssigkeiten werden ebene, sehr enge (großer Temperaturgradient!) Spalte benutzt.

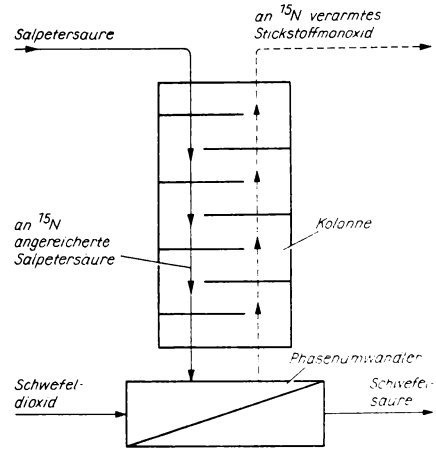
4) Das **Schleuderverfahren** mit Hilfe der Gaszentrifuge beruht darauf, daß das schwerere Isotop beim Zentrifugieren eine größere Zentrifugalkraft erfährt als das leichte Isotop. (Die Zentrifugalkraft ist der Masse proportional.) Dieses Verfahren soll in kleinerem Maßstab mit dem Diffusionsverfahren zur Gewinnung von ^{235}U konkurrieren können.

5) Zur Trennung der Isotope einiger leichter Elemente wird die **Gegenstromdestillation** an-

gewandt, die die geringfügigen Dampfdruckunterschiede der Isotope oder ihrer Verbindungen ausnutzt. So kann das schwere Wasserstoffisotop, das Deuterium (Symbol D), durch Tieftemperaturdestillation von verflüssigtem Wasserstoff auch in technischem Maßstab gewonnen werden. Durch Destillation von Wasser H_2O (besonders unter vermindertem Druck) werden das Element Wasserstoff an dem Isotop D und das Element Sauerstoff an den Isotopen ^{18}O oder ^{17}O angereichert. Ferner wird z. B. Bor-10 (^{10}B) durch Tieftemperaturdestillation von Bortrifluorid BF_3, Kohlenstoff-13 (^{13}C) durch Tieftemperaturdestillation von Kohlenmonoxid CO gewonnen. In Form der Molekulardestillation (→ Destillation) hat die Destillation auch für die Trennung der Isotope schwerer Elemente, z. B. des Quecksilbers, Bedeutung erlangt.

6) Bei der **Elektrolyse** des Wassers (in Gegenwart gelöster Elektrolyte, z. B. von Kaliumhydroxid KOH) wird an der Katode bevorzugt leichter Wasserstoff abgeschieden, so daß das Deuterium (in Form von D_2O) im unzersetzten Rest angereichert wird. Auf diesem Wege werden in Norwegen, wo billige elektrische Energie zur Verfügung steht, größere Mengen D_2O hergestellt. Durch Elektrolyse von geschmolzenem Lithiumchlorid LiCl kann Lithium-6 (^6Li) angereichert werden. Die Anreicherung beruht hier auf den unterschiedlichen Wanderungsgeschwindigkeiten der isotopen Ionen im elektrischen Felde.

7) Großtechnische Bedeutung hat auch das **chemische Austauschverfahren** erlangt. Es beruht darauf, daß die Gleichgewichtskonstanten K (→ Massenwirkungsgesetz) von Isotopenaustauschreaktionen vielfach einen merklich von Eins abweichenden Wert haben. So gilt für den Austausch der Stickstoffisotope zwischen gasförmigem Stickstoffmonoxid NO und in Wasser gelöster Salpetersäure HNO_3: $^{15}NO + H^{14}NO_3 \rightleftharpoons {}^{14}NO + H^{15}NO_3$; $K = \frac{[^{14}NO]\,[H^{15}NO_3]}{[^{15}NO]\,[H^{14}NO_3]} = 1{,}06$. Das schwere Stickstoffisotop ^{15}N wird also in der flüssigen Phase (in der Salpetersäure) angereichert. Dieser Trenneffekt wird durch einen Gegenstromprozeß vervielfacht. Am Kopf einer senkrecht angeordneten Kolonne wird ständig wäßrige Salpetersäure aufgegeben. Die am unteren Ende der Kolonne austretende Lösung wird durch Einblasen von Schwefeldioxid zu Stickstoffmonoxid reduziert (Phasenumwandlung): $2\,HNO_3 + 2\,H_2O + 3\,SO_2 \rightarrow 2\,NO + 3\,H_2SO_4$. Stickstoffmonoxid kehrt in die Kolonne zurück und tritt am Kopf mit vermindertem Gehalt an ^{15}N wieder aus. Das schwere Stickstoffisotop ^{15}N hält sich bevorzugt in der nach unten strömenden Flüssigkeit auf und wird somit am unteren Kolonnenende angereichert, falls in der Kolonne ein hinreichend rascher Isotopenaustausch zustande kommt. Die Ausbeute an ^{15}N kann erhöht werden, falls durch Umwandlung des am Kopf austretenden Stickstoffmonoxids in Ammoniak ein geschlossener Kreislauf des Stickstoffs erzeugt wird. In analoger Weise kann Stickstoff-15 (^{15}N) durch chemischen Austausch im System Ammoniak/wäßrige Ammoniumsalzlösung, Kohlenstoff-13 (^{13}C) durch chemischen Austausch im System Zyanwasserstoffsäure/wäßrige Zyanidlösung oder Kohlendioxid/wäßrige Hydrogenkarbonatlösung, Schwefel-34 (^{34}S) durch chemischen Austausch im System Schwefeldioxid/wäßrige Hydrogensulfitlösung angereichert werden. Die Phasenumwandlung kann in einigen Fällen auch wie bei der Destillation durch Wärmezufuhr oder Wärmeentzug erzwungen werden (*Austauschdestillation*): So wird das Isotop Bor-10 (^{10}B) z. B. durch chemischen Austausch im System Bortrifluorid/Bortrifluordimethyläther angereichert: $^{10}BF_3 + {}^{11}BF_3(CH_3)_2O \rightleftharpoons {}^{11}BF_3 + {}^{10}BF_3(CH_3)_2O$. Beim Erhitzen zerfällt die flüssige Komplexverbindung $BF_3(CH_3)_2O$ weitgehend in die gasförmigen Stoffe Borfluorid BF_3 und Dimethyläther $(CH_3)_2O$; beim Abkühlen im Rücklaufkondensator wird sie zurückgebildet Bei großtechnischen Prozessen zur Gewinnung des schweren Wasserstoffisotops durch chemischen Austausch in Systemen wie Wasserstoff/Wasser, Schwefelwasserstoff/Wasser oder Wasserstoff/Ammoniak kann die in (diesen Fällen



Schema einer Anlage zur Gewinnung von Stickstoff-15 (^{15}N) durch chemischen Austausch im System Stickstoffmonoxid/Salpetersäure

unwirtschaftliche) Phasenumwandlung durch die Anwendung des *Heiß-Kalt-Verfahrens* umgangen werden, das auf der Temperaturabhängigkeit solcher Isotopenaustausch-Gleichgewichte beruht. Der Wasserstoff-Wasser-Austausch muß durch einen im Wasser suspendierten Katalysator, z. B. Platin auf Aktivkohle, beschleunigt werden. Für den Wasserstoff-Ammoniak-Austausch ist im flüssigen Ammoniak gelöstes Kaliumamid KNH_2 ein wirksamer Katalysator.

8) Eine nahezu vollständige Trennung der Isotope tritt im Massenspektrometer (→ Massenspektroskopie) ein. Da jedoch bei den üblichen Apparaten die Mengen, die von den einzelnen Isotopen erhalten werden, unwägbar klein sind, werden besonders intensitätsstarke Geräte (→ Massenseparator) entwickelt, mit denen Isotope auch in unwägbaren Mengen getrennt werden können.

Lit. Grew u. Ibbs: Thermodiffusion in Gasen (Berlin 1962); Krell: Handb. der Laboratoriumsdestillation (2. Aufl. Berlin 1960); → Isotope.

Isotropie, die Unabhängigkeit der physikalischen Eigenschaften und des Verhaltens verschiedener Stoffe von der Richtung im Raum. In erster Linie sind amorphe Substanzen, wie Gase, Flüssigkeiten und Gläser, isotrop. Gegensatz: → Anisotropie.

Isozyanate, Ester der Isozyansäure mit der Gruppierung $-N=C=O$. Je nach Anzahl dieser Gruppen unterscheidet man zwischen Mono-, Di- und Triisozyanaten. Die Darstellung erfolgt durch Abbau der Säureamide oder durch Einwirkung von Phosgen auf primäre Amine: $COCl_2 + RNH_2 \rightarrow R-NCO + 2\,HCl$. Aus Di- und Triisozyanaten gewinnt man durch Polyaddition Polyurethane. Ferner verwendet man die I. zur Herstellung von Waschmitteln, optischen Bleichmitteln, Herbiziden, Farbstoffen, Pharmazeutika u. a.

Isozyansäure, → Zyansäure.

isozyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Istmaß, in der Meßtechnik das durch Messung an einem Prüfling (Werkstück oder Lehre) zahlenmäßig ermittelte Maß. Für die Toleranzhaltigkeit des Prüflings (→ Toleranz) ist unter anderem entscheidend, daß das I. an keiner Stelle des Prüflings außerhalb der Ausschußseite des Toleranzfeldes liegt; das gilt bei Innenteilen (z. B. Wellen) für das kleinste, bei Außenteilen (z. B. Bohrungen) für das größte am Prüfling vorhandene Istmaß.

IT, Abk. für ISA-Toleranzreihe, → Toleranz.

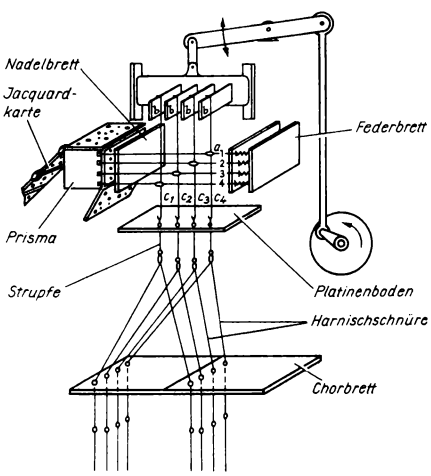
Iteration, die mehrfache Wiederholung einer mathematischen Operation, wobei das jeweils erhaltene Resultat bei der darauffolgenden Anwendung der Operation zugrunde gelegt wird. Die I. ist z. B. eine wichtige Methode zur angenäherten Lösung von Gleichungen. Man bringt eine Gleichung $f(x) = 0$ mit der Unbekannten x auf die Form $x = \varphi(x)$. Ausgehend von einem geschätzten Näherungswert x_0 berechnet man $x_1 = \varphi(x_0)$, dann $x_2 = \varphi(x_1)$ usw. Unter gewissen Voraussetzungen konvergiert die Folge der Näherungswerte x_n gegen eine Lösung der Gleichung. Auch für programmgesteuerte Rechenautomaten sind Iterationsverfahren von Bedeutung.

Iwanow-Verfahren, ein → Raumfilmverfahren.

J, 1) Kurzz. für → Joule. 2) Symbol für → Jod.

Jacht, Yacht, im Rennsegelsport jedes Segelboot, im allgemeinen Sprachgebrauch jedes gedeckte große, vor allem seegehende Segelboot mit Kajüte und Flossenkiel **(Kieljacht)** für Wanderfahrten **(Fahrtenjacht)** oder Regatten **(Rennjacht).** Mitunter spricht man bei großen Motorbooten oder kleinen Motorschiffen für Erholung, Meeresangeln u. a. von **Motorjachten.**

Jacquardmaschine (Tafel 35), eine Maschine zum Herstellen reich- und großgemusterter Gewebe. Die J. ist oberhalb der Webmaschine



Schema der Jacquardmaschine. *a* Nadeln, *b* Messer, *c* Platinen

auf einem Trägergestell angeordnet. Mit ihrer Hilfe können viele (mehrere hundert) Kettfäden einzeln (im Unterschied zur Schaftmaschine) und unabhängig voneinander mustergemäß gehoben und gesenkt werden, so daß sie das für das Eintragen des Schusses erforderliche Fach (→ Weberei) bilden. Die Bewegung der Kettfäden wird gesteuert von einer dem Muster entsprechend gelochten Jacquardkarte (→ Karte), die über ein von einem Malteserkreuzgetriebe gedrehtes Prisma läuft und von waagerecht angeordneten, federnd gelagerten Nadeln abgetastet wird. Wenn eine Nadel auf ein Loch in der Karte trifft, wird eine zugehörige Platine (ein Hebel mit Nase oder ein Stahldraht mit Haken) von einem Messer erfaßt und gehoben. Dadurch wird auch die mit der Platine über Strupfe und Harnischschnur verbundene Weblitze mit dem Kettfaden zur Fachbildung gehoben. Das Prisma wird bei jedem Schuß um eine Teilung gedreht. Wo kein Loch in der Karte ist, wird die Nadel federnd zurückgedrückt und bringt die Platine aus dem Bereich des Messers, so daß sie bei dessen Hochgang stehenbleibt.

Die J. wurde 1805 von dem französischen Weber J. M. Jacquard erfunden. Es dürfte sich bei ihr um eine der ersten mit Programmierung arbeitenden Maschinen handeln.

Jadeit, ein → Augit.

Jagdflugzeug, ein → Militärflugzeug.

Jagdgewehr, eine Handfeuerwaffe für die Jagd. J.e kann man einteilen in Flinten, Büchsen und kombinierte Jagdwaffen.

1) **Flinten** sind J.e mit einem oder mehreren Schrotläufen (Flintenläufen). Die Innenwandung dieser Läufe ist glatt und häufig verchromt. Kleine Laufverengungen an der Mündung halten die Schrotgarben zusammen (→ Choke). Es können nur Flintenpatronen (Schrotpatronen, → Schrot) oder Flintenlaufgeschosse verschossen werden. Flinten sind geeignet auf Niederwild-Jagden, besonders für Hasen, Flugwild, ferner für Raubzeug (Krähen, Elstern u. a.). Man unterscheidet die **Einlaufflinte** (einläufig), die **Doppelflinte** mit zwei nebeneinanderliegenden, miteinander verbundenen Läufen und die **Bockdoppelflinte** mit zwei übereinanderliegenden, miteinander verbundenen Läufen.

2) **Büchsen** sind J.e mit einem oder mehreren Kugelläufen (Büchsläufe). Die Innenwandung dieser Läufe ist mit schraubenförmig gewundenen Vertiefungen, den Zügen, versehen; dadurch bekommen die Geschosse den nötigen Drall. Aus Kugelläufen kann nur Geschoßmunition (Kugelpatronen) verschossen werden. Die üblichen Kaliber liegen zwischen 5 und 9,3 mm Durchmesser. Büchsen sind geeignet auf Hochwild-Jagden, besonders für Schalenwild; Büchsen mit kleinerem Kugelkaliber (Schonzeitbüchsen) werden zum Stellen von heimlichen Räubern (Fuchs, Dachs) verwendet, falls man diese nicht mit Flinten bejagt. Man unterscheidet Repetier-, Doppel- und Bockdoppelbüchsen. Die **Repetierbüchse** ist eine einläufige Jagdwaffe. Das Laden erfolgt durch Repetieren, d. h. durch Zurückziehen und Vorschieben des Schlosses; dabei wird meist eine Patrone aus dem Magazin in das Patronenlager geschoben (Mehrlader oder Magazingewehre). Es gibt aber auch Einzellader. Die **Doppelbüchse** hat zwei nebeneinanderliegende, miteinander verbundene Kugelläufe. Die **Bockdoppelbüchse** hat zwei übereinanderliegende, miteinander verbundene Kugelläufe. Die Läufe werden wie bei der Doppelbüchse zum Laden und Entladen abgekippt.

3) **Kombinierte Jagdwaffen** sind für Hoch- und Niederwildjagd geeignet und besonders in Europa bevorzugt. Man unterscheidet Büchsflinte, Bockbüchsflinte, Drilling und Vierling. Die **Büchsflinte** hat einen Schrotlauf und einen Kugellauf. Die **Bockbüchsflinte** hat zwei übereinanderliegende, miteinander verbundene Läufe. Der obere Lauf ist meist ein Schrotlauf, der untere ein Kugellauf. Der **Drilling** hat zwei nebeneinanderliegende Schrotläufe und einen darunterliegenden Kugellauf, die miteinander verbunden

sind. Der **Vierling** ist eine kombinierte Jagdwaffe wie der Drilling, er weist jedoch einen weiteren kleinkalibrigen Schrotlauf auf. Der Vierling ist dadurch für fast alle Jagden geeignet. Die Läufe werden, wie auch beim Drilling, zum Laden und Entladen abgekippt. Für die einzelnen Jagdmöglichkeiten und Wildarten gibt es entsprechende, im Kaliber unterschiedliche Munition. Außerdem können die Schrotläufe eine unterschiedliche Choke aufweisen und die Schrotgarbe unterschiedlich zusammenhalten.

Bei den meisten J.en erfolgt das Spannen des Gewehres durch Abklappen der Läufe. In dieser Stellung wird die Jagdwaffe mit Munition bestückt. Als Zieleinrichtung dienen bei Flinten Schiene und Korn, bei Büchsen Kimme und Korn. Bei Kugelwaffen wird als Kimme oft ein Klappvisier für 2 oder 3 unterschiedliche Entfernungen benutzt (breitere Einfräsung), außerdem wird sehr häufig ein Zielfernrohr montiert. Bei kombinierten Waffen müssen beide Zielvorrichtungen vorhanden sein. Deshalb befindet sich am J. eine Umschaltung zum Einklappen des Visiers. Die Umschaltung kann auch automatisch wirken.

Jahr, Kurzz. **a** (sofern keine Verwechslung mit a als Kurzz. für Ar möglich ist) oder J, nicht gesetzliche Einheit der Zeit, die Zeitdauer eines Umlaufes der Erde um die Sonne. Je nach Wahl des Bezugspunktes, gegenüber dem ein voller Umlauf gezählt wird, ergeben sich verschiedene Jahreslängen. 1) Das **siderische J.** oder **Sternjahr** ist die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden gleichen Stellungen der Sonne in ihrer scheinbaren Bahn an der Himmelskugel relativ zu den Fixsternen; Dauer 365 Tage 6 Stunden 9 Minuten 9 Sekunden. 2) Das **tropische J.** **(Äquinoktialjahr, Sonnenjahr)** ist die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen der Sonne durch den Frühlingspunkt; Dauer 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46 Sekunden. Das tropische J. ist also kürzer als das Sternjahr, da infolge der → Präzession der Erde der Frühlingspunkt der Sonne entgegenläuft. 3) Das **anomalistische J.** ist die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Periheldurchgängen der Erde; Dauer 365 Tage 6 Stunden 13 Minuten 53 Sekunden.

Für den → Kalender wurde früher mit dem **Mondjahr** (354 Tage) gerechnet. Andere Kalenderjahre sind das **Julianische J.** (365,25 Tage) und das **Gregorianische J.** (365,2425 Tage).

Den Zeitraum, in dem der Frühlingspunkt infolge der Präzession einen vollen Umlauf von 360° ausführt, nennt man das große **Platonische J.** Es hat eine Dauer von etwa 26000 tropischen J.en.

Jahrestonne, fälschlich für Tonne/Jahr, → Tonne.

Jahreszeiten, die von den → Sonnenwenden und den Tagundnachtgleichen (→ Äquinoktium) begrenzten vier Zeitabschnitte des Umlaufes der Erde um die Sonne. Die vier J. (Frühling, Sommer, Herbst, Winter) äußern sich in der Veränderung des scheinbaren Tagbogens der Sonne. Wichtigste Ursache der J. ist die Neigung der Erdachse gegen die Senkrechte zur Ekliptik (→ Erde). Klimatisch unterscheiden sich die J. in erster Linie durch die Temperaturen. Die vier J. entsprechen den Verhältnissen der Kerngebiete der gemäßigten Zone und dürfen nicht ohne weiteres auf andere Erdgebiete übertragen werden.

Jargon, eine Varietät des → Zirkons.

Jaspis, eine Varietät des → Quarzes.

Jato, fälschlich für Tonne/Jahr, → Tonne.

Jenaer Glas, → Glas.

Jenatherm G, Wz., → Glas.

JET, Jet stream, Strahlstrom, ein durch Flieger festgestelltes Windfeld, das sich durch starke Windgeschwindigkeitsunterschiede (nach Seite und Höhe) von seiner Nachbarschaft abhebt. Ein J. ist in der Regel Tausende von Kilometern lang, Hunderte Kilometer breit und einige Kilometer hoch. Als willkürliche untere Geschwindigkeitsgrenze an seiner Längsachse wurde international 30 m/s (≈ 110 km/h) vereinbart. Sein Auftreten ist besonders in der Nähe der Tropopause sowie anderer atmosphärischer Schichtgrenzen, z. B. der Peplopause, beobachtet worden und an den übrigen zu vermuten. J. hängt vielfach mit Frontalzonen zusammen. Gemessen wurden bisher etwa 500 km/h (≈ 140 m/s), theoretisch sind Höchstgeschwindigkeiten bis 740 km/h (≈ 200 m/s) in der Erdatmosphäre möglich.

Jet propellants, → Kraftstoffe.

Jigger, eine Breitfärbemaschine für Gewebe, → Textilfärberei.

Jod, Symbol J, chemisches Element aus der VII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Halogene, Nichtmetall, Reinelement; Ordnungszahl 53, Atomgewicht 126,9044 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, V, VII, seltener III, D. 4,942 g cm^{-3}, F. 113,7 °C, Kp. 184,5 °C; 1811 entdeckt von Courtois. J. bildet grauschwarze, metallisch glänzende, leicht sublimierende Kristalle. Joddämpfe sind violett gefärbt und giftig. In der Natur kommt J. nur gebunden vor. Im Chilesalpeter ist es als Natriumjodat $NaJO_3$ enthalten. Weiterhin findet sich J. in vulkanischen Quellen, in Erdölbohrwässern und im Meerwasser. Es ist unentbehrlicher Bestandteil des menschlichen und tierischen Körpers und z. B. in der Schilddrüse im Thyroxin enthalten. Jodmangel ruft beim Menschen z. B. Struma hervor. Gewonnen wird J. meist aus den Mutterlaugen des Chilesalpeters durch Reduktion mit Natriumhydrogensulfid und nachfolgende Sublimation des ausgefallenen Jodschlamms. In verschiedenen Ländern werden Seetange zur Jodgewinnung herangezogen. Man verwendet J. in der Medizin, in der Photographie, als Katalysator, in der präparativen Chemie und analytischen Chemie (Nachweis von Stärke durch Blaufärbung).

Jodverbindungen. Von den anorganischen Jodverbindungen sind vor allem die Salze der **Jodwasserstoffsäure** HJ, die **Jodide,** z. B. Kaliumjodid (→ Kalium) und Natriumjodid (→ Natrium), von Bedeutung. Die Salze der **Jodsäure** HJO_3 sind die **Jodate,** die stark oxydierend wirken. Wichtig sind auch bestimmte organische Jodverbindungen, die z. B. als Röntgenkontrastmittel verwendet werden.

Jodatometrie, eine Methode der → Oxydimetrie.

Jodlampe, eine Glühlampe mit Jodzusatz. In einem wegen des stationären Temperaturgefälles zwischen Glühwendel und Glaskolben möglichen Kreisprozeß wird das von der Glühwendel abgedampfte Wolfram nach vorübergehender Bindung an Jod ihr wieder zugeführt und auf ihr niedergeschlagen. Der bei Glühlampen herkömmlicher Art auftretende Lichtverlust wegen Kolbenschwärzung (Niederschlag des von der Glühwendel abgedampften Wolframs) und wegen Verminderung des Leuchtdrahtquerschnittes wird bei J.n vermieden. Sie zeigen eine bisher unerreichte Konstanz hinsichtlich Leistungsaufnahme und Lichtstrom während der Lebensdauer. Die Herstellung der J. erfolgt in Soffittenform mit Quarzkolben (daher auch die Bezeichnung Quarz-Jodlampe). Der besondere Vorteil im Zusammenhang mit der Unterdrückung der Kolbenschwärzung ist die extreme Verkleinerung des Lampenvolumens auf < 1 %. Bei zusätzlicher Hochdruckfüllung mit den Edelgasen Krypton oder Xenon kann eine Steigerung der Lichtausbeute und der Leuchtdichte bis zu 50 % gegenüber den bisher üblichen Lampen erwartet wer-

den. Man stellt z. Z. J.n von 1000 bis 2000 Watt für Flutlicht, Photo-, Film- und Fernsehstudios sowie von 500 bis 1000 Watt für Projektions- und Photozwecke und für Flugplatzbefeuerung her. Vereinzelt sind sie schon in der Straßenbeleuchtung zu finden.

Jodoform, Trijodmethan, CHJ_3, gelbe Kristalle oder gelbes Pulver von süßlichem Geruch (F. 119 °C). J. wurde früher als Wunddesinfektionsmittel verwendet.

Jodometrie, eine Methode der → Oxydimetrie.

Jodzahl, abg. JZ, die Zahl, die die Menge Jod in g angibt, die von 100 g Fett oder fettem Öl gebunden wird. Sie ist ein Maß für den Gehalt der Fette und fetten Öle an ungesättigten Verbindungen.

Jonone, eine Gruppe von Terpenketonen. Sie sind farblose, ölige Flüssigkeiten mit veilchenähnlichem Geruch. Durch Kondensation von Zitral mit Azeton entsteht **Pseudojonon** (Kp. 144 °C bei 12 Torr), das sich mittels anorganischer Säuren zu α- und β-**Jonon** umlagert. α- und β-Jonon sind Bausteine des Vitamins A und der Karotine. Die J. werden in der Riechstoffindustrie verwendet.

Jordanmühle, eine → Stoffmühle.

Joule, Kurzz. J., nach dem englischen Physiker J. P. Joule benannte gesetzliche Einheit für die Arbeit, Energie und Wärmemenge. Das J. ist die Arbeit, die verrichtet wird, wenn sich der Angriffspunkt einer Kraft von 1 N (Newton) in Richtung der Kraft um 1 m verschiebt. 1 J = 1 Nm (Newtonmeter) = 1 Ws (Wattsekunde). **Kilojoule,** Kurzz. kJ, = 10^3 J; **Megajoule,** Kurzz. MJ, = 10^6 J.

Joule-Effekt, svw. → Magnetostriktion.

Joulesches Gesetz, ein von dem englischen Physiker J. P. Joule aufgestelltes Gesetz, das die vom elektrischen Strom in einem Wirkwiderstand erzeugte Wärmemenge angibt. Sie beträgt $Q = U\,I\,t = I^2\,R\,t = \frac{U^2}{R}\,t$ (Q = erzeugte Wärmemenge, I = Stärke des durch den Widerstand R fließenden Stromes, U = Spannungsabfall über dem Widerstand R, t = Zeitdauer des Stromflusses). Zur Umrechnung der Einheiten von Wärme und elektrischer Arbeit → Wärmeäquivalent.

Joule-Thomson-Effekt, die von den britischen Physikern J. P. Joule und W. Thomson entdeckte Erscheinung, daß reale Gase (im Gegensatz zu idealen Gasen) bei ihrer Expansion ohne äußere Arbeitsleistung ihre Temperatur ändern. Da die Enthalpie während der Expansion konstant bleibt, bezeichnet man den J.-T.-E. auch als **isenthalpischen Drosseleffekt.** Die Gase kühlen sich unterhalb der Inversionstemperatur ab und erwärmen sich oberhalb dieser Temperatur. Bei der Inversionstemperatur ist der Effekt gerade gleich Null. Die Inversionstemperatur liegt für Wasserstoff bei −80 °C (bei mittleren Drücken), für alle anderen Gase (außer Helium) aber weit oberhalb von 0 °C.

Praktisch wird der J.-T.-E. erreicht durch eine Expansion der Gase von höherem auf niederen Druck beim Durchströmen eines Drosselventils, einer Düse oder einer porösen Schicht.

J. P., Abk. für Jet propellants, → Kraftstoffe.

Juchten, ein → Leder.

Jupiter, der größte Planet des Sonnensystems, Zeichen ♃. J. ist im Mittel 778 Millionen km von der Sonne und zwischen 588 und 967 Millionen km von der Erde entfernt. Sein Äquatordurchmesser ist mit 142 800 km 11mal so groß wie der der Erde, seine Masse größer als die aller anderen Planeten zusammen, 318mal so groß wie die Erdmasse. Seine Umlaufzeit um die Sonne beträgt 11,862 Jahre. Der Planet ist von 12 Monden (→ Satellit) begleitet. Im Fernrohr sieht man auf seiner Oberfläche mehrere dunkle, dem Äquator gleichlaufende Streifen und zahlreiche Flecke. Die Atmosphäre des J.s besteht im wesentlichen aus Wasserstoff, Methan und Ammoniak; die Oberflächentemperatur beträgt maximal −130 °C. Man vermutet, daß sich der J. in gasförmigem Zustand befindet und eine flüssige, nur stellenweise feste Oberfläche hat. 1878 wurde der große Rote Fleck auf dem J. entdeckt, dessen Natur bis heute noch nicht geklärt ist. Er ist inzwischen verblaßt und kaum noch zu erkennen. Weiteres → Planet, Übers.

Jupiterlampe, eine → Bogenlampe.

Jura, das mittlere System des Erdmittelalters (→ System, Tab.). Die Dreigliederung in **schwarzen, braunen** und **weißen** J. legt die Verhältnisse im südlichen Mitteleuropa zugrunde, wo dunkle Tone, Sandsteine und helle Kalke aufeinanderfolgen; die entsprechenden Bezeichnungen **Lias, Dogger** und **Malm** für die drei Abteilungen stammen aus England. Gegenüber der Trias herrschte in Europa während des J.s das Meer vor; über dem europäischen Kontinent erreichte es seine größte Ausdehnung. Die Geosynklinalen, aus denen in der folgenden Kreide und im Tertiär die europäisch-asiatischen Faltengebirge aufstiegen, bildeten sich am tiefsten aus. In Nordamerika falteten sich die Kordilleren auf. Das Klima war allgemein warm. Die Tierwelt entfaltete sich zu hoher Blüte, die ersten Vögel traten auf. Die Pflanzenwelt war durch die Vorherrschaft der Gymnospermen (Nacktsamer) gekennzeichnet. An nutzbaren Gesteinen bildeten sich Kalk, Eisenerze und örtlich Kohle.

Justieren, das Bewegen von Bauelementen während oder nach der Montage in der Form, daß sie die für die gewünschte Funktion des gesamten technischen Gebildes notwendige Lage bekommen, z. B. einzelne Linsen in einem Objektiv.

Lit. Hansen: Justierung (2. Aufl. Berlin 1967).

juvenil, ursprünglich; Bezeichnung für 1) Magma, das nicht durch Aufschmelzung von festen Gesteinen der Erdkruste entstanden ist, 2) Wasser, das aus dem Magma entstammt und noch nicht am Kreislauf des Wassers teilgenommen hat. Gegensatz: → vados.

JZ, Abk. für → Jodzahl.

k, 1) Kurzz. für → Kilo. 2) Kurzz. für metrisches → Karat. 3) k, Zeichen für → Boltzmannsche Konstante.

K, 1) Kurzz. für → Kerze. 2) Kurzz. für → Kayser. 3) Symbol für → Kalium. 4) $\vec{K}$, Zeichen für elektrische → Leitfähigkeit.

°K, Kurzz. für Grad Kelvin, → Kelvinskale.

kA, Kurzz. für Kiloampere, → Ampere.

Kabel, 1) eine in Erde oder unter Wasser verlegte, gut isolierte und mit Schutzhüllen versehene elektrische Leitung. K. bestehen aus einem oder mehreren metallischen Leitern, die gegeneinander und gegen die Umhüllung isoliert sind. Die Umhüllung besteht aus einem metallischen oder nichtmetallischen Mantel als Feuchtigkeitsschutz. Über dem Mantel werden je nach dem Verwendungsort Schutzhüllen vorgesehen. Man unterscheidet Starkstromkabel, Hochfrequenzkabel und → Fernmeldekabel.

Starkstromkabel dienen als Leistungskabel zur Energieübertragung, als Steuerkabel zur Übermittlung von Stromimpulsen für Steuerungszwecke. Sie werden eingeteilt in Niederspannungskabel (bis 1 kV), Hochspannungskabel (bis 30 bzw. 60 kV nd Höchstspannungskabel

(ab 110 kV). Nach der Bauart unterscheidet man Massekabel, Plastkabel, Ölkabel und Gasdruckkabel. **Massekabel** haben Metallmantel und Papierisolierung, die mit einer Öl-Harz-Masse getränkt ist. Sie werden normalerweise nur bis 30 kV hergestellt. **Plastkabel** sind K. mit Plastisolierung und Plastmantel, sie sind bis 10 kV genormt. Als Plastmaterial dienen Polyvinylchlorid-Mischungen. Für Spannungen über 10 bis 30 kV wird Hochdruckpolyäthylen als Isoliermaterial und Polyvinylchlorid als Mantelmaterial verwendet. **Ölkabel** sind Hochleistungskabel mit Papierisolierung und Metallmantel (Blei oder Aluminium). Die Papierisolierung ist mit dünnflüssigem Isolieröl getränkt, das — wenn es sich bei Erwärmung ausdehnt — durch im K. angeordnete Längskanäle zu den Ausgleichsgefäßen am Ende der betreffenden Kabelstrecke fließt. Bei Abkühlung des K.s wird das Öl durch den in den Ausgleichsgefäßen vorhandenen Überdruck wieder in das K. zurückgedrückt. **Gasdruckkabel** haben massearm getränkte Papierisolierung. Sie werden mit unter Druck stehendem Stickstoff gefüllt, um Glimmen zu vermeiden. Die Zwickel zwischen den Adern dienen als Längskanäle für das Druckgas.

Hochfrequenzkabel dienen als Zuleitungen oder Verbindungen für Einrichtungen der drahtlosen Funktechnik (z. B. als Speisekabel für Sendeanlagen).

Erdkabel werden mit modernen Kabellegemaschinen verlegt oder mit Spill bzw. über motorisch angetriebene Kabelziehrollen eingezogen. Als mechanischen Schutz erhalten die verlegten Kabel entweder Haubensteine oder Betonplatten. Fernmeldekabel werden in Städten in Rohrblöcke eingezogen (Röhrenkabel). Flußkabel baggert oder spült man ein. Seekabel werden von speziellen Verlegungsschiffen aus verlegt.

Lit. Artbauer: K. und Leitungen (dtsch. 2. Aufl. Berlin 1963); Fachkunde für Kabelmechanik (Berlin 1967).

2) ein aus mehreren Einzeldrähten zusammengedrehtes Drahtseil für Seilbahnen, Kabelkrane, Hängebrücken u. a.

Kabelkran, → Kran.

Kabriolett, → Karosserie.

Kacheln, Platten aus gebranntem Ton. Die **Meißner K. (Schamottekacheln)** bestehen aus Ton mit etwa 40 % Schamotte als Magerungsmittel, sind mit Engoben überzogen und tragen durchsichtige, farbige Glasuren. Die **Berliner K. (Schmelzkacheln)** werden aus kalkhaltigem Ton mit feinem Sand als Magerungsmittel hergestellt und mit stark bleihaltigen, durch Zinnoxid getrübten Frittenglasuren versehen. K. dienen zur Herstellung von Zimmeröfen. Mitunter werden auch Wandfliesen fälschlich als K. bezeichnet.

Kadaverin, ein → Diamin.

Kadmium, Cadmium, Symbol **Cd,** chemisches Element aus der II. Nebengruppe des Periodensystems, ein Metall; Ordnungszahl 48, Massenzahlen der Isotope 106, 108, 110 bis 114, 116, Atomgewicht 112,40 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. 8,64 g cm^{-3}, F. 320,9 °C, Kp. 767 °C, im Vakuum unter 200 °C sublimierbar; 1817 von Stromeyer entdeckt. K. ist glänzend weiß und weich; es läßt sich hämmern, walzen und ziehen. In Salpetersäure ist es leicht löslich. Kadmiumdämpfe und lösliche Kadmiumsalze sind giftig. In der Natur kommt K. in geringen Mengen in Zinkerzen vor. Technisch wird es hauptsächlich als Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung durch fraktionierte Destillation oder elektrolytisch und bei der Aufarbeitung vieler Flugstaubarten gewonnen. K. wird hauptsächlich zum → Verkadmen verwendet, ferner zur Herstellung von niedrig schmelzenden Legierungen (→ Woodsches Metall, → Lipowitzsches Metall), von Schnellot, Amalgamen für Zahnfüllungen, Lagermetallen und als Bremsmaterial für Neutronen in Kernreaktoren.

Kadmiumverbindungen. Kadmiumchlorid, $CdCl_2$, verwendet als Absorptionsmittel für Schwefelwasserstoff, bei der galvanischen Verzinnung, in der Druckerei- und Mikroskopiertechnik; **Kadmiumoxid,** CdO, kommt in der Natur als Monteponit vor, verwendet für Glasuren und galvanische Kadmiumüberzüge; **Kadmiumsulfat,** $CdSO_4$, weißes Pulver, verwendet als Elektrolytflüssigkeit und für elektrische Batterien; **Kadmiumsulfid,** CdS, kommt in der Natur vereinzelt als Greenockit (Kadmiumblende) vor, verwendet unter der Bezeichnung *Kadmiumgelb* als hellgelbe Malerfarbe; **Kadmiumselenid,** CdSe, verwendet meist in Mischung mit CdS unter der Bezeichnung *Kadmiumrot* als rote Malerfarbe vor allem in der Kunstmalerei, Keramik- und Emailindustrie; *Kadmiumzinnober,* ein orangefarbiges bis rotes Mischpigment aus CdS mit 10 bis 20 % Quecksilbersulfid (Zinnober), ist billiger als reines Kadmiumrot.

Kaffein, svw. → Koffein.

Käfig, 1) Physik: → Faradayscher Käfig. 2) Maschinenbau: ein Bestandteil des Wälzlagers, der den gleichmäßigen Abstand der Rollkörper sichert.

Käfigläufermaschine, eine → elektrische Maschine.

kAh, Kurzz. für Kiloamperestunde, → Amperestunde.

Kai, eine befestigte Anlegestelle für Schiffe am Ufer eines Flusses oder in einem Hafen mit den Anlagen für den Güterumschlag zwischen Schiff und Land (→ Hafen). Die **Kaimauer** ist eine lotrechte oder fast lotrechte Einfassung des Ufers, und zwar bei größerer Wassertiefe und schwererer Auflast (Kranlasten, schwere Schüttgüter) massiv hergestellt als durchlaufende Mauer, als Blockmauer aus geschichteten Mauerwerks- oder Betonblöcken, als Winkelstützmauer aus Stahlbeton oder aufgelöst aus Pfeilern mit dazwischengespannten Gewölben oder aus Pfahlrosten (→ Gründung).

Kainit, 1) ein Mineral, wichtiges Kalisalz, $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3\,H_2O$; monoklin, farblos, weiß, gelblich, rot, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 2,13 g cm^{-3}. Über Vorkommen und Verwendung → Kali.

2) als Mineraldünger ein Gemisch verschiedener gemahlener Kalirohsalze, besonders von Hartsalz und Sylvinit, mit 12 bis 15 % Reinkali K_2O.

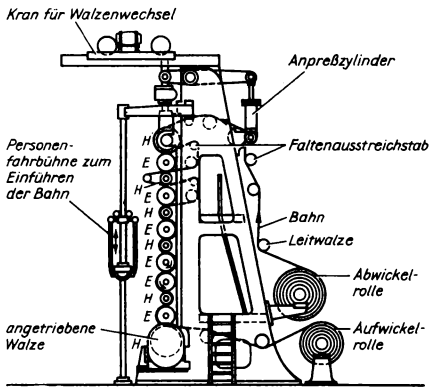
Kakodylverbindungen, meist übelriechende organische Verbindungen des Arsens, z. B. **Kakodyl (Tetramethylarsin)** $(CH_3)_2As—As(CH_3)_2$, **Kakodylchlorid (Dimethylarsinchlorid)** $(CH_3)_2AsCl$ und **Kakodyloxid (Alkarsin)** $[(CH_3)_2As]_2O$. Letzteres entsteht beim Erhitzen von Arsentrioxid mit Kaliumazetat, wobei diese Reaktion zum Nachweis von Arsen und Arsenverbindungen dient.

Kalander *m,* eine aus mehreren übereinander angeordneten, mitunter beheizten Walzen bestehende Walzmaschine für textile Stoffe, Papier und Plaste.

1) In der Textilindustrie dienen K. zum Glätten, Erzeugen von Glanzeffekten und Verdichten von Stoffen, die vorher meist angefeuchtet oder gestärkt werden. Im **Friktionskalander** entsteht durch unterschiedliche Umfangsgeschwindigkeiten der Walzen hoher Glanz. Volleren Griff und dezenten Glanz ergibt der **Chasingkalander,** durch den der Stoff in mehreren Lagen geführt wird. Der **Seidenfinishkalander** erzeugt seidenartigen Glanz der Gewebe durch beheizte Stahlwalzen, die mit zahlreichen feinen Rillen **(Riffelkalander)** versehen sind. Im **Prägekalander**

(Gaufrierkalander) werden mittels beheizter Prägewalze und elastischer Gegenwalze Musterungen in die Stoffoberfläche eingeprägt. Auf **Mangeln** werden Gewebe in der Weise geglättet, daß der auf eine Holzwalze (Kaule) gewickelte Stoff zwischen zwei unter Druck stehenden Metallwalzen gerollt wird. Der **Wasserkalander** mit übereinander angeordneten Walzen dient zum Entwässern von Geweben.

2) Bei der Papierherstellung dient der K. zum Glätten und Glänzendmachen (Satinieren) des Papiers. Der in der Abb. gezeigte K. trägt im Wechsel gegenläufige, feste Hartgußwalzen (H) und elastische, mit Wollpapier oder Baumwolle bezogene Walzen (E), zwischen denen die Papierbahn unter Druck hindurchläuft. Auch in der Papierindustrie gibt es wie in der Textilindustrie Friktions- und Prägekalander; letztere benutzt man außerdem bei der Stereotypie.



Hochleistungs-Rollenkalander mit 12 Walzen für Papier; *H* Hartgußwalzen, *E* elastische Walzen

3) In der Plastindustrie benutzt man K. zur kontinuierlichen Verarbeitung von Thermoplasten und Elasten zu Folien, Kunstleder und Gummimatten, zum Beschichten von Textilien und zum Dublieren von Folien mit Papier und Textilien. Das Material wird zwischen getrennt angetriebenen, beheizten Hartguß- oder Stahl-Hochglanzwalzen in der gewünschten Dicke ausgewalzt. Bei modernen K.n hat jede Walze einen eigenen Antrieb.

Kalender, die Einteilung der Zeit nach astronomischen Gesichtspunkten mit den natürlichen Zeitabschnitten → Tag, → Monat, → Jahr. Unsere Zeiteinteilung geht auf die Römer zurück. Sie rechneten bis zur Zeit Cäsars nach dem Mondjahr, das 12 synodische Monate zu je 29,5 Tagen, insgesamt also 354 Tage umfaßt. Der Jahresanfang war zunächst der 1. März, ab 153 v. u. Z. der 1. Januar. Seit 46 v. u. Z. galt Cäsars **Julianischer K.** (365 Tage, jedes 4. Jahr ein Tag mehr, *Schalttag*). Diese Rechnung ergab jedoch bereits 1582 eine Fehlzeit gegenüber dem Sonnenstand von 10 Tagen. Daraufhin führte Papst Gregor XIII. den **Gregorianischen K.** ein. Er überschlug 1582 die 10 Tage vom 5. bis 14. Oktober, behielt im übrigen den Julianischen K. bei mit der Abänderung, daß bei vollen Jahrhunderten der Schalttag ausfällt, mit Ausnahme der Jahre, die durch 400 teilbar sind. Die protestantischen Teile Deutschlands richteten sich noch bis 1700 nach dem Julianischen K., dem K. alten Stils, ebenso Dänemark und die Niederlande. England führte den Gregorianischen K. 1752 ein, Schweden 1753, Bulgarien 1916, die Sowjetunion 1923 (hier war man zuletzt 13 Tage hinter dem Gregorianischen K. zurück).

Kali *n*, 1) Sammelbezeichnung für die natürlich vorkommenden **Kalisalze** (früher **Abraumsalze** genannt), d. s. Doppelsalze und Gemische chloridischer und sulfatischer Verbindungen des Kaliums, Magnesiums, Natriums und Kalziums, die in den Salzgesteinen enthalten sind. Hauptsächlich kommen folgende Kalirohsalze in den Kalisalzlagern vor:

Kalirohsalz	Zusammensetzung
Sylvinit	Sylvin KCl, Steinsalz NaCl u. a. Ein Sylvinit aus dem Werra-Kaligebiet z. B. enthält 38% KCl, 61% NaCl u. a.
Hartsalz	Sylvin KCl, Steinsalz NaCl, Anhydrit $CaSO_4$ und/oder Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$ u. a. Ein Hartsalz aus dem Südharzkaligebiet z. B. enthält 20,9% KCl, 0,2% K_2SO_4, 1,2% $MgSO_4$, 1% MgCl, 16,4% $CaSO_4$, 58,7% NaCl, 1,3% H_2O, 0,3% Unlösliches
Karnallitit	Karnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$, Steinsalz NaCl, Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$ und/oder Anhydrit $CaSO_4$, gegebenenfalls Tachhydrit $CaCl_2 \cdot 2\,MgCl_2 \cdot 12\,H_2O$ u. a. Ein Karnallitit aus Staßfurt z. B. enthält 13,1% KCl, 13,0% $MgSO_4$, 18,6% $MgCl_2$, 1,2% $CaSO_4$, 29,4% NaCl, 23,0% H_2O, 1,1% $CaCl_2$, 0,6% Unlösliches
Kainit	Kainit $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3\,H_2O$, Steinsalz NaCl u. a.

Vorkommen. In der DDR finden sich Kalisalze im Werragebiet, im Unstrutgebiet, im Südharz und bei Staßfurt, Westdeutschland besitzt Vorkommen im Werra-Fulda-Gebiet, im Raum von Hannover und in Baden. Diese Kalisalze sind besonders wertvoll durch ihren Gehalt an Magnesium. Weitere Kalivorkommen befinden sich in Frankreich (Elsaß und Pyrenäen), England, Spanien (Ebrobecken), Italien (Sizilien), Polen (Wieliczka und Kłodawa), UdSSR (obere Kama, Westukraine, Kasachstan, Usbekistan und Belorussische SSR), Israel (im Toten Meer), in Afrika (Kongobecken), den USA (Neumexiko und Texas) und Kanada.

Gewinnung. Die Kalisalze werden bergmännisch im Tiefbau gewonnen (Tafel 20). Mit elektr. Spannsäulendrehbohrmaschinen werden Sprengbohrlöcher in das Salzgestein gebohrt, mit Sprengstoff geladen und anschließend durch elektrische Fernzündung abgetan. Das hereingesprengte Salzgestein wird mittels Schrapperanlagen oder auch mit Ladegeräten und Bunkerpendelwagen aus dem Abbau herausbefördert. Die Streckenförderung bringt das Salz zum Schacht, in dem es zutage gelangt. Die durch den Abbau entstandenen Hohlräume werden versetzt, wenn die Tragfähigkeit der Salzfesten erhöht werden muß. Hierzu wird der bei der Verarbeitung der Rohsalze anfallende Rückstand mit dem Verfahren des Spülversatzes in langen Rohrleitungen wieder in die leeren Abbaue eingebracht. Weiteres → Untertagebau.

Verarbeitung. Das geförderte Kalirohsalz wird gemahlen. Geringe Mengen hochprozentiger Sylvinite und Hartsalze werden unmittelbar als Düngemittel verwendet. Im allgemeinen aber werden sie auf Kaliumchlorid angereichert, da in der chemischen Industrie und in der Landwirtschaft hochprozentige Salze erwünscht sind. Man wendet dabei besondere Aufarbeitungsverfahren an, die auf der unterschiedlichen Löslichkeit der Rohsalzbestandteile bei verschiedener Temperatur beruhen, in neuerer Zeit auch das Flotationsverfahren.

Verwendung. Kalisalze werden hauptsächlich als Düngemittel verwendet (→ Kalidüngemittel). Die chemische Industrie verarbeitet Kalisalze zu Ätzkali und Pottasche für die Seifen-, Farbstoff- und Glasherstellung, zu Chloratsprengstoffen, Kalisalpeter, Tau- und

Badesalzen u. a. Als Nebenprodukte der Kaliindustrie gewinnt man Natriumsulfat, Kieserit, Magnesiumsulfat, Bittersalz, Magnesiumchlorid, Brom und Borazit.

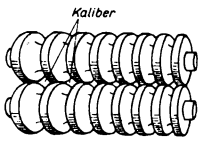
Lit. Heymel: K. ist Trumpf. Grundstoff für die Industrie — Düngemittel für die Landwirtschaft (Leipzig 1963); Kühnel: Kalifachkunde (Leipzig 1953); Serowy: Verarbeitungsmethoden der Kalirohsalze (Halle 1952); Spackeler: Lehrb. des Kali- und Steinsalzbergbaus (dtsch Halle 1957); Chemie und Technologie der Kalisalze, Internationales Symposium 1961 in Erfurt (Leipzig 1963); Fachkunde für den Kali- und Steinsalzbergbau (2. Aufl. Berlin 1958).

2) im engeren Sinne Bezeichnung für Kaliumoxid K_2O **(Reinkali)** zur Kennzeichnung der Qualität von Kalidüngern.

3) in der Düngerlehre svw. → Kalidüngemittel.

Kaliber *n*, 1) allgemein der innere Durchmesser (lichte Weite) von Rohren.

2) Waffentechnik: der Durchmesser des Rohres (Laufes) einer Waffe. Bei militärischen Waffen ohne Züge ist K. der Durchmesser des Rohrinneren, bei militärischen Waffen mit Zügen der Abstand zweier gegenüberliegender Felder (→ Drall). Das K. wird bei Militärwaffen in mm oder cm ausgedrückt. Bei Jagdwaffen (→ Jagdgewehr) wird das K. von Flintenläufen (Schrotläufen) ausgedrückt durch die der Laufweite entsprechende Zahl gleichgroßer Bleikugeln, die 1 englisches Pfund (453,6 g) wiegen **(Schrotkaliber)**. Das K. von Büchsläufen (Kugelläufen) ist ein abgerundetes Maß, das zwischen Feld- und Zugdurchmesser liegt; es wird in mm oder hundertstel bzw. tausendstel Zoll gemessen **(Kugelkaliber)**.



Kaliber von Walzen

3) Walztechnik: die Form und Größe der zwischen den Walzenpaaren vorhandenen Walzenspalte, durch die das Walzgut läuft und ein bestimmtes → Profil erhält.

4) ein Meßwerkzeug zur Bestimmung der bei spanabhebender Bearbeitung erreichten Toleranzen von Außen- und Innendurchmessern **(Gut-Kaliber, Ausschuß-Kaliber)**.

Kalidüngemittel, Kalidünger, Kalidüngesalze, solche Düngemittel, die als wesentlichen Bestandteil den Pflanzennährstoff Kalium enthalten. K. werden aus Kalirohsalzen (→ Kali) hergestellt. Über 90 % der aus den Kalilagern geförderten Kalirohsalze werden in chemischen Fabriken zu K.n veredelt.

Für die Düngewirkung der K. ist ihr Gehalt an Kalium ausschlaggebend. Dieser wird handelsüblich als **Reinkali** K_2O (Kaliumoxid) ausgedrückt, obwohl das Kalium in den K.n nicht als Oxid, sondern als Kaliumchlorid KCl oder Kaliumsulfat K_2SO_4 vorliegt; der in Reinkali ausgedrückte Kaliumgehalt der K. wird aus dem analytischen Kaliumgehalt errechnet.

Als K. werden verwendet 1) die als **hochprozentige Kalidüngesalze** bezeichneten K. Hierzu gehört a) das **40 %ige Kalidüngesalz**, Reinkaligehalt 38 bis 42 %, enthält z. B. 64 % Kaliumchlorid KCl, 26 % Natriumchlorid NaCl, 6 % Kalziumsulfat $CaSO_4$, 1 % Magnesiumsulfat $MgSO_4$; b) das **50 %ige Kalidüngesalz**, Reinkaligehalt 48 bis 52 %, enthält z. B. 80 % KCl, 16 % NaCl; c) das **60 %ige Kalidüngesalz**, Reinkaligehalt 58 bis 62 %, enthält z. B. 95 % KCl, 3 % NaCl. 2) in geringem Maße **Kalirohsalze**, vor allem **Kainit**; Reinkaligehalt 12 bis 15 %, enthält 19 bis 24 % KCl, NaCl-Gehalt sehr wechselnd. 3) **magnesiumhaltige K.**: a) **Emgekali**, Reinkaligehalt 33 bis 37 %, enthält z. B. 56 % KCl, 16 % NaCl, 16 % $MgSO_4$, 6 % $CaSO_4$; b) **schwefelsaures Kali**, Reinkaligehalt 48 bis 52 %, enthält z. B. 94 % K_2SO_4, 3 % $MgSO_4$; c) **Reformkali**, Reinkaligehalt 26 bis 30 %, enthält 21 % KCl, mindestens 24 % K_2SO_4, mindestens 26 % $MgSO_4$, 8 % $CaSO_4$; d) **Kalimagnesia (Patentkali)**, Reinkaligehalt 26 bis 30 %, enthält z. B. 50 % K_2SO_4, 25 bis 38 % $MgSO_4$, 2,5 % NaCl; e) **Kamex**, Reinkaligehalt 38 bis 42 %, mindestens 10 % $MgSO_4$; f) **Romex**, Reinkaligehalt 12 %, davon die Hälfte als K_2SO_4 und etwa 20 % $MgSO_4$.

Die magnesiumhaltigen K. mit Ausnahme von Emgekali sind **chlorarme** bzw. **chlorfreie K.** Die Magnesiumkomponente ist ein wertvoller Pflanzennährstoff.

Kalihaltig sind ferner Mehrnährstoffdünger wie **Kaliammonsalpeter** (Reinkaligehalt 28 bis 32 %), **Sup-Ka** (Reinkaligehalt je nach Mischungsverhältnis), **Am-Sup-Ka** (Reinkaligehalt je nach Mischungsverhältnis) u. a.

Die Kaliumionen begünstigen bei den Pflanzen die Photosynthese und damit die Stärke-, Zucker- und Zellulosebildung, besonders auch die Plasmaquellung, wodurch der Wasserhaushalt der Pflanzen günstig beeinflußt wird.

K. müssen bei der Lagerung vor Feuchtigkeit geschützt werden.

Lit. → Düngemittel.

Kalifornium, Californium, Symbol **Cf**, ein stark radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element aus der III. Nebengruppe des Periodensystems, gehört zur Gruppe der → Aktinide, ein Transuran; Ordnungszahl 98, Massenzahlen der bisher bekannten Isotope 244 bis 254 (das stabilste Isotop $^{251}_{98}Cf$ hat eine Halbwertszeit von ≈ 800 Jahren), Wertigkeit III. Das $^{244}_{98}Cf$ wurde 1950 vom Thompson, Street jr., Ghiorso und Seaborg durch Beschuß von Curiumatomen mit Alphateilchen im Zyklotron der California-Universität (USA) entdeckt. Beim Beschuß von Uran-238 mit Kohlenstoffkernen von 12 Millionen eV entsteht neben diesem Isotop noch ein zweites Isotop $^{246}_{98}Cf$.

Kalilauge, → Kalium.

Kalisalze, → Kali.

Kalium, Symbol **K**, chemisches Element aus der I. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Alkalimetalle; Ordnungszahl 19, Massenzahlen der Isotope 39, 41 und 40, Atomgewicht 39,102 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, D. 0,86 g cm^{-3}, F. 63,5 °C, Kp. 760 °C; elementares K. wurde 1807 erstmals von Davy hergestellt. Das Isotop $^{40}_{19}K$ ist schwach radioaktiv und geht vorwiegend unter β-Strahlung in das Kalziumisotop $^{40}_{20}Ca$ über. K. ist ein wachsweiches, silberweißes, glänzendes Metall, das sich an feuchter Luft sehr rasch mit einer weißen Oxidkruste überzieht, so daß man es unter Petroleum oder Paraffinöl aufbewahren muß. Mit Wasser reagiert K. sehr heftig unter Bildung von Wasserstoff und Kalilauge, wobei es infolge der entstehenden Reaktionswärme schmilzt und der Wasserstoff sich entzündet. Kaliumionen färben die Bunsenflamme violettblau. In der Natur kommt K. nicht frei vor, seine Verbindungen sind aber sehr verbreitet, besonders als Orthoklas und Muskovit sowie in Form der Kalisalze (→ Kali). K. ist ein unentbehrlicher Kernnährstoff der Pflanzen und wird daher dem Boden in Form von → Kalidüngemitteln zugeführt. Technisch stellt man K. vorwiegend nach dem thermischen Verfahren her, bei dem Kaliumverbindungen bei hohen Temperaturen reduziert werden. Ferner kann K. durch Elektrolyse von Kaliumhydroxid- oder Kaliumchloridschmelzen gewonnen werden. K. wird z. B. als Trockenmittel für organische Lösungsmittel und als Polymerisationskatalysator verwendet.

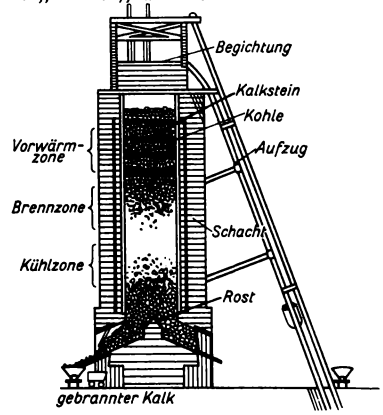
Kaliumverbindungen. Kaliumaluminiumalaun, → Alaune; **Kaliumbromid,** KBr, farblose Kristalle, verwendet in der Photographie zur Herstellung von Silberbromid und als Zusatz zu Entwicklern und in der Medizin für Beruhigungsmittel; **Kaliumchlorat,** $KClO_3$, farblose, giftige Kristalle, verwendet in der Zündholzfabrikation und Pyrotechnik, für Sprengstoffe, als Herbizid und Desinfektionsmittel; **Kaliumchlorid,** KCl,

farblose Würfel, kommt in der Natur als Mineral Sylvin vor, verwendet zur Erzeugung von Kalilauge, Kaliumhydroxid und -karbonat; **Kaliumdichromat**, veraltet **Kaliumbichromat**, $K_2Cr_2O_7$, orangerote, giftige Kristalle, verwendet als Oxydationsmittel, in der analytischen Chemie, zur Herstellung von Pigmenten, in der Pyrotechnik und der Film-, Photo- und Zündholzindustrie; **Kaliumdisulfit (Kaliumpyrosulfit)**, $K_2S_2O_5$, farblose Kristalle, verwendet in der Färberei als Reduktionsmittel und in der Photographie für Entwickler und saure Bäder; **Kaliumeisenzyanide (Kaliumhexazyanoferrate)**, → Blutlaugensalz; **Kaliumhydrogenkarbonat** (veraltet **Kaliumbikarbonat**), $KHCO_3$, farblose Kristalle, dient zur Herstellung von Kaliumkarbonat; **Kaliumhydrogensulfat**, $KHSO_4$, farblose Kristalle, dient in der chemischen Analyse als Aufschlußmittel; **Kaliumhydrogensulfid**, KHS, farblose Kristalle, verwendet zur Trennung von Schwermetallen; **Kaliumhydroxid (Ätzkali)**, KOH, weiße, sehr hygroskopische, stark ätzende, kristalline Verbindung, die begierig Kohlendioxid anzieht, entsteht als wäßrige Lösung **(Kalilauge)** durch Elektrolyse von Kaliumchloridlösungen (→ Chloralkalielektrolyse), verwendet in der Seifen- und Farbenindustrie sowie in der Medizin; **Kaliumhypochlorit**, KOCl, farblose Kristalle, die stark oxydierend wirken, die wäßrige Lösung (*Eau de Javelle*) wird als Desinfektionsmittel und für Bleichzwecke verwendet; **Kaliumjodid**, KJ, farblose Kristalle, verwendet in der Photographie, Medizin und analytischen Chemie; **Kaliumkarbonat (Pottasche)**, K_2CO_3, weißes, hygroskopisches, kristallines Pulver, Bestandteil von Holzasche, Schafwolle, Zuckerrübenschlempe u. a., großtechnisch gewinnt man K_2CO_3 durch Einleiten von Kohlendioxid in Kalilauge oder aus Kaliumsulfat über Kaliumformiat und anschließendes Glühen (Formiat-Pottasche-Verfahren); es wird verwendet in der Seifenfabrikation zur Herstellung von Schmierseifen, in der Bleicherei und Färberei, im Straßenbau und für Kaliwasserglas; **Kaliumnitrat** (Kalisalpeter, → Salpeter); **Kaliumoxid**, K_2O, gelblich-weißes Pulver; **Kaliumperchlorat**, $KClO_4$, farblose Kristalle, verwendet für Sprengstoffe; **Kaliumpermanganat**, $KMnO_4$, dunkelpurpurfarbene, bräunlich schimmernde Kristalle, die sich in Wasser mit violetter Farbe lösen, verwendet als Bleichmittel, Beizmittel, Desinfektionsmittel, Oxydationsmittel und in der Manganometrie; **Kaliumsulfat**, K_2SO_4, farblose Kristalle, findet sich in vielen Doppelsalzen (→ Alaune) und Mischsalzen (→ Kali), verwendet als wertvolles Düngemittel; **Kaliumzyanid**, KCN, farblose, hygroskopische, giftige Kristalle, verwendet in der Galvanotechnik und Zyanidlaugerei.

Kalium-Argon-Methode, → physikalische Altersbestimmung.

Kalk, 1) gebräuchliche Sammelbezeichnung für einige Kalziumverbindungen. **Kohlensaurer K.** ist chemisch Kalziumkarbonat $CaCO_3$, → Kalzium. Aus ihm wird der **gebrannte K. (Ätzkalk, Branntkalk, Kalkerde, Luftkalk)**, chemisch Kalziumoxid CaO, hergestellt. Hierzu bringt man Kalziumkarbonat in Form des in der Natur vorkommenden Kalksteins in Schacht-, Ring- oder Drehöfen (Drehrohr- oder Drehrostöfen) ein und brennt ihn bei 900 bis 1000 °C, wodurch das Kohlendioxid ausgetrieben wird: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$. Der gebrannte K. ist als **Stückkalk** sehr porös und bröckelig; er kommt auch feingemahlen als **Sackkalk** in den Handel. Je nach dem CaO-Gehalt und den Verunreinigungen des verwendeten Kalksteins unterscheidet man bei gebranntem K. **Weiß-** oder **Fettkalk** ($\approx$ 90 % CaO), **Grau-** oder **Schwarzkalk** (80 bis 90 % CaO) und **Dolomit-** oder **Magnesiakalk.** Letzterer enthält vor allem Magnesiumkarbonat als Nebenbestandteil. Andere Verunreinigungen sind Siliziumdioxid, Tonerde, Eisenoxid und Aluminiumsilikat. Gebrannter K. ist sehr hygroskopisch (daher trocken zu lagern!) und nimmt auch CO_2 aus der Luft auf.

Übergießt man gebrannten K. mit Wasser, so bildet sich **gelöschter K. (Löschkalk, Staubkalk)**, chemisch Kalziumhydroxid $Ca(OH)_2$: $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$. Dabei wird sehr viel Wärme frei, das überschüssige Wasser verdampft (der K. „raucht"), und Stückkalk wird zu Pulver.



Kalk: Schema eines kontinuierlich arbeitenden Schachtofens mit mechanischer Beschickung

Das Löschen kann von Hand und maschinell durchgeführt werden, beim *Naßlöschen* wird mehr Wasser, beim *Trockenlöschen* weniger Wasser verwendet. Die klare wäßrige Lösung heißt **Kalkwasser**, eine Suspension von Kalziumhydroxid in Wasser **Kalkmilch** und der wäßrige Brei **Kalkbrei**. Der gelöschte K. nimmt Kohlendioxid aus der Luft auf und geht unter Freiwerden von Wasser wieder in Kalziumkarbonat (Kalkstein) über.

Unter **Wasserkalk** versteht man Kalziumoxid, das durch mehr als 10 % Siliziumdioxid, Tonerde und Eisen verunreinigt ist und bei Zugabe von Wasser ablöscht. **Hydraulische** und **hochhydraulische K.e**, durch mehr als 15 % Siliziumdioxid, Tonerde und Eisen verunreinigt, löschen nicht mehr ab; sie erhärten an der Luft und unter Wasser. **Bunakalk** ist ein blaugrauer Abfallkalk des VEB Chemische Werke Buna. Er enthält 70 bis 90 % Kalziumhydroxid und geringe Beimengungen, z. B. Äthin, Karbid, Sulfide und Sulfite. **Leunakalk** fällt im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" bei der Herstellung von Ammoniumsulfat an. Er besteht aus 75 % Kalziumkarbonat und Magnesiumkarbonat sowie bis 0,3 % Stickstoff.

Verwendung. Gebrannter K. dient vor allem zur Herstellung von gelöschtem Kalk, Karbid u. a., als Düngemittel, Ofenfutter, basischer Zuschlag beim Erschmelzen von Metallen, in der Glasfabrikation und bei der Zucker- und Zellstoffgewinnung. Gelöschter Kalk wird in Form von Kalkbrei vor allem zur Herstellung von Mörtel für Bauzwecke verwendet, in Form von Kalkmilch und Kalkwasser dient er als weiße Anstrichfarbe, in der Zuckerindustrie zur Reinigung des Rohsaftes, als Neutralisationsmittel, zur Gewinnung von Ammoniak aus Gaswasser, zum Kaustifizieren von Soda u. a. Bunakalk und Leunakalk werden vor allem als Düngemittel eingesetzt, Bunakalk dient außerdem zur Herstellung von Mörtel.

2) in der Düngerlehre svw. → Kalkdüngemittel.

Lit. Fachkunde für Kalk- und Zementwerker (3 Bde Leipzig 1953); Ztschr.: Baustoffindustrie (Berlin).

Kalkdüngemittel, Kalkdünger, **Düngekalk,** solche Düngemittel, die als wesentlichen Bestandteil den Pflanzennährstoff Kalzium enthalten. Ihr für die Düngewirkung ausschlaggebender Gehalt an Kalzium wird grundsätzlich als Kalziumoxid CaO **(Kalkgehalt)** berechnet. Das Kalzium liegt aber in einem Teil der K. nicht als Kalziumoxid, sondern als Kalziumkarbonat $CaCO_3$ oder Kalziumhydroxid $Ca(OH)_2$ vor. Den Kalkgehalt solcher K. ermittelt man durch Kalkgehalts-Umrechnung: Kalziumkarbonat $CaCO_3$ enthält 56,5 % Kalziumoxid CaO; Kalziumhydroxid $Ca(OH)_2$ enthält 75,6 % Kalziumoxid CaO.

Als K. werden verwendet: 1a) **Kohlensaurer Kalk** (Kalksteinmehl): Kalkgehalt 45 bis 53 %, enthält ein Gemisch von 80 bis 95 % $CaCO_3$ und Magnesiumkarbonat $MgCO_3$. b) **Branntkalk:** Kalkgehalt 70 bis 95 %, enthält ein Gemisch von 70 bis 95 % CaO und MgO. c) **Löschkalk:** Kalkgehalt 60 bis 70 %, enthält 70 bis 90 % $Ca(OH)_2$ u. a. Durch Mischen von Brannt- oder Löschkalk mit kohlensaurem Kalk wird **Mischkalk** hergestellt: Kalkgehalt 60 bis 65 %. Beim Brennen von magnesiumhaltigem (dolomitischem) Kalkstein fällt **Graukalk** an mit hohem Anteil von MgO neben CaO. 2) **Abfallkalke,** die als industrielle Nebenprodukte gewonnen werden. a) **Bunakalk:** Kalkgehalt 60 bis 70 %, enthält 70 bis 90 % $Ca(OH)_2$. b) **Leunakalk:** Kalkgehalt 42 %, enthält 75 % $CaCO_3$ und $MgCO_3$ sowie bis zu 0,3 % Stickstoff. c) **Hüttenkalk:** enthält 45 bis 55 % CaO, ferner Aluminiumoxid Al_2O_3 und zahlreiche Spurenelemente. d) **Scheideschlamm:** Kalkgehalt 25 %, enthält 30 % $CaCO_3$, 40 % Wasser, etwa 0,4 % Reinstickstoff, 0,5 % Reinphosphorsäure (als P_2O_5) und 0,2 % Reinkali K_2O. 3) **Mergel:** Kalkgehalt und Zusammensetzung unterschiedlich.

Kalkhaltige Mineraldünger sind ferner Kalkstickstoff (Kalkgehalt 65 %), Thomasphosphat (Kalkgehalt 40 bis 50 %), Kalziumnitrat (Kalkgehalt 28 %), Kalkammonsalpeter (Kalkgehalt 17 bis 21 %).

Die K. sind sowohl Boden- als auch Pflanzendünger. Sie stabilisieren durch in Lösung gehende Kalziumionen die Bodenstruktur und beseitigen gegebenenfalls durch ihre basische Wirkung gleichzeitig die schädliche Bodensäure.

Als Erhaltungskalkung, d. h. zum Ersatz laufenden Kalkentzugs, werden alle 3 bis 4 Jahre bis 15 dt/ha $CaCO_3$ auf leichten, bis 25 dt/ha $CaCO_3$ oder 15 dt/ha CaO auf schweren Böden benötigt.

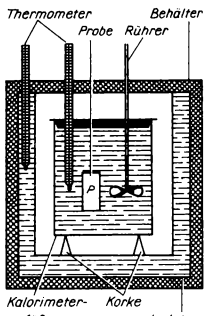
K. darf man nie zusammen mit Stalldung, Superphosphat oder Ammoniakdünger ausbringen, da es sonst Nährstoffverluste gibt.

Lit. → Düngemittel.

Kalkfarben, 1) Anstrichmittel, die gelöschten Kalk mit oder ohne Zusatz wasserlöslicher tierischer oder pflanzlicher Leime als Bindemittel und kalkbeständige anorganische oder organische Pigmente als färbenden Bestandteil enthalten.

2) Pigmente, die durch Fixierung bestimmter basischer Farbstoffe auf Grünerde als Substrat erhalten werden. Sie zeichnen sich durch Kalkbeständigkeit und verhältnismäßig gute Lichtechtheit aus und werden in der Dekorationsmalerei verwendet. Am bekanntesten ist das aus Brillantgrün hergestellte **Kalkgrün.**

Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht, ein zwischen der freien, gelösten Kohlensäure und der Karbonathärte eines Wassers bestehendes *p*H- und temperaturabhängiges Konzentrationsgleichgewicht. Man unterscheidet zwischen freier und gebundener Kohlensäure des Wassers. Es wurde festgestellt, daß in Abhängigkeit von der Temperatur eine bestimmte Menge freie Kohlensäure (zugehörige Kohlensäure) notwendig ist, um die Karbonathärte eines Wassers in Lösung zu halten. Fehlt freie Kohlensäure, fällt Kalziumkarbonat aus; besteht ein Überschuß an freier Kohlensäure, so ist das Wasser aggressiv und kann an Werkstoffen, z. B. Beton und Eisen, erhebliche Zerstörungen durch Korrosion verursachen.



Flüssigkeitskalorimeter

Kalksandstein, 1) Baustoffkunde: ein Wandbaustein aus 1 Teil Weißkalk und 13 bis 15 Teilen Quarzsand. Er wird in der Abmessung von gebrannten Ziegeln gepreßt und gehärtet. Die Verfestigung erfolgt vorwiegend durch Bildung von Kalziumhydrosilikat. Aus demselben Material wird unter Zusatz von Schaumbildnern Schaumsilikat (TGL 117-0376) hergestellt.

2) ein Sedimentgestein, → Sandstein.

Kalk-Soda-Verfahren, → Natrium.

Kalkspat, svw. → Kalzit.

Kalkstein, ein häufiges Sedimentgestein aus $CaCO_3$ (Kalzit, seltener Aragonit), Härte nach Mohs 3, D. 1,95 bis 2,8 g cm^{-3}. K. ist meist im Meer entstanden, und zwar durch anorganische Ausfällung, vor allem bei Eindunstungsprozessen im Zusammenhang mit der Bildung von Salzen, z. T. als Oolith, oder häufiger unter wesentlicher Beteiligung von Organismen durch Aufbau von Hartteilen aus Kalzit und Aragonit (z. B. Schalen und Skelette von Muscheln, Foraminiferen, auch Algen). Abgelagertes Lockersediment (Kalkschlamm oder gröbere Lockerkalke) verfestigt sich meist durch Diagenese (Umkristallisation, kalkige Porenausfüllung) zu K. Es gibt auch primäre Festkalke, durch Kolonien festsitzender Lebewesen, z. B. Korallen **(Riffkalke),** oder anorganisch an Quellen gebildet. Verschiedene K.e sind auch jetzt noch Lockerkalke, z. B. Kreide. Es gibt alle Übergänge von reinen, monomineralischen K.en zu anderen, kalkfreien Sedimenten. Nach den Beimengungen unterscheidet man **mergelige K.e** (mit Ton, Mergel), **Kieselkalke, Phosphoritkalke, bituminöse K.e** (Stinkkalke) u. a.

K.e werden z. B. zu Werk- und z. T. auch Pflastersteinen verwendet, ferner als Lithographenkalk, als Grundstoff für die Bau-, insbesondere die Zementindustrie, als Zuschlagstoff in der Eisenhüttenindustrie, bei hohem Reinheitsgrad in der Porzellan-, Glas- und Zuckerindustrie.

Kalkstickstoff, ein graues bis schwarzes, feines Pulver, ein Gemisch aus Kalziumzyanamid $CaCN_2$ und Kohlenstoff. Man erhält K. durch Umsetzen von Kalziumkarbid CaC_2 mit Stickstoff bei hohen Temperaturen. K. dient vor allem als Stickstoffdüngemittel, daneben als wichtiger Rohstoff für andere großtechnische Produkte, z. B. Melamin.

Kalkül *m*, ein bestimmtes Rechenverfahren von formalem Charakter, z. B. der Differentialkalkül. Der K. hat z. B. auch Bedeutung für die programmgesteuerten Rechenautomaten.

Kalkuranglimmer, → Uranminerale.

Kalme *f*, die völlige Windstille, → Windsysteme.

Kalomel, Quecksilber(I)-chlorid, → Quecksilber.

Kalorie, Kurzz. **cal,** gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge. Die K. war ursprünglich definiert als die Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 g Wasser bei 760 Torr von 14,5 °C auf 15,5 °C zu erwärmen, daher früher auch **Grammkalorie** (Kurzz. gcal) genannt. Durch die Internationale Dampftafelkonferenz 1956 wurde die K. mit dem Joule (Kurzz. J) verknüpft; 1 cal = 4,1868 J. **Kilokalorie** (früher Kilogrammkalorie), Kurzz. kcal, = 10^3 cal. **Megakalorie,** Kurzz. Mcal, = 10^6 cal.

Kalorik, svw. → Wärmelehre.

Kalorimeter, Geräte zum Messen von Wärme (*Kalorimetrie*). Das **Flüssigkeits-** oder **Mischungskalorimeter** (Abb.) besteht aus einem Metall-

gefäß, das mit einer Flüssigkeit gefüllt ist und sich in einem zweiten, doppelwandigen Behälter befindet, gegen den es durch Kork und die dazwischen befindliche Luftschicht isoliert ist. Der äußere Behälter ist außen mit geeignetem Isoliermaterial umgeben und enthält im Zwischenraum Wasser. Wird ein warmer Körper in die Kalorimeterflüssigkeit getaucht, so kann aus der Anfangs- und Endtemperatur von Flüssigkeit und eingetauchtem Körper, der Wärmekapazität des Kalorimeters und der Masse des eingetauchten Körpers dessen spezifische Wärme und damit die von dem Körper abgegebene und vom Wasser aufgenommene Wärme ermittelt werden. Ähnlich konstruiert sind das **Eiskalorimeter** und die **Verdampfungs-** und **Kondensationskalorimeter**. Beim **Nernstschen Metallkalorimeter** ist die Kalorimeterflüssigkeit durch einen Metallblock ersetzt. **Differential-** oder **Zwillingskalorimeter** bestehen aus zwei völlig gleichartigen, gegeneinander isolierten und symmetrisch angeordneten Gefäßen, die in demselben Schutzmantel untergebracht sind. Dem einen der beiden Gefäße wird die zu messende Wärme zugeleitet, während in dem anderen eine leicht zu messende elektrische Wärme gleicher Größe entwickelt wird. Die Temperaturmessung erfolgt mit Hilfe von Differentialthermoelementen. Diese K. können zur Messung sehr kleiner Reaktionswärmen eingesetzt werden. Beim **Strömungskalorimeter**, mit dem vorwiegend die Wärmen von flüssigen Stoffen gemessen werden, wird in einem dünnen Glasrohr die durchströmende Flüssigkeit durch elektrischen Strom erwärmt. Die Temperaturdifferenz zwischen beiden Rohrenden wird mittels Thermoelementen oder Platinwiderstandsthermometern gemessen. Für die Bestimmung von Wärmen, die bei Verbrennungsvorgängen abgegeben werden, benutzt man häufig die **kalorimetrische Bombe** nach Berthelot. Sie besteht aus einem Stahlgefäß, in das Gaszuleitungskanäle für Sauerstoff und ein Zünddraht führen. Die in dem Stahlgefäß befindliche, zu verbrennende Substanz wird durch eine Glühspirale unter Druck gezündet. Aus der Wärmezunahme des Wassers, in dem das Stahlgefäß steht, ergibt sich der Heizwert.

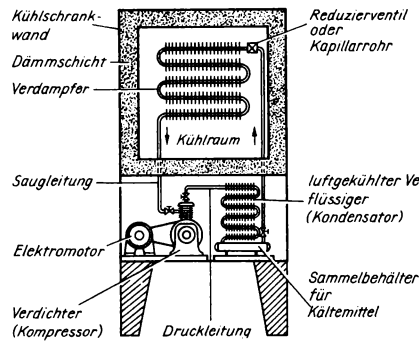
Kalorisieren, → Alitieren.

Kalotte, Kugelkappe, Kugelhaube, in der Mathematik der Teil der Kugeloberfläche, der durch eine Ebene abgeschnitten wird; → Kugel.

Kälte, im Sprachgebrauch üblich als Gegensatz zu Wärme, keine physikalische Größe. Das menschliche Empfinden registriert in gewissen Temperaturgrenzen Gegenstände, die eine geringere Temperatur als ihre Umgebung aufweisen, als kalt im Vergleich zu ihrer Umgebung. Übernimmt der menschliche Körper die Funktion des Vergleichskörpers, d. h. der Umgebung, so sind alle Körper, die eine geringere Temperatur als der menschliche Körper besitzen, als kalt zu bezeichnen. In der Technik werden Verfahren zur **Kälteerzeugung** dann angewendet, wenn auf Grund des Temperaturniveaus der Umgebung (in der Praxis Kühlwasser oder Luft) ein gewünschter Abkühleffekt nicht erzielt werden kann. Die Kälteerzeugung kann vorgenommen werden durch Aussortieren schneller Moleküle (Verdunstung oder Verdampfung), Abführung der Bewegungsenergie (Expansionsmaschine, -turbine), Umwandlung der Bewegungsenergie in innere potentielle Energie (Entspannung mittels Drosselventil), Lösungsvorgänge (→ Kältemischungen), elektrische Prozesse (Peltier-Effekt: Umkehrung der Temperaturmessung mittels Thermoelement), plötzliche Entmagnetisierung. Die verschiedenen Möglichkeiten der Kälteerzeugung werden teilweise in den Kältemaschinen ausgenutzt.

Kältemaschine, eine Anlage zur Erzeugung tiefer Temperaturen durch Energiezufuhr, physikalisch die Umkehrung einer Wärmekraftmaschine (→ Kreisprozeß). K.n werden in → Kühlanlagen, zur Luftverflüssigung und zur Tieftemperaturforschung benutzt.

Man unterscheidet Kompressionskältemaschine, Sorptionskälteanlage, Dampfstrahlkälteanlage und Kaltgasmaschine. 1) Bei der **Kompressionskältemaschine** (Abb. 1) saugt ein meist durch einen Elektromotor angetriebener Verdichter (Kompressor) innerhalb eines geschlossenen Kreislaufs einen Kältemitteldampf (→ Kältemittel) an und verdichtet ihn. Der Kältemitteldampf wird im Verflüssiger (Kondensator) mit Kühlwasser oder Luft gekühlt und verflüssigt. Das verflüssigte Kältemittel strömt einem Reduzierventil zu, wo es vom Verflüssiger- auf den Verdampferdruck entspannt wird. Mit dem geringen Druck tritt es in den Verdampfer und verdampft hier, indem es seiner Umgebung (Kühlraum, Kühlgut oder Kühlsole) Wärme entzieht. Diese Wärmeaufnahme stellt die Kälteleistung dar. Aus dem Verdampfer wird der



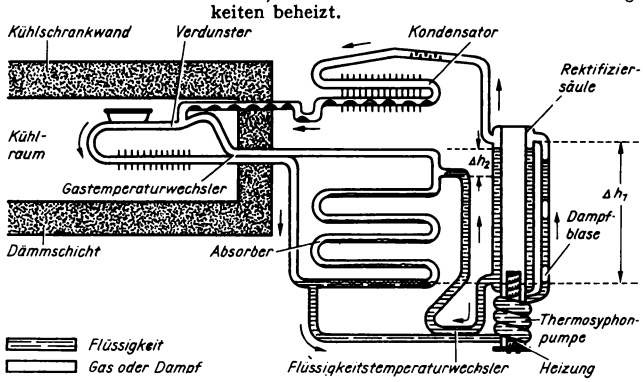
1 Kompressionskältemaschine für Haushaltkühlschrank

Kältemitteldampf wieder vom Kompressor angesaugt, damit ist der Kreislauf geschlossen.

2) **Sorptionskälteanlagen.** a) Bei der heute vorwiegend verwendeten **Absorptionskälteanlage** sind wie bei der Kompressionskältemaschine ein Verdampfer, ein Kondensator und ein Reduzierventil mit gleicher Wirkungsweise vorhanden. In der Überführung des Kältemitteldampfes vom niedrigen Druck im Verdampfer auf den hohen Druck im Kondensator unterscheiden sich jedoch beide K.n voneinander. Bei der Absorptionskälteanlage sind dazu folgende Verfahrensschritte notwendig: α) Lösung (Absorption) des Kältemitteldampfes, z. B. Ammoniak NH_3, bei niedrigem Druck in einer Lösungsflüssigkeit, bestehend z. B. aus Wasser/Ammoniak. β) Förderung der Flüssigkeit auf hohen Druck mittels einer Pumpe, z. B. Kreiselpumpe. γ) Austreibung des Kältemittels aus der Lösung durch Wärmezufuhr in einer Rektifizieranlage. Der ausgetriebene Kältemitteldampf geht weiter zum Kondensator, die Restlösung wird wieder dem ersten Verfahrensschritt zugeführt. Wirtschaftlich ist der Einsatz bei Verwendung heißer Industrieabgase oder billigen Heizdampfes.

Einen Sonderfall stellt die **Absorptionskälteanlage mit druckausgleichendem Gas** dar, die im Haushaltkühlschrank angewendet wird (Abb. 2). Bei dieser Anlage wird aus einer Wasser-Ammoniak-Lösung (etwa 35 Masseprozent Ammoniak, reiche Lösung) in einem Austreiber (Rektifiziersäule) der Kältemitteldampf (Ammoniak) ausgetrieben und im Kondensator kondensiert. Das Kondensat fließt dann in den Verdunster, wo es auf einen Wasserstoffkreislauf

trifft. Auf dem Wege durch den Verdunster verdunstet das Kältemittel, wobei die Kälteleistung auftritt; es entsteht ein Ammoniak-Wasserstoff-Gemisch, das schwerer ist als Wasserstoff und deshalb nach unten in den Absorber der Anlage sinkt. Im Absorber trifft es mit der armen Lösung (z. B. 18 Masseprozent Ammoniak und 82 Masseprozent Wasser) zusammen, wobei das Ammoniak absorbiert wird, so daß wieder eine reiche Lösung und entsprechend ziemlich reines Wasserstoffgas entsteht. Der Wasserstoff steigt wieder auf zum Verdunster, während die reiche Lösung mittels einer Dampfblasenpumpe (Thermosyphonpumpe) in den Austreiber gefördert wird, wobei das Gefälle Δh_1 zu überwinden ist. Mit der Trennung der reichen Lösung in Kältemitteldampf und arme Lösung beginnt der Kreislauf von neuem. Die arme Lösung fließt auf Grund des Niveauunterschiedes Δh_2 von allein in den Absorber. Zur Verbesserung des Wirkungsgrades der Anlage sind in die Kreisläufe ein Gastemperaturwechsler und ein Flüssigkeitstemperaturwechsler eingebaut. Die Anlage wird meist mit elektrischem Strom, seltener mit Gas oder brennbaren Flüssigkeiten beheizt.



2 Absorptionskälteanlage mit druckausgleichendem Gas für Haushaltkühlschrank

b) Bei der **Adsorptionskälteanlage** befinden sich die Rektifiziersäule und der Adsorber in einem gemeinsamen Behälter, der abwechselnd beheizt und gekühlt wird. Der Behälter ist mit einem festen Adsorptionsmittel (z. B. Kalziumchlorid $CaCl_2$) gefüllt. Dieses saugt während der Kühlperiode den Kältemitteldampf (z. B. NH_3) auf. Ist im Verdampfer das gesamte Kältemittel verdampft und vom Adsorptionsmittel aufgenommen, schaltet sich die Heizung ein. Das Kältemittel wird wieder ausgetrieben, im Kondensator verflüssigt und bis zum Beginn der nächsten Kühlperiode im Verdampfer gesammelt.

3) Die **Dampfstrahlkälteanlage** arbeitet mit Wasser (Sole) als Kältemittel. Der Kompressor ist durch einen abdampfgespeisten Ejektor (Dampfstrahlapparat) und einen Diffusor ersetzt. Die durch Saugwirkung bewirkte Verdampfung des Wassers kühlt das unverdampfte Wasser im Verdampfer ab, das durch die Kühlräume geleitet wird. Drucksteigerung wird durch einen dem Ejektor nachgeschalteten Diffusor erreicht. Arbeits- und Betriebsdampf werden in einem Kondensator niedergeschlagen, das Vakuum wird dort mit einer Naßluftpumpe aufrechterhalten. Die Anwendung ist wirtschaftlich bei billigem Abdampf und genügendem Kühlwasser zur Schiffskühlung, Raumklimatisierung u. dgl.

4) Die **Kaltgasmaschine** besteht aus einem Kompressor, einem Wärmetauscher zur Abführung der Kompressionswärme, einer Expansionsmaschine und einem zweiten Wärmetauscher zur Aufnahme der Kälteleistung im Kreislauf. Als Kältemittel dient ein Gas, z. B. Luft. Die Kälteleistung wird durch die Entspannung des Gases gewonnen.

Lit. Altenkirch: Absorptionskältemaschinen (Berlin 1954); Drees: Kühlanlagen (7. Aufl. Berlin 1963); Jungnickel u. Otto: Kältetechnik, Lehrbriefe für das Fernstudium (Berlin 1963); Stettner: Kälteanlagen (2. Aufl. Mühlhausen 1952); → Kältetechnik.

Kältemischung, eine meist aus Salz und Eis hergestellte Mischung, die sich unter starkem Wärmeverbrauch auflöst und dabei tiefe Temperatur annimmt. So ergibt z. B. eine Mischung von Kalziumchlorid $CaCl_2$ und Eis bei einer Zusammensetzung von 58,8 Masseprozent $CaCl_2$ und 41,2 Masseprozent Eis eine Temperatur von −55 °C. Das Gemisch mit tiefer Temperatur kann bei steigender Temperatur Wärme aufnehmen und stellt somit eine Kältequelle dar. Nach einmaligem Gebrauch wird das Gemisch als Kältequelle unbrauchbar und unterscheidet sich dadurch grundsätzlich vom → Kältemittel. K.en werden vor allem im Laboratorium angewendet.

Kältemittel, im Kältemaschinenprozeß das Arbeitsmittel, mit dessen Hilfe die in den Verdampfer einfallende Wärme in den Kondensator transportiert und hier an die Umgebung (Kühlwasser, Luft) abgegeben wird. Verwendet werden dazu Stoffe, die bei den in der Kältemaschine auftretenden Temperaturen und den entsprechenden Drücken die Umwandlung flüssig – dampfförmig – flüssig zu durchlaufen in der Lage sind, d. h. tiefsiedende Flüssigkeiten. Im Gegensatz zur → Kältemischung befindet sich das K. in einer Kältemaschine ständig im Kreislauf. Es muß ungiftig, nicht brennbar und nicht explosibel sein, darf nicht korrodierend wirken und soll verschiedene Forderungen in wärmetechnischer Hinsicht erfüllen, z. B. dürfen keine zu hohen Arbeitsdrücke auftreten wegen der Wandstärken der Behälter und Maschinen der Kälteanlage sowie kein Vakuum wegen der sonst schwierigen Abdichtung gegen die Umgebung. Die Auswahl eines Kältemittels richtet sich unter anderem auch danach, ob Kolben- oder Turbokompressoren in der Kälteanlage verwendet werden. Die klassischen Kältemittel, wie Ammoniak NH_3, Schwefeldioxid SO_2, Methylchlorid CH_3Cl, hatten vor allem günstige thermische Eigenschaften. Die Forderung nach größtmöglicher Sicherheit führte zur Entwicklung der **Sicherheitskältemittel,** hauptsächlich Fluor-Chlor-Verbindungen des Methans und Äthans, wie Difluordichlormethan (internationale Abk. R 12), Trichlormonofluormethan (R 11) oder Trifluortrichloräthan (R 113), die unter verschiedenen Warenzeichen gehandelt werden, z. B. Fri-dohna (Wz. DDR), Frigen (Wz. WD), Freon (Wz. USA), Genetron (Wz. England).

Kältepol, → Klima.

Kältetechnik, der Zweig der Technik, der sich mit der Erzeugung und Anwendung von → Kälte befaßt (→ Kältemaschine, → Kühlanlage).

Lit. Drees: Kühlanlagen (8. Aufl. Berlin 1966); Jungnickel u. Otto: Kältetechnik, Lehrbriefe für das Fernstudium (Berlin 1963); Pohlmann: Taschenb. für Kältetechniker (14. Aufl. Karlsruhe 1961); Ztschr.: Die Technik, Beilage K. (Berlin), Luft- und Kältetechnik (Berlin).

Kälteträger, → Kühlsole.

Kaltgasmaschine, eine → Kältemaschine.

Kaltkaustik, svw. → Elektrochirurgie.

Kaltspritzen, 1) das Auftragen von Farben oder Lacken mit der Spritzpistole in kaltem Zustand. Es ist weniger wirtschaftlich als das → Plastspritzen.

2) unexakte Bezeichnung für Kaltfließpressen, → Fließpressen.

Kaltumformen, → Umformen.

Kaltwalzen, ein Verfahren der Umformtechnik, dient hauptsächlich zur Herstellung von Feinblechen und Profilsträngen, ferner von rotations-

symmetrischen Profilen, z. B. Gewinden und Standardteilen. Das K. von Stahlblechen und Profilsträngen entspricht prinzipiell dem sonst üblichen Warmwalzen (→ Walzwerk); jedoch werden als Halbzeuge nicht Blöcke, sondern warm vorgewalzte Bänder verwendet, die vorher auf Knickwalzen leicht gewellt und vom Zunder befreit, dann gebeizt und anschließend gefettet worden sind. Die Bänder werden im kalten Zustand je nach Bedarf auf Breiten bis etwa 2100 mm und Dicken bis herunter zu 0,05 mm ausgewalzt, wobei sich der Werkstoff verfestigt. Das K. von Blechen und Profilen aus NE-Metallen ähnelt demjenigen von Stahlblechen und -profilen. Gewinde werden entweder durch zwei gehärtete Flachbacken oder durch zwei bzw. drei entgegengesetzt zum Bolzen umlaufende Rollen kalt eingewalzt, die das Gewindeprofil aufweisen. Teile mit kaltgewalztem Gewinde weisen infolge Verfestigung und Verdichtung der Walzfasern in den Oberflächenschichten höhere Dauerfestigkeit auf als gespante Gewinde, da der Faserverlauf nicht zerstört wird.

Lit. Näser u. Meichsner: Technologie des Gewindewalzens (Leipzig 1959).

Kalziferol, Vitamin D, → Vitamine.

Kalzinieren, das Erhitzen eines festen Stoffes bis zu einem bestimmten Zersetzungsgrad. So wird z. B. Natriumhydrogenkarbonat durch K. in wasserfreie (kalzinierte) Soda umgewandelt.

Kalzit, Kalkspat, ein Mineral, $CaCO_3$; trigonal, farblos und durch Einlagerungen verschieden gefärbt, Härte nach Mohs 3, D. 2,6 bis 2,8 g cm^{-3}; sehr gute Spaltbarkeit. Die rhombische Modifikation von $CaCO_3$ ist → Aragonit. K. gehört mit zu den häufigsten und nach seinen Kristallausbildungen zu den formenreichsten Mineralen. Er wird auch als **Doppelspat** bezeichnet, da seine Kristalle optische Doppelbrechung zeigen. K. ist weit verbreitet als Hauptgemengteil des dichten Kalksteins und des Marmors, als Bindemittel in Sandsteinen, in Gängen und Drusen. Auf Island und an wenigen anderen Fundorten kommen besonders reine, durchsichtige Kalzitkristalle vor, die die Doppelbrechung besonders gut zeigen (*Isländischer Doppelspat*). K. wird zur Herstellung optischer Polarisationsgeräte verwendet.

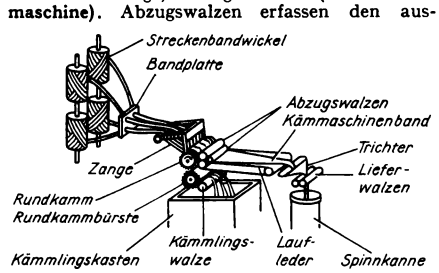
Kalzium, Calcium, Symbol **Ca,** chemisches Element aus der II. Hauptgruppe des Periodensystems, gehört zu den Erdalkalimetallen, ein Leichtmetall, Mischelement; Ordnungszahl 20, Massenzahlen der Isotope 40, 44, 42, 48, 43 und 46, Atomgewicht 40,08 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit II, D. 1,55 g cm^{-3}, F. 845 °C, Kp. 1439 °C; 1808 von Davy entdeckt. K. ist silberweiß und glänzend. In der Natur kommt es nur in Form von Verbindungen in Mineralen, im pflanzlichen und tierischen Organismus und gelöst als Ion vor. Wichtige Minerale sind Kalzit, Dolomit, Gips, Anhydrit und Fluorit, Im menschlichen und tierischen Organismus ist K. wesentlich am Aufbau der Skelettelemente und der Zähne beteiligt. Für die Pflanzen ist K. ein unentbehrlicher Kernnährstoff. Kalziumionen verbessern die chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften. Das metallische K. erhält man durch Schmelzflußelektrolyse von Kalziumchlorid. Man verwendet es z. B. als Reduktionsmittel in der Metallurgie, zur Herstellung von Blei-Kalzium-Legierungen als Lagermetall, auch bildet es den wesentlichen Bestandteil der → Kalkdüngemittel und des Futterkalkes.

Kalziumverbindungen. Kalziumchlorid, $CaCl_2$, eine weiße, äußerst hygroskopische Masse, Nebenprodukt zahlreicher chemischer Prozesse, z. B. der Sodafabrikation, verwendet als Trockenmittel, als Abbindebeschleuniger bei Beton, in Form von Lösung als Kältemischung, Druckflüssigkeit, Imprägnierungsmittel und zum Auftauen bei Glatteis; **Kalziumfluorid,** CaF_2, meist farblose Kristalle, kommt in der Natur als → Fluorit vor; **Kalziumhydrogenkarbonat** (veraltet **Kalziumbikarbonat**), $Ca(HCO_3)_2$, verursacht die vorübergehende (temporäre) Härte des Wassers, beim Kochen oder Verdunsten des Wassers entweicht Kohlendioxid, und Kalziumkarbonat scheidet sich ab, hierauf beruht die Bildung von Kesselstein und von Tropfsteinen; **Kalziumhydroxid,** der gelöschte → Kalk; **Kalziumkarbid,** → Karbide; **Kalziumkarbonat** (veraltet **kohlensaurer Kalk**), $CaCO_3$, kommt in der Natur als Kalzit oder Aragonit, außerdem als Kalkstein, Kreide und Marmor sowie im Dolomit vor und ist auch in den Knochen der Tiere und Menschen sowie in fast jedem Fluß- und Quellwasser enthalten; verwendet zur Herstellung von Kalkmörtel, Zement, Kalkstickstoff u. a., in der Glasfabrikation, als Flußmittel in der Metallurgie, als Düngemittel und Anstrichfarbe; **Kalziumnitrat** (Kalksalpeter, → Salpeter); **Kalziumoxid,** der gebrannte → Kalk; **Kalziumphosphate** (primäres Kalziumphosphat, Kalziumdihydrogenphosphat, $Ca(H_2PO_4)_2$, sekundäres Kalziumphosphat, Kalziumhydrogenphosphat, $CaHPO_4$, tertiäres Kalziumphosphat, Kalziumphosphat, $Ca_3(PO_4)_2$), verwendet hauptsächlich für Phosphordüngemittel; **Kalziumsilikat,** $CaSiO_3$, Bestandteil des Glases, Zements und der Hochofenschlacke, kommt in der Natur als Wollastonit vor, verwendet als Farbstreckmittel und Filtermaterial; **Kalziumsulfat,** $CaSO_4$, weiße Kristalle, kommt in der Natur als → Gips und → Anhydrit vor; **Kalziumzyanamid,** $CaCN_2$, eine weiße Masse, das technische Produkt ist mit Kohlenstoff verunreinigt und wird als → Kalkstickstoff bezeichnet; **Kalziumzyanid,** $Ca(CN)_2$, farblose, giftige Kristalle, dient zur Schädlingsbekämpfung.

Kambrium, das älteste System des Erdaltertums (→ System, Tab.). Das K. gliedert sich in die Abteilungen **Unter-, Mittel-** und **Oberkambrium.** Es war im ganzen eine Zeit ruhiger epirogener Entwicklung ohne größere Gebirgsbildungen. Im K. bildeten sich Geosynklinalen, aus denen besonders an der Grenze vom Silur zum Devon Faltengebirge aufstiegen. Das gegenüber dem vorausgehenden Präkambrium überraschend entfaltete organische Leben war völlig auf das Meer beschränkt; alle Stämme des Tierreichs mit Ausnahme der Wirbeltiere waren vorhanden. Das Festland war vegetationslos, daher überwog die mechanische Verwitterung, und die Gesteine waren vorwiegend klastischer Art.

Kamera, → photographische Kamera, → Bildkamera, → Schmalfilmkamera, → Fernsehen (Fernsehkamera).

Kämmaschine, in der Spinnerei eine Maschine zum Ausscheiden kurzer Fasern und Unreinigkeiten aus dem gefachten und verstreckten Krempelband. Das Faserband wird periodisch ein Stück vorgeschoben und festgeklemmt. Aus dem hervorstehenden Faserbart werden durch einen Rundkamm (Kreiskamm) kurze Fasern, die *Kämmlinge,* ausgekämmt **(Flachkämmmaschine).** Abzugswalzen erfassen den aus-



Flachkämmaschine

gekämmten Faserbart, reißen ihn vom Bandwickel ab und verbinden (verlöten) ihn mit dem vorher ausgekämmten Faserbart zum *Kämmmaschinenband*, das nach mehrmaligem Strecken als *Kammzug* bezeichnet wird. In der Baumwollspinnerei werden meist Maschinen mit sechs Arbeitsstellen (Köpfen), in der Kammgarnspinnerei einköpfige verwendet. Bei der **Rundkämmmaschine** für Wolle erfolgt das Kämmen mittels zweier kleiner Kammringe innerhalb eines großen Kammringes. Auch hochwertiges Leinwerg wird gelegentlich gekämmt. In der Schappespinnerei (→ Naturseide) werden Flach- und Spezialrundkämmaschinen verwendet.

Kammer der Technik, abg. **KDT**, die gesellschaftliche Organisation der Wissenschaftler, Ingenieure, Ökonomen, Techniker und Neuerer der Produktion sowie der Werktätigen der DDR, die am Fortschritt von Wissenschaft und Technik interessiert sind und aktiv zu deren Entwicklung beitragen. Oberstes Organ der KDT ist die Zentralleitung (Hauptausschuß, Präsidium und Sekretariat) mit Sitz in Berlin. Ihr unterstehen Bezirksleitungen in den Bezirksstädten. Weitere organisatorische Einheiten sind Arbeitsgemeinschaften, Betriebssektionen und innerhalb dieser Sektionen Arbeitsgruppen. Die größten fachgebundenen organisatorischen Einheiten sind die Fachverbände (z. B. für Maschinenbau) und die technisch-wissenschaftlichen Gesellschaften (z. B. für Photogrammetrie). Diese Einheiten gliedern sich auf in Fachausschüsse (z. B. für Schiffstechnik), Fachunterausschüsse (z. B. für Schiffbau) und Arbeitsausschüsse.

Hauptaufgaben der KDT sind Vermittlung der neuesten Erkenntnisse aus Wissenschaft und Technik und Unterstützung bei der zielgerichteten Weiterbildung, Mitarbeit an der Lösung volkswirtschaftlicher Aufgaben im Rahmen der freiwillig-technischen Gemeinschaftsarbeit der KDT, Organisierung des nationalen und internationalen Erfahrungsaustausches und Mitarbeit in internationalen wissenschaftlichen und technischen Organisationen.

Kämmerei, die Wollkämmerei, → Wolle.

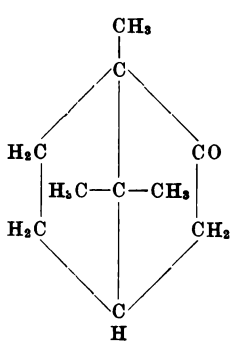
Kammerofen, ein → Wärmeofen.

Kammersäure, → Schwefelsäure.

Kammgarn, ein glattes, gleichmäßiges Garn aus gekämmter Kammwolle (→ Wolle) oder entsprechenden Chemiefasern. Weiches K. besteht aus Merinowolle, die durch Waschen und durch Plätten in der Kämmerei entkräuselt ist. Über die Kammgarnspinnerei → Spinnerei 2). K. wird vorwiegend für Anzüge und Kostüme verwendet. Gegensatz: → Streichgarn.

Kammzug, gestrecktes und nachgewaschenes Kämmaschinenband, das Erzeugnis der Wollkämmerei (→ Wolle).

Kampfer, ein bizyklisches Terpenketon. K. bildet farblose Kristalle von stechendem Geruch und brennend scharfem Geschmack (F. 178 °C). Größere Dosen K. erzeugen Vergiftungserscheinungen. Der rechtsdrehende K., auch Japankampfer genannt, wird aus dem Holz des in Japan und Taiwan beheimateten Kampferbaums durch Wasserdampfdestillation gewonnen und ist Hauptbestandteil des Kampferöls. Synthetisch wird er aus Pinen oder Borneol hergestellt. Der linksdrehende K. kommt in einigen ätherischen Ölen vor. Man verwendet K. hauptsächlich als Weichmacher bei der Herstellung von Zelluloid, ferner in der Medizin als Antiseptikum (*Kampferspiritus*) und als Anregungsmittel bei Kollaps und Herzschwäche sowie zur Mottenbekämpfung, als Konservierungsmittel und zur Herstellung von rauchlosem Pulver.



Kampfer

Kämpfer, im Bauwesen → Bogen 2).

Kämpferkraft, svw. Auflagerkraft, → Bogen 3).

Kampfrakete, → Raketenwaffen.

Kampfstoffe, chemische; biologische und radiologische Massenvernichtungsmittel, die entweder vergiftend, verseuchend oder radioaktivierend wirken und mit oder ohne Verwendung von Sprengstoff zum Einsatz kommen.

1) **Chemische K.** werden je nach Substanz als Gas, Dampf, Aerosol, Staub oder Flüssigkeit angewendet. Entsprechend ihrer Wirkung auf den Organismus unterscheidet man **Augenreizstoffe,** oft ungenau als **Tränengase** bezeichnet (z. B. Bromazeton, Chlorazetophenon, Brombenzylzyanid, Benzylidenmalodinitril), **Nasen-Rachen-Reizstoffe** (z. B. Adamsit), **Lungengifte** (z. B. Phosgen), **Hautgifte** (z. B. Lost oder Lewisit) und → **Nervengifte** (z. B. Tabun, Sarin, Soman). Militärtaktisch unterscheidet man seßhafte K. **(Geländekampfstoffe)** und flüchtige K. **(Luftkampfstoffe).** Nach den physikalischen Eigenschaften werden die chemischen K. mittels Bomben, Granaten, Raketen, Minen, Rauch- und Nebelgeräten oder Sprühvorrichtungen eingesetzt. Große Bedeutung hat der Einsatz chemischer K. als → Aerosol und als klebrige Mischung. Man verwendet oft nicht die reinen K., sondern *taktische Gemische*, die die Identifizierung und Entgiftung erschweren.

Dem Schutz vor chemischen K.n dienen kollektive Schutzmittel (gasdichte Bunker) sowie persönliche Schutzmittel (Kunststoff-Schutzanzüge, Atemschutzgeräte, Schutzumhänge u. a.).

2) **Biologische K.** (ungenau auch als **bakteriologische K.** bezeichnet) sind für den kriegerischen Einsatz besonders geeignete Krankheitserreger (Bakterien, Viren, Toxine), die gegen Menschen, Tiere und Nutzpflanzen (→ Phytogifte) eingesetzt werden können. Die Verbreitung kann erfolgen durch Abblasen oder Abregnen (als Aerosol) aus Luftfahrzeugen oder mit Raketen, Bomben, Kanistern u. dgl., ferner durch ausgesetzte oder abgeworfene Überträger (z. B. für die Pest durch Flöhe) oder durch Saboteure (z. B. Trinkwasservergiftung mit Toxinen). Der Schutz vor biologischen K.n ist dem chemischen Schutz ähnlich, hinzu kommen Entseuchungsmethoden, Schutzimpfungen und Quarantänemaßnahmen.

3) **Radiologische K.** sind Folgeprodukte von Kernreaktionen, die als Aerosol (nach Detonation einer Kernwaffe) oder als Atommüll (Abfallprodukte gelenkter Kernreaktionen) die Luft, das Gelände und damit Menschen, Tiere und Gegenstände bedrohen. Die Gefährdung für den Menschen wird durch ionisierende Strahlung und durch die Radiotoxizität der Spaltprodukte bei Einatmung bewirkt. Schutz bieten Atemschutzgeräte mit Schwebstoffeinsätzen, Schutzumhänge und Schutzräume mit geeigneter Ventilation.

Lit. König: Chemische K. (Berlin 1968); Lohs: Nachweisgeräte für giftige Gase, Dämpfe und Staube (2. Aufl. Berlin 1962), Synthetische Gifte (3. Aufl. Berlin 1967); Stade: Pharmakologie und Klinik synthetischer Gifte (Berlin 1964); Stöhr: Chemische K. (Berlin 1961); Tomeček u. Matoušek: Analyse synthetischer Gifte (dtsch Berlin 1965); Gesundheitsschutz gegen chemische K. (dtsch Leipzig 1962); Gesundheitsschutz im biologischen Krieg (dtsch Leipzig 1962); Handb. für Soldaten des chemischen Dienstes (Berlin 1964); Übungsmöglichkeiten im Schutz vor Massenvernichtungsmitteln (Berlin 1965); Franke: Lehrb. der Militärchemie, Bd 1 (Berlin 1967).

Kamphan, ein Grundgerüst der bizyklischen Terpene, von dem sich → Kampfer ableitet.

Kanal, 1) ein künstlich hergestellter Wasserlauf. In Zubringer- und Ableitungskanälen strömt das Wasser; der Wasserspiegel liegt wie bei Flüssen im Gefälle, der Querschnitt wird nach der zu befördernden Wassermenge bemessen. Hierher gehören **Bewässerungs- u. Entwässerungskanäle** zur Zu- und Ableitung des Betriebswassers von Wasserkraftanlagen und **Abwasserkanäle** zur Abführung städtischer Abwässer. Diese

Kanäle werden als offene Wasserläufe meist mit trapezförmigem Querschnitt (Sohle und Böschungen), bisweilen — so die Abwässerkanäle — als geschlossene Rohrleitungen in Mauerwerk und Beton ausgeführt. **Schiffahrtskanäle** sind künstliche Verbindungen zwischen zwei Flüssen, Seen oder Meeren und dienen der Schiffahrt. Sie haben stehendes Wasser, ihr Wasserspiegel liegt waagrecht. Höhenunterschiede im Gelände werden durch Schiffsschleusen oder Schiffshebewerke überwunden, die die Kanalstrecke in verschieden hoch liegende Haltungen teilen. Der Kanalquerschnitt wird nach der Größe der zu befördernden Schiffe bemessen; die Querschnittsform ist meist eine Übergangsform zwischen Trapez und Parabel. Binnenschiffahrtskanäle, z. B. der W.-I.-Lenin-Wolga-Don-Schiffahrtskanal, ergänzen das durch die Flüsse gebildete Wasserstraßennetz, indem sie Querverbindungen herstellen, Wasserscheiden übersteigen **(Scheitelkanäle)**, neben schwer oder nicht befahrbaren oder überlasteten Flußstrecken herführen **(Seitenkanäle, Umgehungskanäle)** oder größere Wirtschaftsgebiete des Binnenlandes mit Seehäfen verbinden. Ein **Stichkanal** ist ein von einem Hauptkanal abzweigender kurzer Seitenkanal. **Seekanäle** dienen der Hochseeschiffahrt; sie verbinden zwei Meere miteinander, entweder in offenem Durchstich (z. B. Suezkanal) oder als **Schleusenkanal** (z. B. Panamakanal). Auch die Verbindungen zwischen großen Binnenseen (z. B. in Nordamerika) oder zwischen diesen und einem Meer können als Seekanäle gelten.

Schiffahrtskanäle (Auswahl)

Seekanäle

Name	Länge km	Tiefe m	Bauzeit
St.-Lorenz-Seeweg (Ontario-See — Atlantik)	644	8,25	1954–59
Suezkanal	162	12 ··· 13	1859–69
Sault-Ste-Marie-K. (Oberer See — Huron-See)	102	6,5	1853–55
Nord-Ostsee-K.	98	11,3	1887–95
Panamakanal	81,3	12 ··· 13,7	1903–14
Nordsee-K. (Amsterdam — Ymuiden)	31	12,5	1865–76
K. von Korinth (Ionisches u. Ägäisches Meer)	6,3	8	1881–93

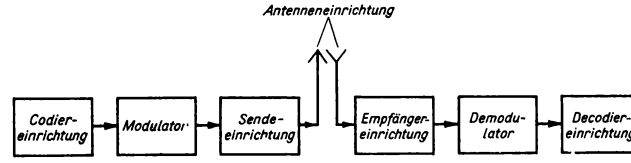
Binnenkanäle (über 100 km Länge)

Name	Länge in km	für Schiffe bis (in t)	Bauzeit
Kara-Kum-Kanal (Turkmenische SSR; Schiffahrts- und Bewässerungskanal)	≈ 1500 (im Bau, bis Ende 1967 ≈ 850 km fertiggestellt)		1954 bis etwa 1975
Großer K. (Peking — Hangtschou)	1300	200	486 v. u. Z. bis 1290
New-York-State-Barge-Kanal-System (Große Seen — New York)	755	3000	1817–25
Wolga-Ostsee-K.	361	2700	1959–64
Rhein-Rhône-K.	328	300	1783–1834
Rhein-Marne-K.	314	300	1838–53
Weißmeer-Ostsee-K.	235	3000	1931–33
Großschiffahrtsweg (Havel — Oder)	170	600	bis 1914
Moskwa-Wolga-K.	128	4500	1932–37
W. I. Lenin-Wolga-Don-K.	101	3500	1950–52
Mittellandkanal:			
Rhein-Herne-K.	37,30	1350	bis 1938
Dortmund-Ems-K.	104,25	1000	
Ems-Weser-K.	101,8	600	
Weser-Elbe-K.	223,46	1000	
Ihle-K.	21,50	1000	
Plauer K.	31,05	1000	

Der K. wird entweder im Gelände ausgehoben (*Einschnitt*) oder zwischen Dämmen geführt (*Auftragsstrecken*). Die Kanalböschungen werden vor allem in der Wasserlinie durch Steinschüttung, Pflaster, Betonplatten, neuerdings durch Lebendverbauung befestigt. Wenn der Grundwasserspiegel niedriger liegt als die Kanalsohle, wird der K. durch den Einbau wasserdichter Ton- oder Lehmschichten, die das Kanalwasser wie eine Schale umschließen (Tonschale), abgedichtet, neuerdings verwendet man auch aufbereitete Erdstoffe und Asphalt (Bitumen) oder Kunststoffmatten. Straßen und Eisenbahnen werden auf Brücken überführt oder in tunnelartigen Anlagen unterführt. Wasserläufe werden in → Dükern unterführt, größere Wasserläufe in Kanalbrücken überschritten. Das bei Schiffahrtskanälen infolge Verdunstens und Versickerns und beim Schleusen von Schiffen verbrauchte Wasser wird durch Einleiten oder Einpumpen von Wasser aus natürlichen Wasserläufen, Seen, Talsperren oder aus dem Grundwasser ersetzt. Im Vergleich zu Schleusen bringen Schiffshebewerke geringere Zeit- und fast keine Wasserverluste.

2) Nachrichtentechnik: im engeren Sinne das Frequenzband (Kanalbreite), das für eine Nachrichtenübermittlung, z. B. von Telegrafiezeichen, Musik, Fernsehen, vorgesehen ist. Um gegenseitige Störungen zu vermeiden, ist der **Kanalabstand** von Bedeutung; z. B. sendet der Tonrundfunk auf Band II mit 300 kHz, der Fernsehrundfunk auf Band I/III mit 7 MHz und auf Band IV/V mit 8 MHz und der bewegliche Landfunk mit 50 oder 25 kHz. Im weiteren Sinne versteht man unter K. das gesamte Übertragungssystem zwischen Studiomikrofon und Empfängerlautsprecher **(Tonkanal)** und zwischen Fernsehstudiokamera und Empfängerbildröhre **(Bildkanal)**.

3) Informationstheorie: ein physikalisches System zur raum-zeitlichen Übertragung von Signalen (Informationen); in einem Nachrichtenübertragungssystem dasjenige Teilsystem, das sich zwischen Codier- und Decodiereinrichtung befindet und der Übertragung der von der Quelle produzierten informationstragenden Signale zum Empfänger dient (Abb.). Als *Quelle* wird ganz allgemein jener Teil des Nachrichtenübertragungssystems bezeichnet, in dem die Informationen entstehen und von dem die Informationen auf den Kanaleingang übertragen werden, und als *Empfänger* dasjenige Teilsystem, das am Kanalausgang die vom K. übertragene Information aufnimmt. Als K. dienen Leitungen, Kabel oder Funkverbindungen mit den notwendigen technischen Einrichtungen.



Allgemeines Schema eines Nachrichtenübertragungskanals

Die von der Quelle eines Nachrichtensystems produzierten Signale werden am *Kanaleingang* eingegeben und zu einem räumlich entfernten Punkt, dem *Kanalausgang*, gegebenenfalls verändert einem Empfangssystem übertragen **(Raumkanal)**. Im Falle eines Systems, auf das zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Signal gegeben wird und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgeru-

fen werden kann, spricht man von **Zeitkanal** (z. B. Speichersystem). Man unterscheidet danach Kanäle mit und ohne → Speicher („Gedächtnis"). Die in den K. eingegebene Information kann durch Störungen (→ Rauschen) verändert werden. Man spricht daher von gestörten oder störungsfreien Kanälen. Während ein *störungsfreier K.* eine fehlerfreie Übertragung der Information gewährleistet, tritt bei einem *gestörten Kanal* die am Kanaleingang eingegebene Information am Kanalausgang nicht mit Sicherheit, sondern nur mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit auf. Die informationstheoretische Analyse z. B. eines gestörten, diskreten K.s geht davon aus, daß die bedingten Wahrscheinlichkeiten der Ausgangssignale, deren Werte immer kleiner als Eins sind, von den zugeordneten bedingten Eingangssignalen abhängen, so daß sich die → Entropie der Ausgangssignale (gestörte Signale) aus der Differenz der Entropiebeträge der Eingangssignale und der Störsignale ergibt (→ Transinformation). Zur Verminderung der Störanfälligkeit der zu übertragenden Information bedient man sich bestimmter Codierungsverfahren (→ Code) und der Erhöhung der → Redundanz.

Eine wichtige Kenngröße von Nachrichtenkanälen ist die Kapazität **(Kanalkapazität)**. Für einen störungsfreien K. gilt folgender Fundamentalsatz von Shannon: Bei einer Quelle mit der Entropie H (bit/Symbol) und einem K. mit der Kapazität C (bit/s) ist es (theoretisch) möglich, die Symbole so zu codieren, daß im Mittel $\frac{C}{H} = \frac{\text{Max } H'}{H} = f$ (Symbole/s) vom Kanal übertragen werden können. Es ist entscheidend, daß es keine Codierung gibt, die eine schnellere Übertragung ermöglicht. (Es bedeuten: $H' = f \cdot H$ (bit/s); $C = \text{Max } H'$).

Die Allgemeinheit der Bestimmung eines K.s entspricht der Denkweise der → Kybernetik. Der Begriff des K.s bezieht sich nicht nur auf technische Nachrichtenübertragungssysteme, sondern auch auf Lebewesen. So läßt sich z. B. ein Lebewesen informationstheoretisch als komplexes Nachrichtensystem beschreiben bzw. als Informationskanal auffassen (Reiz-Reaktion). Es lassen sich dann z. B. Betrachtungen über die Kanalkapazität u. a. anstellen, wie es in der Psychologie (Informationspsychologie) und der Biologie (z. B. Genetik) üblich geworden ist.

Kanalisierung, → Flußbau.

Kanalofen, svw. → Tunnelofen.

Kanalstrahlung, von Goldstein (1886) entdeckte Strahlung positiv geladener Ionen. Die K. entsteht dadurch, daß die von der Katode einer Gasentladungsröhre ausgesandten Elektronen die davorliegenden Gasmoleküle ionisieren. Die positiven Ionen bewegen sich dann auf die Katode zu und fliegen gegebenenfalls durch deren Löcher, die Kanäle, hindurch (auf die Röhrenwand). Die Untersuchung der K. hat zur Entdeckung der Isotope geführt.

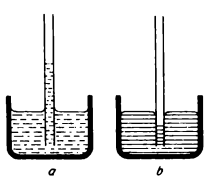
Kanalwaage, ein einfaches Feldmeßgerät, bei dem die waagerechte Ziellinie durch die Wasseroberfläche in kommunizierenden Röhren gebildet wird.

Kanone, ein → Geschütz.

Känozoikum, die Neuzeit der Erde (→ System, Tab.).

Kantholz, Bauholz (Schnittholz) von rechteckigem Querschnitt mit einer Dicke über 40 mm und einer Breite kleiner als die doppelte Dicke (TGL 18981).

Kant-Laplacesche Theorie, die sachlich nicht begründete Zusammenziehung zweier äußerlich ähnlicher, innerlich aber wesensfremder Theorien über die Entstehung des Sonnensystems, der Meteoritenhypothese von Kant und der Nebularhypothese von Laplace, → Kosmogonie.



Kapillarität: *a* Kapillaraszension, *b* Kapillardepression

Kanu *n*, Bezeichnung für jedes durch Paddeln fortbewegte Boot. Der **Kanadier** (Einer, Zweier, Achter), dessen Ursprung im Indianerkanoe zu suchen ist, wird im Knien mit Einzel-Stechpaddeln gefahren. Das **Kajak** (Einer, Zweier, auch als Faltboot), das aus dem Eskimokajak entstanden ist, wird im Sitzen mit Doppelpaddeln fortbewegt.

Kaolin, Porzellanerde, ein weißes, toniges Gestein, das vorwiegend aus Kaolinit ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) und Zersetzungsresten (Quarz) besteht und durch siallitische Verwitterung oder pneumatolytisch-hydrothermale Zersetzung feldspathaltiger Gesteine entstanden ist. Der **Kaolinit** liegt in feinsten blättchenförmigen Kristallen vor, für seine Bildung ist im Gegensatz zur Bildung des Montmorillonits ein saures Medium (pH 4—5) notwendig. K. wird besonders für die Herstellung von Porzellan verwendet, auch als Füllstoff, z. B. bei der Papierherstellung, um eine für den Druck günstige Oberfläche zu erzeugen. Hochwertige K.e wurden schon in sehr alter Zeit in China abgebaut.

Kapazität, 1) allgemein svw. Fassungsvermögen, Aufnahmefähigkeit, Speichervermögen.

2) Elektrotechnik: **elektrische K.,** die Aufnahmefähigkeit einer Anordnung, z. B. eines → Kondensators, für elektrische Ladungen. Die K. C ist definiert als das Verhältnis des Betrages der auf einem Leiter befindlichen elektrischen Ladung Q zur Spannung U zwischen zwei Leitern: $C = \frac{Q}{U}$. Dieses Verhältnis ist um so größer, je größer die Dielektrizitätskonstante des Mediums zwischen den Leitern ist. Die K. wird in → Farad gemessen. Die K. eines Akkumulators ist gleich der Energiemenge, die dieser bei der Entladung, ohne Schaden davonzutragen, abgibt, gemessen in Amperestunden (Ah).

Über **kapazitiven Widerstand,** auch **Kapazitanz** genannt, → Wechselstromwiderstand.

3) Nachrichtentechnik: **Kanalkapazität,** die Aufnahmefähigkeit von Nachrichtenkanälen. Sie ist ein Maß für den möglichen Betrag an Information, der je Zeiteinheit über einen bestimmten Kanal übertragen werden kann. Die Kanalkapazität ist von bestimmten physikalischen Eigenschaften des Kanals, z. B. Signal- und Rauschleistung, abhängig.

4) Rechentechnik: **Speicherkapazität,** die K. von → Speichern. Sie ist eine wichtige Kenngröße für Rechenanlagen und gibt das Fassungsvermögen des Speichers in bit oder Maschinenwörtern an.

5) Wärmelehre: → Wärmekapazität.

kapazitiver Widerstand, → Wechselstromwiderstand.

kapillaraktive Stoffe, svw. → grenzflächenaktive Stoffe.

Kapillarität, Haarröhrchenwirkung, die Erscheinung, daß die Flüssigkeit in einer engen Röhre, einem **Kapillarrohr,** tiefer oder höher steht als die Flüssigkeit in dem größeren Gefäß, in das die Kapillare eingetaucht ist. Benetzt die Flüssigkeit die Rohrwand, wie z. B. Wasser das Glas, so steht die Flüssigkeit im Röhrchen höher als im Gefäß **(Kapillaraszension);** bei nichtbenetzender Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, steht die Flüssigkeit tiefer als im Gefäß **(Kapillardepression),** Abb. Die Flüssigkeit in der Kapillare ist von einem → Meniskus begrenzt, der ein Stück einer Kugeloberfläche bildet. Diese Erscheinungen treten an allen engen Hohlräumen eines Körpers auf, so auch bei Porosität. Die K. ist eine Folge der Kräfte zwischen den Molekülen der Flüssigkeit und den Molekülen der Wandungen des Röhrchens. An jeder Stelle muß die

Resultierende *R* aus der Kohäsion *K* und der Adhäsion *A* auf der Flüssigkeitsoberfläche senkrecht stehen. Der Winkel zwischen Flüssigkeitsoberfläche an Berührungsstelle und Wand (Randwinkel) ist unabhängig von der Lage der Wand. Häufig grenzt eine Flüssigkeit einerseits an eine Wand, anderseits an Dampf oder Gas, die ebenfalls an die Wand grenzen. In den drei Grenzflächen herrschen Oberflächenspannungen. Die Differenz zwischen den Spannungen Wand/Dampf und Wand/Flüssigkeit heißt **Haftspannung**; diese ist gleich der → Oberflächenspannung zwischen Flüssigkeit/Dampf multipliziert mit dem Kosinus des Randwinkels. **Kapillarkondensation** ist die starke Aufnahme von Dämpfen einer Flüssigkeit in der Nähe des Sättigungsdruckes durch poröse Adsorptionsmittel (Aktivkohle, Silikagel). **Kapillarelektrische Erscheinungen** sind Veränderung der Grenzflächenspannung zwischen zwei Flüssigkeiten durch Anlegen einer galvanischen Spannung über der Grenzfläche.

Kapillarkondensation, → Sorption.

Kapitälchen, Großbuchstaben in Antiquaschriften in der Größe der Kleinbuchstaben (ohne Ober- und Unterlänge) des umgebenden Textes: KAPITÄLCHEN.

Kaplanturbine, eine → Wasserturbine.

Kappschuh, → Türstock.

ε-Kaprolaktam, das innere Anhydrid der ε-Aminokapronsäure. ε-K. kristallisiert in weißen Schuppen (F. 70 °C). Es wird aus Phenol über die Zwischenstufen Zyklohexanol, -hexanon und -hexanonoxim und anschließende Beckmannsche Umlagerung oder von Benzol, Toluol oder Zyklohexan — ebenfalls über ähnliche Zwischenstufen — hergestellt. ε-K. ist ein wichtiges Ausgangsprodukt für Polyamide.

Kapron, → Chemiefaserstoffe, Übers.

n-Kapronsäure, n-Hexansäure, $CH_3—(CH_2)_4—COOH$, eine höhere, gesättigte ölige Fettsäure (Kp. 205 °C). Sie kommt — ebenso wie die **n-Kaprylsäure (n-Oktansäure)** $CH_3—(CH_2)_6—COOH$ und die **n-Kaprinsäure (n-Dekansäure)** $CH_3—(CH_2)_8—COOH$ — meist esterartig gebunden in der Butter, in ätherischen und fetten Ölen sowie in den Blättern und Früchten vieler Pflanzen vor. Die Ester der genannten Säuren werden in der Riechstoffindustrie verwendet.

Karabiner, → Gewehr.

Karat, 1) **metrisches K.,** Kurzz. **k,** gesetzliche Einheit der Masse, nur für den Handel mit Diamanten u. a. Edelsteinen, Perlen, Edelmetallen zulässig. $1\ k = 2 \cdot 10^{-4}\ kg = 0{,}2\ g$. 2) Bezeichnung für den → Feingehalt von Gold und Silber.

Karbamid, svw. → Harnstoff.

Karbamidharze, svw. → Harnstoffharze.

Karbazol, Dibenzopyrrol, eine heterozyklische Verbindung. K. kristallisiert blättchen- oder tafelförmig und wird aus der Rohanthrazenfraktion des Steinkohlenteers isoliert. Es ist Ausgangsstoff für Farbstoffe, Plaste und Pflanzenschutzmittel.

Karbide, Verbindungen des Kohlenstoffs, vor allem mit Metallen, Silizium und Bor. Man teilt sie in drei verschiedene Gruppen ein:

1) Salzartige K. leiten sich hauptsächlich von den Elementen der I., II. und III. Gruppe des Periodensystems ab. Die wichtigsten dieser K. enthalten 2 C-Atome und liefern bei der Hydrolyse Äthin (Azetylen). Deshalb werden sie auch als *Azetylide* oder *Azetylenide* bezeichnet. Wichtigster Vertreter ist **Kalziumkarbid,** meist nur kurz als **Karbid** bezeichnet, CaC_2. Es bildet in reinstem Zustand farblose Kristalle, die aber beim technisch gewonnenen Produkt stets durch Verunreinigungen gefärbt sind, und zwar je nach der Zusammensetzung grau, braun oder schwarz. Technisch wird es durch Umsetzen von gebranntem Kalk mit Koks im elektrischen Lichtbogen hergestellt: $CaO + 3C \rightarrow CaC_2 + CO$. Der Stromverbrauch ist recht erheblich (3500 kWh/d), so daß man neuerdings bemüht ist, Verfahren zu finden, die ohne elektrische Energie arbeiten. So gelingt es z. B., durch Verbrennung eines Teiles Koks mit reinem Sauerstoff die zur Bildung von Kalziumkarbid erforderliche Temperatur von 2000 bis 2400 °C zu erhalten. Kalziumkarbid ist einer der wichtigsten Rohstoffe der chemischen Industrie. Etwa die Hälfte dient zur Gewinnung von Kalkstickstoff, die andere Hälfte zur Herstellung von Äthin. In der Metallurgie wird Kalziumkarbid als Reduktionsmittel verwendet. Außerdem zählen zu dieser Gruppe die hochexplosiven Schwermetallazetylide, z. B. **Kupferazetylid** Cu_2C_2 und **Silberazetylid** Ag_2C_2.

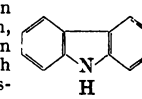
2) Kovalente K. lassen sich nach der Molekülgröße einteilen. So bilden z. B. **Siliziumkarbid** (technisch **Karborundum**) SiC und **Borkarbid** B_4C Riesenmoleküle, die sich durch außerordentliche Härte und sehr hohe thermische Beständigkeit auszeichnen.

3) Metallische K. haben keine stöchiometrische Zusammensetzung. Man erhält sie durch Erhitzen von Metallen oder Metalloxiden mit Koks oder durch Umsetzen von Metallen mit Äthin. Die K. einiger Schwermetalle ergeben, mit Kobalt- oder Nickelpulver zusammengesintert, → Hartmetalle. **Eisenkarbid** Fe_3C (Zementit) und **Wolframkarbid** W_2C sind Bestandteile verschiedener Stahlsorten.

Karbolineum s, ein braunroter, öliger Anteil der Anthrazenölfraktion des Steinkohlenteers. Man verwendet es wegen seiner fäulnishemmenden und desinfizierenden Wirkung zum Haltbarmachen von Holz und zur Bekämpfung von Obstbaumschädlingen.

Karbolsäure, die wäßrige Lösung von → Phenol.

Karbon, ein System des Erdaltertums (→ System, Tab.). Das K. wird unterteilt in die Abteilung **Unterkarbon (Dinant)** mit den Stufen **Tournai** und **Visé** und die Abteilung **Oberkarbon** mit den Stufen **Namur, Westfal** und **Stephan.** Es ist gekennzeichnet durch eine Folge kräftiger Gebirgsbildungen, die ihren Höhepunkt in Europa in der Aufwölbung des Variszischen Gebirgssystems erreichten, das unter anderem für die Gestaltung des Untergrundes in Mitteleuropa bestimmend wurde. In den langsam und mit Unterbrechungen einsinkenden Zonen vor und zwischen den Gebirgszügen bildeten sich ausgedehnte Moore, aus denen sich Torf- und weiter unter Druck und Hitze Steinkohlenlager entwickelten. Die auffällige Entfaltung der Pflanzenwelt mit zahlreichen neuen Formen wurde durch ein feuchtwarmes Klima begünstigt. Doch finden sich am Ende des K.s in verschiedenen Gebieten, besonders auf der Südhalbkugel, auch Spuren einer Vereisung, die ins Perm übergreift. Auch die Tierwelt entwickelt sich bedeutend, insbesondere die Wirbeltiere. Das Kohlenflöze führende Oberkarbon bezeichnet man als **produktives K.**



Karbazol

Karbonado, eine Varietät des → Diamanten.

Karbonate, die Salze der Kohlensäure H_2CO_3. Als zweibasige Säure bildet Kohlensäure zwei Reihen von Salzen: **saure K. (Hydrogenkarbonate, primäre K.,** früher **Bikarbonate** genannt) von der allgemeinen Formel $Me^I HCO_3$ und **neutrale K. (normale K., sekundäre K.)** von der allgemeinen Formel $Me^I_2CO_3$. Hydrogenkarbonate werden besonders von den Alkali- und Erdalkalimetallen gebildet. Neutrale K. kennt man vor allem von ein- und zweiwertigen Metallen. Die Lösungen von K.n reagieren alkalisch.

Viele K. kommen in der Natur vor, z. B. Natriumkarbonat (Soda) Na_2CO_3, Kaliumkarbonat (Pottasche) K_2CO_3, Eisenkarbonat $FeCO_3$ als Siderit (Eisenspat), Kalziumkarbonat $CaCO_3$

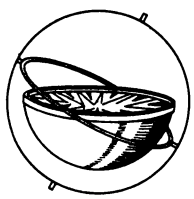
als Kalkstein, Kreide, Marmor und — gemischt mit Magnesiumkarbonat $MgCO_3$ (Magnesit) — als Dolomit und Zinkkarbonat $ZnCO_3$ als Smithsonit (Zinkspat). Synthetisch gewinnt man die K. z. B. durch Einleiten von Kohlendioxid in Lösungen von Metallsalzen oder leichtlöslichen Hydroxiden.

Karbonisieren, 1) ein Verfahren der Textilveredlung, das Beseitigen von pflanzlichen Verunreinigungen in weniger wertvoller Wolle, besonders in Reißwolle (Alpaka) aus Mischtextilien. Die Wolle wird mit verdünnter Schwefelsäure getränkt, die sich beim Trocknen (Brennen) infolge Verdampfens des Wassers konzentriert und Zellulose in spröde, brüchige, durch Klopfen entfernbare Hydrozellulose verwandelt (verkohlt). Anschließend muß die Wolle in einem Sodabad entsäuert werden. Das K. kann auch mit Aluminiumchlorid oder Chlorwasserstoffdämpfen **(Salzsäurekarbonisieren; Trockenkarbonisieren)** erfolgen.

2) ein Getränk mit Kohlendioxid versetzen.

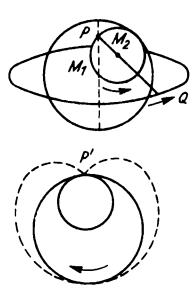
Karbonitrieren, Zyanieren, ein Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Stählen. Das K. dient zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit und Härte durch gleichzeitige Erhöhung des Kohlenstoff- und Stickstoffgehaltes in der oberflächennahen Schicht des Werkstückes. Es erfolgt in Salzschmelzen, Gasen oder festen Stoffen.

Karbonsäuren, alle organischen Säuren, die eine oder mehrere Karboxylgruppen —COOH enthalten. Nach der Anzahl dieser Gruppen unterscheidet man Mono-, Di- und Trikarbonsäuren.



kardanische Aufhängung

Die aliphatischen **Monokarbonsäuren** können verzweigte oder unverzweigte Struktur besitzen. Die unverzweigten aliphatischen Monokarbonsäuren werden nach dem Vorkommen einiger ihrer Vertreter in den Fetten auch als *Fettsäuren* bezeichnet. Die gesättigten aliphatischen Monokarbonsäuren, auch *Alkansäuren* oder *Paraffinkarbonsäuren* genannt, sind nach der allgemeinen Formel $C_nH_{2n}O_2$ aufgebaut. Hierzu gehören z. B. die Ameisensäure, Essigsäure, Propionsäure, Buttersäuren, Valeriansäuren, n-Kapronsäure, Myristinsäure, Palmitinsäure und Stearinsäure. Zu den ungesättigten aliphatischen Monokarbonsäuren mit der allgemeinen Formel C_nH_{2n-1}—COOH gehören z. B. die Akrylsäure, Ölsäure, Linol- und Linolensäure sowie die Sorbinsäure. Wichtige aromatische Monokarbonsäuren sind die Benzoesäure und Zimtsäure.



Kardankreispaar. M_1 Mittelpunkt des innenverzahnten, feststehenden großen Kreises; M_2 Mittelpunkt des außenverzahnten kleinen Kreises; P Punkt auf der Peripherie des kleinen Kreises, erzeugt eine Gerade; Q fest mit dem kleinen Kreis verbundener Punkt, beschreibt eine Ellipse; P' Punkt auf dem beweglichen großen Kreis, beschreibt eine Kardioide

Gesättigte aliphatische **Dikarbonsäuren** sind z. B. Oxalsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure und Adipinsäure, ungesättigte z. B. die Maleinsäure und Fumarsäure, zu den aromatischen Dikarbonsäuren gehören z. B. die Phthalsäure und die Terephthalsäure. Eine bekannte aliphatische **Trikarbonsäure** ist die Zitronensäure.

Bei den K. ist das Wasserstoffatom der Karboxylgruppe durch Metalle ersetzbar, dabei entstehen Salze. Mit Alkoholen bilden die K. Ester. Viele K. finden sich frei oder in Form ihrer Ester und Salze in der Natur. Man erhält K. durch Oxydation primärer Alkohole oder Aldehyde nach dem Reppe-Verfahren, durch Einwirkung von Kohlenmonoxid und Wasser auf Alkene, durch Oxydation von Paraffinen, die höheren aliphatischen Monokarbonsäuren aus ihren natürlichen pflanzlichen und tierischen Vorkommen durch → Fettspaltung.

Karbonyle, → Metallkarbonyle.

Karbonyleisen, ein sehr reines Eisen mit geringsten Verunreinigungen an Kohlenstoff und Sauerstoff. Ausgangsmaterial ist Eisenpentakarbonyl $Fe(CO)_5$. K. fällt in Form eines feinkörnigen Pulvers an. Die Verarbeitung erfolgt pulvermetallurgisch durch Pressen und Erhitzen. K. wird wegen seines hohen magnetischen Aufnahmevermögens vor allem für elektromagnetische Zwecke verwendet, besonders für Massekerne in der Hochfrequenztechnik, in Radio- und Fernsehgeräten, zur Herstellung von Verstärkerspulen für Erd- und Überseekabel.

Karbonylgruppe, Ketogruppe, Oxogruppe, die funktionelle Gruppe >C=O, die in Ketonen und Aldehyden enthalten ist.

Karbonylierung, eine Reaktionsform in der → Azetylenchemie.

Karborundum, → Silizium.

Karbowid-Widerstand, ein Graphitschichtwiderstand, dessen leitende Schicht aus Glanzkohle besteht, die sich bei 800 °C durch Zersetzung von Benzoldampf auf einer Porzellanunterlage niederschlägt. Die Schichtdecke beträgt 10^{-4} bis 10^{-3} mm und wird durch einen Lacküberzug geschützt. Der K. ist hochohmig und induktionsarm und belastbar bis 200 Watt.

Karboxylgruppe, die funktionelle Gruppe —COOH, die in allen Karbonsäuren enthalten ist.

Karboxymethylzellulose, → Zelluloseäther.

karbozyklisch, → Kohlenstoffverbindungen.

Karburieren, das Steigern des Heizwertes von Gasen und das Erhöhen der Leuchtkraft und Strahlwirkung der Brenngasflammen durch Verdampfen oder thermische Zersetzung flüssiger Kohlenwasserstoffe oder durch Zusatz gasförmiger schwerer Kohlenwasserstoffe. So erhält man beim Hindurchleiten von Luft durch Benzin- oder Benzoldampf ein brennbares Gas von hohem Heizwert und großer Leuchtkraft. Bei unmittelbarer Verwendung von heißem Generatorgas (Heißgas) bleibt Teer als Karburierungsmittel zwecks Erhöhung der Strahlungsintensität der Gasflamme im Generatorgas. Bei Kokswassergas kann durch zusätzliche Vergasung von Öl ein karburiertes Gas mit erhöhtem Heizwert erzeugt werden, das dem Stadtgas zur Deckung des Gasbedarfes zugesetzt wird.

Kardangelenk, ein → Gelenk.

Kardangetriebe, → Kreuzschleife.

kardanische Aufhängung, eine von dem italienischen Mathematiker Cardano erfundene Aufhängevorrichtung. Sie besteht aus drei unter rechtem Winkel ineinander beweglichen Ringen. Ein im innersten Ring befindlicher Körper behält bei Lageänderung des Ganzen seine natürliche Lage bei, z. B. ein so aufgehängter Kompaß an Bord eines Schiffes. (Abb.)

kardanische Formel, eine nach dem italienischen Mathematiker Cardano benannte Formel für die Auflösung von kubischen Gleichungen (Gleichungen 3. Grades).

Kardankreispaar, zwei Kreise vom Durchmesserverhältnis 1:2 mit Innenberührung. Beim Abrollen des kleineren Kreises im festgehaltenen größeren Kreis beschreiben die Punkte der Peripherie des kleinen Kreises gerade Linien durch den Mittelpunkt des großen Kreises (Spezialfall der Hypozykloide). Die übrigen Punkte der mit dem kleinen Kreis bewegten Ebene durchlaufen Ellipsen. Hält man den kleinen Kreis fest und läßt den größeren um ihn abrollen, so beschreibt ein auf dem größeren Kreis gelegener Punkt eine Kardioide (→ Zykloide). K.e werden beim → Ellipsendrehwerk und als → Geradführung (z. B. bei der Schnellpresse) angewendet, ferner finden sie sich als Polbahnen (→ Momentanpol) in manchen → Kurbelgetrieben (→ Kreuzschleife). (Abb.)

Kardanwelle, bei Kraftwagen in Standardbauweise eine Welle mit einem Kardangelenk an seinen beiden Enden (Gelenkwelle) zur Kraftübertragung auf die Hinterachse, → Kraftwagen.

Karde, Krempel, in der Spinnerei eine Maschine zum Auflösen der Faserflocken, zum Ausscheiden von Verunreinigungen sowie zum Mischen, Verziehen, Parallelisieren und Ausbreiten der Fasern zu einem gleichmäßigen Flor.

In der Baumwollspinnerei wird vor allem die **Deckelkarde** verwendet. Die von der Schlagmaschine kommende Wickelwatte gelangt über den Vorreißer, eine mit Sägezahndraht bezogene Walze, die Baumwollflocken abreißt und mitnimmt, auf eine mit vielen Zähnen (Drahthäkchen, Kratzenbeschlag) besetzte, schnell rotierende Trommel. Die Ausbreitung der Fasern auf der Trommel unterstützen mit Kratzenbeschlag bezogene schmale Deckelstäbe, die auch Verunreinigungen und kurze Fasern ausscheiden. Etwa 100 Deckel sind zu einer über einem Teil der Trommel langsam wandernden, endlosen Kette vereinigt (Abb. → Spinnerei). Ein mit dichtem Kratzenbeschlag bezogener Abnehmer übernimmt den Faserflor von der Trommel und verdichtet ihn infolge seiner im Vergleich mit der Trommel geringen Umfangsgeschwindigkeit. Der Flor wird schließlich nach weiterer Verdichtung als Kardenband in sich drehenden Kannen abgelegt.

Bei der **Walzenkrempel** unterstützen an Stelle der Deckel meist fünf kleinere, mit Kratzenbeschlag bezogene Walzenpaare (Arbeiter und Wender) das Ausbreiten der Fasern auf der Trommel. Beim Verarbeiten von Baumwolle sind mindestens zwei Walzen- (Zweikrempelsatz), in der Streichgarnspinnerei z. B. drei Walzenkrempeln (Dreikrempelsatz) hintereinander angeordnet. Der **Krempelwolf** ist eine Walzenkrempel mit drei grob gezahnten Walzenpaaren zum Auflockern und Mischen (Wolfen) von Wolle in der Streichgarnspinnerei vor dem eigentlichen Krempeln. Er kann mit Schmälzvorrichtung ausgerüstet sein (Ölwolf).

Lit. Hollmann: Die Krempelei der Streichgarnspinnerei (5. Aufl. Leipzig 1953).

Kardieren, das Bearbeiten von Textilfasern auf der → Karde.

Kardioide, → Zykloide.

Kardiotachometer, → Elektrokardiotachometer.

Karlikscheibe, eine → Treibscheibe.

Karmin, → Koschenille.

Karnallit, ein Mineral, wichtiges Kalisalz, $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, enthält auch etwas Brom und Rubidium; rhombisch, farblos, durch Verunreinigungen oft rot oder gelb gefärbt, Härte nach Mohs 2, D. 1,60 g cm^{-3}. K. baut zusammen mit Steinsalz NaCl, Kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$ und/oder Anhydrit $CaSO_4$ u. a. den **Karnallitit** auf, ein wichtiges Kalirohsalz. Über Vorkommen und Verarbeitung → Kali.

Karneol, eine Varietät des → Quarzes.

Karnotit, → Uranminerale.

Karoluszelle, svw. → Kerrzelle.

Karosserie, bei Kraftwagen der das Fahrgestell und den Fahrgast- oder Laderaum formgebend umschließende Aufbau. Die K. wird heute in der Großserienproduktion aus Stahlblech, Leichtmetall oder Plast hergestellt. Teilweise ist sie als tragendes Bauelement halbselbsttragend oder vollkommen selbsttragend ausgeführt.

1) K.n für PKW. Eine offene K. weist der zwei- bis dreisitzige (Sitze nebeneinanderliegend), teilweise noch mit Notsitz ausgestattete **Roadster** (Sportwagen) auf. Zum Wetterschutz der Insassen besitzt der Roadster ein zurücklegbares, versenkbares oder abnehmbares Klapp- oder Scherenverdeck sowie aufsteck- oder einknöpfbare lose Seitenteile. PKW mit geschlossener K. werden mit zwei bis drei Sitzen (teilweise mit Notsitz) als **Coupé,** mit vier oder mehr Sitzen als **Limousine,** mit fünf oder mehr Sitzen, einer Trennscheibe zwischen Vorder- und Hintersitzen sowie mit vier Türen als **Pullmann-Limousine** bezeichnet. Bei der **Vollsicht-Limousine** (amerikanisch Belle-Air) sind die Seitenfenster nicht durch Mittelpfosten unterteilt und können einschließlich der Fensterumrahmung versenkt werden. Zu den PKW, die wahlweise offen oder geschlossen gefahren werden können, gehört das **Kabriolett** (zweisitzig und gegebenenfalls mit Notsitz als **Sportkabriolett**), bei dem die Seitenfenster einschließlich Umrahmung versenkt und das Klappverdeck bis hinter die Rücksitze zurückgeklappt oder versenkt werden kann. Im Gegensatz hierzu bleiben bei der vier- oder mehrsitzigen **Kabrio-Limousine,** deren Verdeck ebenfalls bis hinter die Rücksitze zurücklegbar ist, die seitlichen Fensterumrahmungen als geschlossene Seitenwand stehen. Bei der **Sonnendach-Limousine** läßt sich ein im Dachteil der K. angeordnetes Stahlschiebedach oder Rolldach öffnen. Eine Sonderform stellt das **Hardtop-Coupé** dar, bei dem in einfacher Weise das stabile Coup dach abgenommen und in der Garage zurückgelassen oder im Kofferraum untergebracht werden kann. Beim **Hardtop-Kabriolett** ist neben dem stabilen, ebenfalls abnehmbaren Coupédach zusätzlich ein versenkbares Kabriolettverdeck vorhanden, mit dem der Wagen, wenn er offen gefahren wird, im Bedarfsfall geschlossen werden kann. Sowohl als PKW wie auch als Lieferwagen geeignet ist der **Kombinationskraftwagen,** abg. **Kombiwagen** (amerikanisch station car). Seine Rücksitze lassen sich durch Umklappen in eine ebene Ladefläche verwandeln. Zur besseren Zugänglichkeit der Ladefläche ist in der Rückwand der K., die auf ein PKW-Fahrgestell montiert ist, noch eine Tür vorhanden. Beim **Pick-up-Wagen** ist der hinter den Vordersitzen durch eine Trennwand abgestellte Raum als offene Ladefläche ausgebildet.

2) Über K.n für Omnibusse → Omnibus, über K.n für LKW → Lastkraftwagen.

Karotin, ein gelbroter Farbstoff. K. ist stets in grünen Blättern, ferner in zahlreichen Blüten und Früchten, in Mohrrüben und im tierischen Organismus (Blutserum, Fett, Milch u. a.) enthalten. Es kommt in drei isomeren Formen (α-, β- und γ-Karotin) vor, die im tierischen und menschlichen Organismus in das fettlösliche Wachstumsvitamin A umgewandelt werden. Nach dem K. ist die Gruppe der **Karotinoide,** d. s. farbige Naturstoffe, benannt. Dies sind aliphatische oder alizyklische Verbindungen mit zahlreichen konjugierten Doppelbindungen, zum Teil von großer physiologischer Bedeutung.

Karsterscheinungen, geologische Bildungen, die hauptsächlich in Kalk- und Gipsgebirgen infolge von Auslaugung und Auswaschung leichtlöslicher und stark zerklüfteter Gesteine durch Grundwasser oder oberirdisch abfließendes Wasser auftreten, z. B. in der Schwäbischen Alb, am Südrand von Harz und Kyffhäuser, vor allem aber im Karst Dalmatiens und in Südfrankreich. K. sind **Dolinen** (Karsttrichter), **Erdfälle** (rundliche oder längliche Senken an der Erdoberfläche), **Erdorgeln** (zylindrische, mit lockeren Schuttmassen ausgefüllte Vertiefungen in tonigen Kalkgesteinen), **Höhlen** (größere Hohlräume im Gestein), **Karren** (Riefen auf Kalkgesteinen), **Katavothren** (Erdtrichter in Karstgebieten, in die oberirdische Wasserläufe hineinfließen), **Poljen** (Kesseltäler oder Wannen, Senkungsfelder in Karstgebieten mit ebenem Boden) und **Schlotten** (langgestreckte Hohlräume in Gips).

Karte, 1) **Landkarte,** eine mittels → Kartenzeichen graphisch gestaltete, durch Schrift erläuterte, maßstäbliche Grundrißdarstellung der Erdoberfläche mit allen natürlichen und vom Menschen geschaffenen Objekten und Erscheinungen. Die K. ist die wichtigste Form der kartographischen Darstellung. Nach dem Karteninhalt, dem Grad der Verkleinerung gegenüber der Natur (→ Maßstab), dem Verwendungszweck und der graphischen Ausführung unterscheidet man verschiedene Hauptkartengruppen. 1) Die → **topographischen Karten** (Grundkarten und

Folgekarten mit Maßstäben von 1:2000 bis 1:500000) gehen aus der Vermessung der Erdoberfläche hervor, bei der Erdmessung, Landesvermessung, Topographie und Photogrammetrie zusammenwirken. 2) Die **chorographischen** oder **geographischen K.n** mit Maßstäben von etwa 1:1 Million und kleiner sind kleinmaßstäbliche, auf der fortschreitenden Generalisierung topographischer K.n beruhende K.n (Regional-, Länder-, Erdteil- und Erdkarten). Diese beiden Kartengruppen geben alle Erscheinungen der Erdoberfläche (Relief, Gewässer, Bodenbedeckung, Siedlungen und Verkehrswege) gleichwertig, allerdings mit unterschiedlicher Generalisierung wieder. 3) Die → **Themakarten** betonen im Gegensatz dazu einzelne Erscheinungen und geben sie besonders detailliert wieder.

Das Kartenbild besteht aus sachlich begründeten und sich hinsichtlich der Darstellungsmethodik unterscheidenden **Kartenelementen**. Man unterscheidet bei ihnen a) die mathematischen Elemente (geodätische Grundlagen), zu denen Kartennetz bzw. Gitternetz, Kartenrahmen und geodätische Festpunkte gehören; b) die eigentlichen Grundrißelemente, zu denen Siedlungen, Verkehrswege und -einrichtungen, Betriebsanlagen und Grenzen gehören; c) Gewässer, Bodenbedeckung und → Relief sowie die Kartennamen (geographische Eigennamen, Abkürzungen und Bezeichnungen, Zahlenangaben). Bei mehrfarbigen K.n entsprechen diese Kartenelemente in der Regel jeweils einer Druckplatte (Farbe): Gewässer gibt man blau wieder, das Relief braun, Siedlungen rot, Wald grün, Schrift schwarz. Mit abnehmendem Maßstab muß dieser Karteninhalt vereinfacht werden (→ Generalisierung).

Sonderformen der K.n sind Umrißkarten (nur Grenzen und Gewässer enthaltend), stumme K.n (K.n ohne Schrift), Inselkarten (K.n ohne Rahmen), Kartenskizzen, Kartenschemata (nicht streng maßstäblich).

Bei der modernen Kartenherstellung (Kartentechnik) wird zunächst eine nach Farben getrennte Zeichnung der Flächenelemente hergestellt. Daran schließt sich die Schichtgravur des Grundrisses auf Plastfolie oder Glas an. Die Schriftherstellung geschieht meist im Lichtsatz. Es folgen die Folien- und Druckplattenkopie für den Andruck und nach Korrekturausführung der Auflagendruck (meist im Offsetdruck, selten im Tief-, Buch-, Licht- oder Durchdruck.

Lit. → Kartographie.

2) Weberei: eine endlose Gelenkkette aus Blechstreifen mit aufgeschobenen Hubkurven **(Schieberkarte)**, flachen Holzstäben mit Pflöcken **(Pflockkarte)**, Stäben mit aufgesteckten Rollen **(Rollenkarte)**, Streifen mit Löchern **(Blattlochkarte)** oder ein endloses Band mit Löchern **(Bandlochkarte)** zum Steuern über Fühlelemente der Schaftmaschinen oder → Jacquardmaschinen entsprechend der Bindung. Das Lochen der Papp- und Papierkarten erfolgt mit **Kartenschlagmaschinen**.

Kartenaufnahme, 1) Kartieren, jede Meß- und Zeichenarbeit, die zur Erfassung und kartographischen Darstellung von im Gelände feststellbaren Tatbeständen erforderlich ist. Für **topographische K.n** ist eine exakte Vermessung mit geodätischen Instrumenten (Theodolit, Nivellierinstrument, Meßtisch mit Kippregel, Entfernungsmeßgerät) oder nach photogrammetrischen Methoden erforderlich (→ Topographie, → Photogrammetrie). Die Meßergebnisse (Meßwerte) können sofort im Gelände oder später in häuslicher Arbeit von Hand oder mit einem → Kartierautomaten in ein Kartenbild umgesetzt werden. Bei **thematischen K.n** werden die Sachverhalte (Geologie, Bodenmerkmale, Vegetation u. a.) in topographische Kartengrundlagen mit einfachen Hilfsmitteln durch *Krokieren* (Schrittmaß und Schätzen) eingetragen.

2) die bibliothekarische Dokumentation von Karten für Kartensammlungen und -bibliographien.

Kartenkunde, ein Teilgebiet der → Kartographie.

Kartennetzentwürfe, Kartenprojektionen, Darstellungen des → Gradnetzes der Erde in der Ebene als mathematisches Gerüst für → Karten. Da eine Kugeloberfläche bzw. die Oberfläche eines Rotationsellipsoides nicht auf eine Ebene abwickelbar ist, führt jede Verebnung des Gradnetzes zu Verformungen der Gradnetzmaschen, die als Verzerrungen bezeichnet werden. Aus der Vielzahl der möglichen projektiven geometrischen und mathematischen Lösungen werden nach dem Zweck der Karte die Lösungen mit besonderen Eigenschaften ausgewählt, in erster Linie flächentreue Netze, bei denen in allen Teilen die Flächenverhältnisse gegenüber der Natur gewahrt werden, sowie winkeltreue Netze, bei denen die Richtungswinkel überall unverfälscht bestehen bleiben, und längentreue Netze, bei denen die Entfernungen längs bestimmter Linien streng maßstäblich abgebildet werden. Teilweise werden vermittelnde Entwürfe bevorzugt, die möglichst die Formtreue der abzubildenden Länder anstreben.

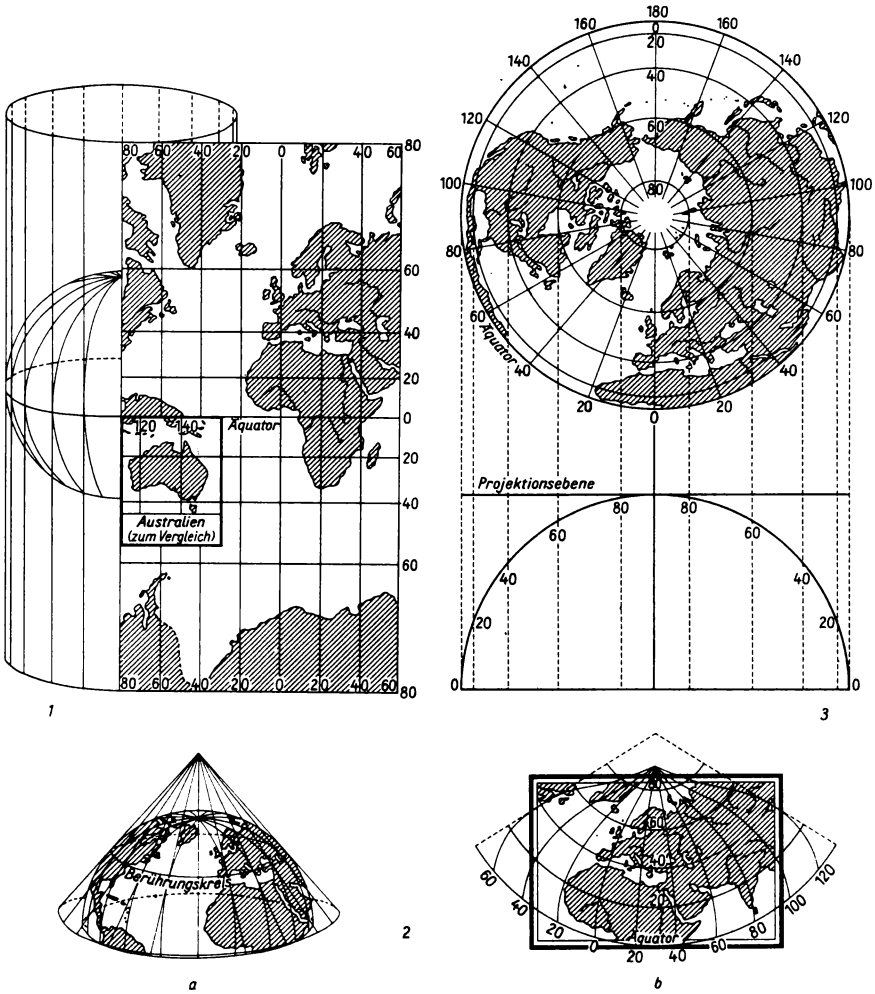
Die K. werden nach der Projektionsfläche eingeteilt in Zylinder-, Kegel- und Azimutalentwürfe (Abbildung auf eine die Kugel in einem Punkt berührende Ebene); nach der Lage des Projektionszentrums bzw. nach der Lage der abwickelbaren Hilfsflächen unterteilt man weiter in polständige Entwürfe (Zylinder- und Kegelachse fallen mit der Erdachse zusammen, die Ebene berührt im Pol), äquatorständige Entwürfe (die Achsen liegen in der Äquatorebene, die Ebene berührt am Äquator) und schiefständige oder transversale Entwürfe (mit beliebiger Achsenlage zwischen Pol und Äquator oder Berührung der Ebene in einem beliebigen Punkt). Der wichtigste **Zylinderentwurf** ist der winkeltreue **Mercatorentwurf**, der die → Loxodrome geradlinig abbildet. Für Erdkarten werden meist unechte Zylinderentwürfe benutzt, die das Erdbild in ein Rechteck, einen Kreis oder in ein Oval pressen, wobei der Pol als Punkt oder als Pollinie von der halben oder ganzen Äquatorlänge abgebildet wird. Vorteilhaft sind Netzkombinationen und Netztransformationen längs bestimmter Richtungen, die die Eigenschaften echter Projektionen oft verbessern. Bei **Kegelentwürfen** kann der Kegel die Erdkugel entweder in einem Kleinkreis (Breitenkreis) berühren oder in zwei Kleinkreisen durchstoßen. Nach dem Abstand der Breitenkreise können flächentreue, winkeltreue oder abstandstreue sowie vermittelnde Kegelentwürfe konstruiert werden; sie eignen sich für Länderabbildungen mittlerer Breiten. Polständige **Azimutalentwürfe** werden für Karten der Polargebiete verwendet, äquatorständige für Halbkugeldarstellungen und äquatornahe Gebiete, zwischenständige für Erdteile und Großräume. Nach der Lage des Projektionszentrums werden Entwürfe nach der Zentralperspektive (Gnomonische Projektion) aus dem Mittelpunkt, stereographische Projektionen aus dem Gegenpol und orthographische Projektionen mit parallelen Projektionsstrahlen (für Mondkarten) unterschieden. Der stereographische Entwurf ist winkeltreu, die Gnomonische Projektion bildet die → Orthodrome, d. h. alle Großkreise, als Geraden ab. Für Atlaskarten sind flächentreue Azimutalentwürfe besonders wertvoll.

Während bei K.n für chorographische Karten der Abbildung stets eine Kugel zugrunde gelegt wird, werden für topographische Karten

die Netze nach den Maßen des Erdellipsoids berechnet. Meist sind sie mit einem rechtwinkligen Gitternetz ausgestattet (Gauß-Krüger-Koordinaten), und das Gradnetz wird meist nur auf dem Kartenrand angerissen.

Lit. Fiala: Mathematische Kartographie (dtsch Berlin 1957); Wagner: Kartographische Netzentwürfe (2. Aufl. Mannheim 1962); → Kartographie.

aufnahme). Koordinatenwerte von Meßpunkten, die auf Lochkarten, Lochstreifen oder auch Magnetbändern stehen, werden von einem ferngesteuerten Zeichenkopf nach einem vorgegebenen Maßstab auf einen Kartiertisch aufgetragen. Dieser ähnelt einem Koordinatographen. Bei manchen Geräten werden Grundrißelemente oder Höhenlinien geradlinig bzw. als Kurven gezeich-



Kartennetzentwürfe. *1* Zylinderentwurf: Mercatorentwurf (echter Zylinderentwurf). *2* Kegelentwurf: *a* Prinzip, *b* Bonnescher Entwurf (flächentreu, unechter Kegelentwurf). *3* Azimutalentwurf: orthographischer polständiger Azimutalentwurf

Kartenprojektionen, svw. → Kartennetzentwürfe.

Kartenrelief, eine Karte mit erhabenem → Relief. Sie wird durch nachträgliches Tiefziehen oder Prägen eines mit einem farbigen Kartenbild bedruckten Druckträgers (Papier oder Plastfolie) mechanisch hergestellt.

Kartenzeichen, die Gesamtheit aller objektgebundenen Darstellungsmittel des Inhaltes einer → Karte. Die K. umfassen neben den → Signaturen alle Flächenfüllungen und die sonstigen linearen Objekte. Der für eine Karte benutzte Zeichenschlüssel wird in der *Legende* erklärt.

Kartierautomat, ein meist elektronisch gesteuertes Gerät zum Kartieren (→ Kartennet oder graviert. Es können auch aus Karten und Plänen Koordinaten entnommen und als Lochstreifen oder Klartextzahlen aufgezeichnet werden. Ein K. ist z. B. der vom VEB Carl Zeiss Jena entwickelte Kartimat.

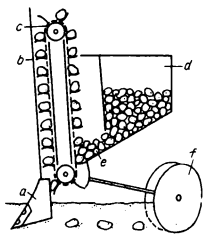
Kartieren, → Kartenaufnahme.

Kartoffelkombine, svw. → Kartoffelvollerntemaschine.

Kartoffellegemaschine, eine mehrreihig arbeitende Maschine, die in einem Arbeitsgang Furchen zieht, in diese Pflanzkartoffeln legt und mit Erde bedeckt. K.n sind fast ausschließlich als 2- bis 4reihige Traktoranhängegeräte oder Anbaugeräte ausgeführt.

Bei der **K. mit Handeinlage,** der einfachsten Maschine, werden die Kartoffeln von mitfahrenden

Kartoffel-vollerntemaschine



Kartoffellegemaschine mit selbsttätiger Entnahme durch Becherkette. *a* Furchenschar, *b* Legerohr, *c* Becherkette, *d* Vorratsbehälter, *e* Schöpfraum, *f* Zudeckscheiben

Bedienungspersonen (je Reihe eine) den Vorratskästen von Hand entnommen und nach einem akustischen, von einem Bodenrad hergeleiteten Zeichen in zeitlich gleicher Folge in Legerohre (je Reihe ein Rohr) eingelegt. Von dort fallen sie unmittelbar in die von den Furchenziehern gezogenen Pflanzfurchen und werden danach sofort von den Zustreichwerkzeugen mit Erde zugedeckt (zugestrichen).

Bei der **halbautomatischen K.** werden die Kartoffeln von Bedienungspersonen (ebenfalls je Reihe eine Person) in die Becher eines von einem Bodenrad angetriebenen Förderbandes oder Zellenrades eingelegt (je Becher eine Kartoffel). Durch die Bewegung des Förderbandes oder die Umdrehung des Zellenrades werden die Kartoffeln in den Bechern mitgenommen und am tiefsten Punkt über der Furche abgegeben.

Bei der **vollautomatischen K.** entfällt ein Einlegen von Hand; die Kartoffeln werden aus den Vorratsbehältern, die zur Verhinderung von Brükkenbildung mit einem Rüttelwerk versehen sind, mechanisch mittels becherartiger Schöpfgreifer entnommen, die an Ketten oder Rädern angeordnet sind. Die Ketten oder Räder treten von unten in den Schöpfraum ein; beim Aufwärtsgang des Förderelementes nimmt dann jeder Greifer eine Knolle mit. Im Abwärtsgang läuft jedes Förderelement durch ein Legerohr. Sind die Kartoffeln jeweils am unteren Umkehrpunkt der Förderelemente angelangt, werden sie in die Furche abgeworfen.

Zum Ausgleich von Fehlstellen besitzen vollautomatische K.n besondere Fehlstellenausgleicher. Dabei werden aus einem horizontal liegenden Reservezellenrad automatisch alle leeren Greifer belegt. Ein Taster ermittelt jeden leeren Greifer.

K.n mit Reihendüngungseinrichtung bringen zugleich mineralische oder organische granulierte Düngemittel in den Boden. Das Düngemittel wird dabei direkt in die Pflanzfurche oder aber so weit seitlich von dem Pflanzgut entfernt eingelegt, daß ein unmittelbarer Kontakt zwischen Knolle und Düngemittel nicht besteht.

Kartoffelvollerntemaschine, Kartoffelkombine, Sammelroder, eine ein- oder mehrreihig arbeitende, traktorgezogene, auch selbstfahrende Kartoffelerntemaschine, die die Kartoffeln ohne Handlese birgt, im Prinzip ein → Vorratsroder, zusätzlich ausgerüstet mit Vorrichtungen zur Ablage in Querschwaden, Behälter (Körbe, Kisten, Säcke), in einen Bunker oder auf einen neben der K. herfahrenden oder an diese angehängten Wagen. Dabei läßt sich theoretisch fast jedes Siebsystem des Vorratsroders (Siebrost, Siebkette, Siebtrommel) mit einem dieser Ablagesysteme kombinieren. Kartoffelkraut, Steine und Erdklumpen werden bei den K.n durch besondere Vorrichtungen, teilweise auch durch Handauslese entfernt.

Kartogramm, eine Form der kartographischen Darstellung, die graphische Veranschaulichung statistischer Werte auf einer Kartengrundlage. Es wird meist der vereinfachte Grundriß, seltener der Blaßdruck einer vollständigen Karte zugrunde gelegt. Man unterscheidet **Punktkartogramm** (jeder Punkt steht für einen Mengenwert), **Bandkartogramm** (gestufte Bänder für Güterströme), **Markierungskartogramm** oder **Flächenkartogramm** (Dichtestufen in Flächendarstellung) und **Kartodiagramm** oder **Diakartogramm** (geometrische Figuren und Diagramme über die Fläche verteilt).

Kartographie, die Wissenschaft und Technik der Herstellung und Benutzung von → Karten. Wichtige Teilgebiete der K. sind die theoretische K., die Kartenredaktion, die sich mit Entwurf und Gestaltung der Karten befaßt, die Kartentechnik, die die kartographische Originalherstellung und die Kartenreproduktion umfaßt, die → Kartometrie, die Kartennetzentwurfslehre (→ Kartennetzentwürfe), die Geschichte der K. und die Kartenkunde, die sich mit den Eigenschaften der Karte, den Kartenelementen und ihrer Darstellung, den Kartendarstellungsmethoden, der Kartenklassifizierung und Kartenbenutzung befaßt.

Lit. Arnberger: Handb. der thematischen K. (Wien 1966); Bosse: Kartentechnik, 2 Tle (3. Aufl. Lahr 1954/55); Eckert: Die Kartenwissenschaft (2 Bde Berlin u. Leipzig 1921 u. 1925); Imhof: Gelände und Karte (Zürich 1965), Kartographische Geländedarstellung (Berlin 1965); Preobrashenski: Ökonomische K. (dtsch Gotha 1965); Salistschew: Kartenkunde (dtsch Gotha 1966). Ztschr.: Vermessungstechnik (Berlin). → Kartennetzentwürfe.

kartographische Darstellung, zusammenfassende Bezeichnung für alle ebenen graphischen Darstellungen von Teilen der Erdoberfläche. Zu den k.n D.en gehören außer den → Karten die → Kartogramme und alle raumbildlichen Darstellungen (→ Blockbilder, → Vogelschaubilder, Anaglyphenkarten und Geländeskizzen) sowie Pläne. Eine Sonderstellung nehmen die k.n D.en anderer Himmelskörper (Mondkarten) und des scheinbaren Himmelsgewölbes (Sternkarten) ein. Das → Relief (Geländemodell), das → Kartenrelief und der → Globus werden als **kartographische Modelle** bezeichnet. Zu den k.n D.en gehören ferner die kartographisch überarbeiteten Luftbildkarten, nicht dagegen die → Luftbilder.

Kartometer, ein → Kurvenmesser.

Kartometrie, das Messen auf → Karten. Größe und Ausdehnung vieler Objekte der Erdoberfläche (Flüsse, Seen, Inseln, Staaten usw.) können nicht unmittelbar in der Natur, sondern nur auf Karten bestimmt werden. Streckenmessungen werden mit dem → Kurvenmesser oder dem Stechzirkel vorgenommen, Flächenmessungen mit dem → Planimeter, einem aufgelegten Quadratnetz oder bei geradlinig begrenzten Flurstücken durch Berechnung nach Koordinaten. Die Meßergebnisse werden durch → Generalisierung und auf kleinmaßstäblichen Karten durch Verzerrungen der Kartennetze verfälscht.

Karton, dickes, steifes Papier, etwa 150 bis 500 g m^{-2} schwer. **Naturkarton** wird auf der Langsiebpapiermaschine aus durchgehend gleichem Stoff hergestellt. **Geklebter K.,** z. B. Kunstdruck-, Bristol- und Spielkartenkarton, besteht aus 2 oder mehr maschinell zusammengeklebten Papierbahnen. **Mehrlagiger K.** wird auf Rundsiebmaschinen (→ Papier) hergestellt, wobei man für die inneren Schichten oft billige Rohstoffe, wie Altpapier, groben Holzschliff und Abfallzellstoff, verwendet, während eine oder beide Deckschichten aus besseren Rohstoffen hergestellt werden. Um eine besonders schöne glatte Deckschicht zu erzielen, werden dafür oft statt eines Rundsiebzylinders ein Langsieb und ferner ein Einseitigglatt-Zylinder eingebaut. So hergestellte K.s, z. B. der **Chromoersatzkarton** (mit einer holzfreien Deckschicht), werden vor allem für Verpackungen verwendet. **Chromokarton** besteht dagegen völlig aus guten Rohstoffen.

Kartusche, eine Metallhülse mit Treibladung (Pulverladung) zum Verschießen von Artilleriegranaten. Granate und K. sind je ein Teil für sich. Die Ladung der K.n ist unterschiedlich. Die Grundladung bei Haubitzen besteht z. B. aus dem Grundpaket, vier unteren gleich schweren und vier oberen gleich schweren Pulverbeuteln; darüber befinden sich ein Dämpfer in Form von Bleidraht, eine Salzvorlage (zur Verminderung des Mündungsfeuerscheins) und der vordere und hintere Kartuschdeckel. Durch Verringern oder Verstärken der Ladung (weniger oder mehr Pulverbeutel) kann die Schußentfernung verändert werden außerdem wird die Anfangsgeschwindig-

keit der Granate verringert oder vergrößert und demzufolge die Flugbahn beeinflußt. K.n, die lediglich mit Pulverladung versehen sind, werden unter anderem beim Salutschießen verwendet.

Kaschieren, 1) graphische Technik: **Laminieren,** das Beziehen der Einbandpappen mit Papier, auch das Aufziehen eines Plakates auf Pappe.

2) Plastverarbeitung: das Verbinden a) von thermoplastischen Folien miteinander, b) von Folien oder mit Thermoplasten beschichteten Unterlagen (→ Beschichten) mit anderen Werkstoffen (Papier, Karton, Holz, Gewebe) zu deren Oberflächenvergütung. Es geschieht durch Wärme und Druck auf einem Kaschierkalander, gegebenenfalls unter Anwendung von Kleb- oder Haftschichten.

Kaschverfahren, eine Gruppe von → Breitwandverfahren.

Kasein, ein Phosphoproteid. K. ist als lösliches Kalziumsalz in der Kuhmilch enthalten und bildet mit 78 % den Hauptbestandteil des Milcheiweißes. Es ist keine einheitliche Substanz und kann in zahlreiche Bestandteile zerlegt werden. Die Hauptfraktionen sind α-, β-, γ- und $\varkappa$-Kasein. Als vollwertiger Eiweißstoff enthält K. alle essentiellen Aminosäuren. Man gewinnt K. vor allem durch Fällung aus der Milch mit Hilfe des Labfermentes. K. wird hauptsächlich in der Nahrungs- und Futtermittelindustrie verwendet. Die größten Mengen K. werden zu Käse verarbeitet. Beim Härten mit Formaldehyd erhält man aus K. wasserunlösliches Kunsthorn. Lösungen des K.s in schwachen Alkalien sind das Bindemittel der **Kaseinfarben,** die — nach Zusatz von Kalkmilch u. a. — ein für Außenanstriche geeignetes Anstrichmittel ergeben. Für die Faserherstellung haben sich gehärtete Kaseineiweißstoffe nicht durchsetzen können.

Kaskadengenerator, ein Hochspannungsgenerator, in dem eine hohe Gleichspannung (maximal 3 Megavolt) mittels einer 1921 von dem Schweizer Heinrich Greinacher angegebenen Vervielfachungsschaltung aus einer Wechselspannung U_0 erzeugt wird. Die Ausgangsspannung U_0 (etwa 100 Kilovolt) wird der Sekundärspule eines Transformators entnommen. Die Vervielfachungsschaltung besteht aus Systemen von je zwei Kondensatoren und je zwei Gleichrichtern (Ventilröhren, Selengleichrichter), wodurch jeweils die Spannung um $2\,U_0$ erhöht wird. Die Gesamtspannung beträgt somit (im Leerlauf) $2n\,U_0$. Bei Belastung sinkt die Spannung etwas ab, und es tritt eine gewisse Welligkeit auf. Der K. findet Anwendung als Teilchenbeschleuniger. Die englischen Physiker Cockcroft und Walton erzeugten damit 1932 die erste Kernumwandlung (→ Kernreaktionen) durch künstlich beschleunigte Teilchen. (Abb.)

Kaskadenschaltung, 1) eine Zusammenschaltung einer Drehstrom-Asynchronmaschine mit Schleifringläufer (Vordermaschine) mit einer Drehstrom-Kommutatormaschine (→ Hintermaschine) zum Zwecke der Drehzahlstellung und der Verbesserung des Leistungsfaktors. 2) eine Reihenschaltung von Transformatoren zur Gewinnung sehr hoher Wechselspannungen für Prüfzwecke.

Kaspi, → Fischereifahrzeuge.

Kassette, → Bühnentechnik.

Kassiterit, Zinnstein, ein Mineral, wichtigstes Zinnerz, SnO_2; tetragonal, Zwillinge häufig als *Visiergraupen* bezeichnet, eisenschwarz, braunschwarz, gelblichbraun, Härte nach Mohs 6 bis 7, D. 6,8 bis 7,1 g cm^{-3}. K. kommt vor als **Bergzinn** in Pegmatiten, pneumatolytischen Gängen und Imprägnationen, z. B. im Erzgebirge; als **Holzzinn,** traubig, nierig, gebändert auf hydrothermalen Bildungen; als **Seifenzinn** in Sand- und Geröllablagerungen fließender Gewässer.

Kastenbandförderer, ein → Gliederbandförderer.

Katadyn-Verfahren, → Oligodynamie.

Kataeinheit, die Wärme in Millikalorien, die von 1 cm^2 Oberfläche bei Abkühlung von 38 °C auf 35 °C in 1 s abgegeben wird. Behagliche Räume weisen 4 bis 6 K.en auf.

Katakaustik, die Kurve, die sich als Querschnitt der Brennfläche eines halbkugelförmigen Hohlspiegels ergibt, auf den auch achsenferne Strahlen (achsenparallel) einfallen. Die K. wird sichtbar, wenn ein auf heller Unterlage liegender Fingerring schräg von der Sonne oder einer Glühlampe beleuchtet wird.

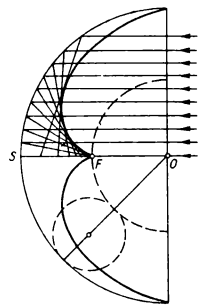
Kataklase, → Metamorphose.

Katalasen, zu den Oxydoreduktasen gehörende Häminfermente, die das Zellgift Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff spalten. Sie sind im tierischen und pflanzlichen Organismus weit verbreitet.

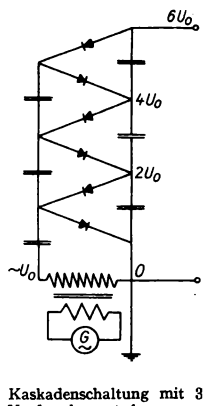
Katalysator, → Katalyse.

Katalyse, die Erscheinung, daß eine Reaktion durch einen in der Reaktionsgleichung nicht enthaltenen Stoff eine Geschwindigkeitsänderung erfährt. Man bezeichnet den Stoff, der fest, flüssig (gelöst) oder gasförmig sein kann, als **Katalysator** oder — bei heterogenen K.n (s. u.) — als **Kontakt;** dieser erleidet im Verlauf des chemischen Vorgangs selbst keine bleibenden Veränderungen. Nach Wi. Ostwald ist ein Katalysator *ein Stoff, der, ohne im Endprodukt der Reaktion zu erscheinen, ihre Geschwindigkeit verändert.* Jede Reaktion verläuft mit einer bestimmten Geschwindigkeit bis zur Einstellung eines Gleichgewichtes. Der Katalysator ändert nur die Reaktionsgeschwindigkeit, nicht aber die Gleichgewichtslage einer chemischen Reaktion. Er vermag auch nicht Reaktionen in Gang zu bringen, die thermodynamisch nicht möglich sind.

Die K. ist von großer Bedeutung in der chemischen Industrie. Der überwiegende Teil der großtechnischen chemischen Reaktionen sind katalytische Reaktionen. Besonders wichtig ist die K. für die Lebenstätigkeit der Organismen. Man bezeichnet die hier wirksamen organischen Katalysatoren als Fermente oder Enzyme. Wirkt ein dem Reaktionsgemisch zugesetzter Stoff verzögernd, so spricht man von **negativer K., Antikatalyse** oder **Inhibition.** Ein Beispiel hierfür ist die Wirkung des Bleitetraäthyls als Antiklopfmittel in Ottomotoren. Bildet sich der Katalysator erst während des Prozesses, so handelt es sich um **Autokatalyse;** z. B. wird die Titration von Oxalsäure mit Kaliumpermanganat durch die entstehenden Mangan(II)-ionen katalytisch beschleunigt. Befinden sich Katalysator und umzusetzender Stoff im gleichen Aggregatzustand, so spricht man von **homogener K.,** ist der Aggregatzustand verschieden, von **heterogener K.** Die Einteilung kann allerdings nicht streng vorgenommen werden, da z. B. bei den Fermenten je nach Teilchengröße eine Zuordnung zur homogenen bzw. zur heterogenen K. möglich ist. Eine homogene K. in der Gasphase ist z. B. die Oxydation von Schwefeldioxid SO_2 mit Sauerstoff O_2 durch Stickoxide (Schwefelsäure-Bleikammer-Verfahren), eine homogene K. in flüssiger Phase ist die Säure-Base-Katalyse organischer Reaktionen, z. B. Veresterungen und Verseifungen. Technisch von Bedeutung ist vor allem die heterogene K. (auch **Kontakt-** oder **Oberflächenkatalyse** genannt). Hier bestehen größere Auswahlmöglichkeiten in bezug auf Anordnung, Verteilung und Oberflächengestaltung (Elektronenstruktur, Korngröße, Porenweite) des Katalysators. Heterogene K.n sind z. B. das Schwefelsäure-Kontakt-Verfahren, bei dem die Oxydation des SO_2 durch Vanadinpentoxid katalysiert wird, und die Methanolsynthese, bei der Kohlenmonoxid CO



Katakaustik. *S* Scheitel des Hohlspiegels, *F* Brennpunkt, *O* Mittelpunkt



Kaskadenschaltung mit 3 Verdopplungsstufen

und Wasserstoff H_2 mittels eines Chromoxid-Zinkoxid-Kontaktes umgesetzt werden.

Als Katalysatoren dienen zahlreiche Elemente und ihre Verbindungen aus allen Gruppen des Periodensystems. Vielfach besteht jedoch ein Zusammenhang zwischen Selektivität und Struktur eines Katalysators; so sind z. B. die Elemente der Eisengruppe ausgesprochene Hydrierkatalysatoren. Da die katalysierte Reaktion an der Oberfläche des Katalysators stattfindet, ist man bestrebt, eine möglichst feine Verteilung des Katalysators zu erreichen. Das geschieht meist durch Einsatz von **Mischkatalysatoren**, bei denen der eigentliche Katalysator auf einem geeigneten Träger (z. B. Asbest, Aluminium(III)-oxid Al_2O_3) angeordnet wird. Dadurch werden oberflächenverkleinernde Vorgänge, z. B. Rekristallisation oder Sinterung, zurückgedrängt, außerdem wird wertvolles Katalysatormaterial eingespart. Eine Verstärkung der Wirksamkeit von Trägerkatalysatoren kann durch Zugabe geringer Mengen fremder Stoffe (**synergetische Verstärker, Aktivatoren** oder **Promotoren**) erreicht werden. Die Wirkung solcher Mischkatalysatoren wurde erstmalig von A. Mittasch (1889–1953) bei der Ammoniaksynthese studiert (Eisen als katalytisch wirksame Substanz, Aluminiumoxid als Träger und Kaliumoxid als Verstärker).

Die Wirksamkeit eines Katalysators verringert sich mit zunehmender Betriebsdauer durch mechanische, thermische oder chemische Einflüsse. Chemische „Vergiftungen", d. h. eine vollständige oder partielle Blockierung der aktiven Oberfläche durch bevorzugte Adsorption, bewirken vor allem Verbindungen von Elementen der V. und VI. Hauptgruppe, bei Hydrierungen z. B. Schwefel-, Selen-, Tellur-, Phosphor-, Arsen- und Antimonverbindungen. Die Entfernung dieser *Katalysatorgifte* ist vielfach unumgänglich und sehr kostenaufwendig.

Lit. Bogoslowski u. Kasakowa: Skelettkatalysatoren in der organischen Chemie (dtsch Berlin 1960); Dolgow: Die K. in der organischen Chemie (dtsch Berlin 1966); Langenbeck: Die organischen Katalysatoren und ihre Beziehung zu den Fermenten (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1949), Neue Versuche mit Mischsalzkontakten (Berlin 1958); Mittasch: Kurze Geschichte der K. in Praxis und Theorie (Berlin 1939), Lebensprobleme und K. (1947); Pantschenkow u. Lebedew: Chemische Kinetik und K. (dtsch Berlin 1964); Roginski: Adsorption und K. an inhomogenen Oberflächen (Berlin 1958); Schwab: Handb. der K. (Bd I bis VII 1940–1943, Bd V 1957, Wien); Wolkenstein: Elektronentheorie der K. an Halbleitern (dtsch Leipzig 1964).

Kataphorese, → Elektrophorese.

Katapult, Flugzeugschleuder, Startschleuder, eine Startvorrichtung für Flugzeuge. Das Flugzeug ruht auf einem Schlitten, der, auf einer Schiene gleitend, mittels Druckluft oder hydraulisch bis zur Abhebegeschwindigkeit des Flugzeuges beschleunigt wird. Auch Raketenschlitten werden verwendet. K.e sind vor allem auf manchen Schiffen, besonders auf Flugzeugträgern, vorhanden und dienen dort vor allem zum Start von Strahlflugzeugen.

Katapultsitz, svw. → Schleudersitz.

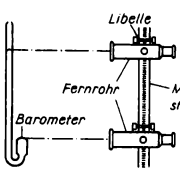
Katavothre, eine → Karsterscheinung.

Katazone, → Metamorphose.

Katenoid *n*, **Kettenfläche,** eine Rotationsfläche, die dadurch entsteht, daß eine → Kettenlinie um eine zur Tangente im Scheitelpunkt der Kettenlinie parallele Gerade rotiert.

Katheten, im rechtwinkligen Dreieck Bezeichnung für die dem rechten Winkel anliegenden Seiten.

Kathetometer, Gerät zum genauen Messen des Höhenunterschiedes zweier Punkte. Das K. besteht aus einem waagerecht gestellten Visierfernrohr, das an einer senkrechten, mit einem Maßstab versehenen Säule verschoben werden kann.



Kathetometer: Messen des Höhenunterschieds der beiden Quecksilberkuppen eines Barometers. I und II die beiden Einstellungen des Fernrohrs

Kation, positiv geladenes Ion, → Ionen.

Katode, die mit dem Minuspol der Stromquelle verbundene → Elektrode.

Katodenfallableiter, eine Vorrichtung zum Schutz gegen Überspannung. Der K. besteht aus drei in ein Porzellangehäuse eingebauten Hauptelementen: der Kugelfunkenstrecke zur Vergrößerung des Kriechweges, der Löschfunkenstrecke zur Unterbrechung des Stromes nach Ableitung der Überspannung und der Ableitersäule (spannungsabhängiger Widerstand, der durch überproportionales Strom-Spannungs-Verhalten rasche Verminderung der Überspannung bewirkt). Der Hochspannungsanschluß erfolgt an der Kappe und die Erdung am Fuß. Bei hochspannungsseitiger Überspannung wird durch elektrischen Durchschlag der Funkenstrecken die Verbindung zur Erde hergestellt.

Katodenstrahlröhre, svw. → Elektronenstrahlröhre.

Katodenstrahlung, Elektronenstrahlung, eine aus Elektronen bestehende Korpuskularstrahlung, die in Gasentladungs- oder Glühkatodenröhren von der Katode erzeugt wird. Die K. geht geradlinig von der Katode aus und ist auf Grund ihrer negativen Teilchen durch elektrische und magnetische Felder ablenkbar. Die K. kann durch entsprechend gerichtete elektrische Felder auf hohe kinetische Energie beschleunigt werden. Ihre Geschwindigkeit wächst mit der Spannung; sie beträgt bei $3 \cdot 10^4$ V etwa 33 %, bei 10^6 V über 95 % der Lichtgeschwindigkeit. Die K. wird z. B. in Elektronenröhren, in Röntgenröhren und im Elektronenmikroskop verwendet. Sie schwärzt photographische Platten, bewirkt bei verschiedenen Kristallen und Glas Fluoreszenz und ergibt beim Abbremsen → Röntgenstrahlung sowie Wärmeentwicklung (Anwendung zum Schmelzen von Reinststoffen im Vakuum). Beim Durchstrahlen von dünnen Metallschichten und Gasen erfährt die K. an den Atomen oder Molekülen auf Grund des Dualismus von Welle und Korpuskel eine Beugung. Die mit Hilfe der **Elektronenbeugung** erhaltenen Aufnahmen dienen zur Erforschung von Kristallstrukturen sowie von Größe und Form der Moleküle.

Katodenverstärker, ein Elektronenröhrenverstärker mit hohem Eingangswiderstand. Die Ausgangsspannung wird an einem Widerstand im Katodenkreis abgegriffen, die Eingangsspannung liegt zwischen Gitter und Masse. Die Anode wird wechselstrommäßig auf Massepotential gelegt.

Katodenzerstäubung, die Zerstäubung einer metallischen Katode bei Glimmentladungen. Die K. erfolgt durch den Aufprall positiver Ionen. Auf einer Glas- oder Steinsalzplatte, die in den metallischen Sprühregen gebracht wird, schlägt sich das Metall als feiner Spiegel nieder. Auf diese Weise erzeugt man sehr dünne Metallschichten. Die K. durch Funken oder Lichtbogen unter Flüssigkeiten verwendet man zur Herstellung kolloidaler Lösungen des betreffenden Elektrodenmaterials.

katodischer Schutz, ein Verfahren des Korrosionsschutzes von Metallen. Dabei wird der beim Korrosionsvorgang fließende elektrische Strom durch einen gleichgroßen, aber entgegengesetzt gerichteten Strom kompensiert. Der elektrische Strom wird durch das Korrosionselement erzeugt, wobei als Anode das korrodierende Metall dient, als Elektrolyt das Korrosionsmittel und als Katode der in leitender Verbindung mit der Anode stehende elektrochemisch edlere Stoff. Der katodische Schutz erfolgt 1) mit selbstverzehrender Schutzanode aus Zink oder Magnesium, die sich auflöst und dabei den erforderlichen Schutzstrom liefert; 2) mit unzerstörbarer Schutzanode aus Graphit, aber auch aus Gußeisen, Titan mit Platinüberzug oder anderen Metallen, die mit Fremdstrom (Gleichstrom) gespeist wird. Das

Verfahren wird angewendet zum Schutz erdverlegter Rohrleitungen, bei Schiffen mit Schiffsschrauben aus Bronze zum Schutz des stählernen Hecks, mitunter der ganzen Unterwasserhaut, ferner zum Schutz von Bojen und Kabeln und zum Innenschutz von Vorrats- und Transporttanks.

Katolyt, → Elektrolyse.

Katralgläser, → Sehhilfe.

Katzenauge, eine Varietät des → Quarzes.

Katzengold, ein → Glimmer.

Kaurit-Leim, → Plaste, Übers.

Kausalität, Kausalitätsgesetz, Kausalitätsprinzip, der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung in der Form, daß einer Erscheinung eine andere, sie hervorbringende zeitlich vorangeht. Das zeitliche Nacheinander ist eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für kausale Abhängigkeit. (Der Tag ist z. B. nicht die Ursache für die Nacht). Der Begriff der K. berücksichtigt nicht, ob ein Zusammenhang notwendig oder zufällig ist und die bewirkte auf die verursachende Erscheinung zurückwirkt. K. ist damit ein Sonderfall, ein einzelnes Moment der allgemeinen Wechselwirkung. Die durchgängige kausale (ursächliche) Determiniertheit aller Dinge wird im **Kausalitätsgesetz** zum Ausdruck gebracht. Das **Kausalitätsprinzip** fordert, zum Zwecke der Analyse die Dinge zeitweilig als isolierte zu betrachten. Dieses Verfahren ist wissenschaftlich legitim, sofern der kausale nicht zum einzig möglichen Typus des Zusammenhangs verabsolutiert wird.

Kausche, → Seilkausche.

Kaustifizieren, die Überführung der „milden" Alkalien Kaliumkarbonat (Pottasche) und Natriumkarbonat (Soda) in die „starken, ätzenden" Alkalien Ätzkali (Kaliumhydroxid) bzw. Ätznatron (Natriumhydroxid) mittels gebrannten Kalks (Kalziumoxid). Technisch wird das K. heute nur noch selten vorgenommen.

Kauterisation, ein in der Medizin angewandtes Brennen von Geweben durch Hitze oder Ätzung. Man unterscheidet Elektrokaustik (→ Elektrochirurgie), → Galvanokaustik und Glühkaustik (Brennen mittels Glüheisens u. a.).

Kautschuk, 1) **Naturkautschuk,** ein hochmolekularer Kohlenwasserstoff der Summenformel $(C_5H_8)_n$, der aus dem Latex (Milchsaft) einiger tropischer und nichttropischer Gewächse gewonnen wird. Die wichtigste kautschukliefernde Pflanze ist der bis zu 30 m hohe Kautschukbaum (Hevea brasiliensis), der in mehr als 20 verschiedenen Arten im Urwaldgebiet Brasiliens beheimatet ist und zur Familie der Wolfsmilchgewächse (Euphorbiazeen) gehört.

Die Zusammensetzung des Naturkautschuks ist nicht ganz einheitlich. Er ist ein Polymerisationsprodukt des Isoprens $CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$ und baut sich aus 4000 bis 10000 solcher Einzelmoleküle auf. Bei der Polymerisation wird jeweils eine Doppelbindung aufgespalten, während die andere erhalten bleibt und die Grundlage für eine Vulkanisation bildet. Die Isoprenmoleküle sind im Prinzip in kettenförmigen Knäueln miteinander verbunden. Durch Dehnen werden diese kettenförmigen Moleküle gestreckt und dadurch parallel ausgerichtet. Diese Verformung ist beim Rohkautschuk nur zum Teil reversibel (plastische Verformung). Durch die Vulkanisation, die einen Einbau von Schwefel in die noch vorhandenen Doppelbindungen unter Bildung von Schwefelbrücken zwischen den Ketten darstellt, wird diese Situation teilweise verändert. Die Verformung erfordert mehr Kraft, ist (wenn auch noch in weiten Bereichen) begrenzt und noch nach Aufhören der Krafteinwirkung reversibel (elastische Verformung). Vulkanisierter K. hat veränderte chemische und physikalische Eigenschaften, er besitzt eine größere Festigkeit, Strukturfestigkeit, gute Elastizität und Unlöslichkeit. Durch noch vorhandene restliche Doppelbindungen ist er empfindlich gegen Oxydation, die Doppelbindungen ermöglichen aber anderseits die Herstellung verschiedener wertvoller Abwandlungsprodukte.

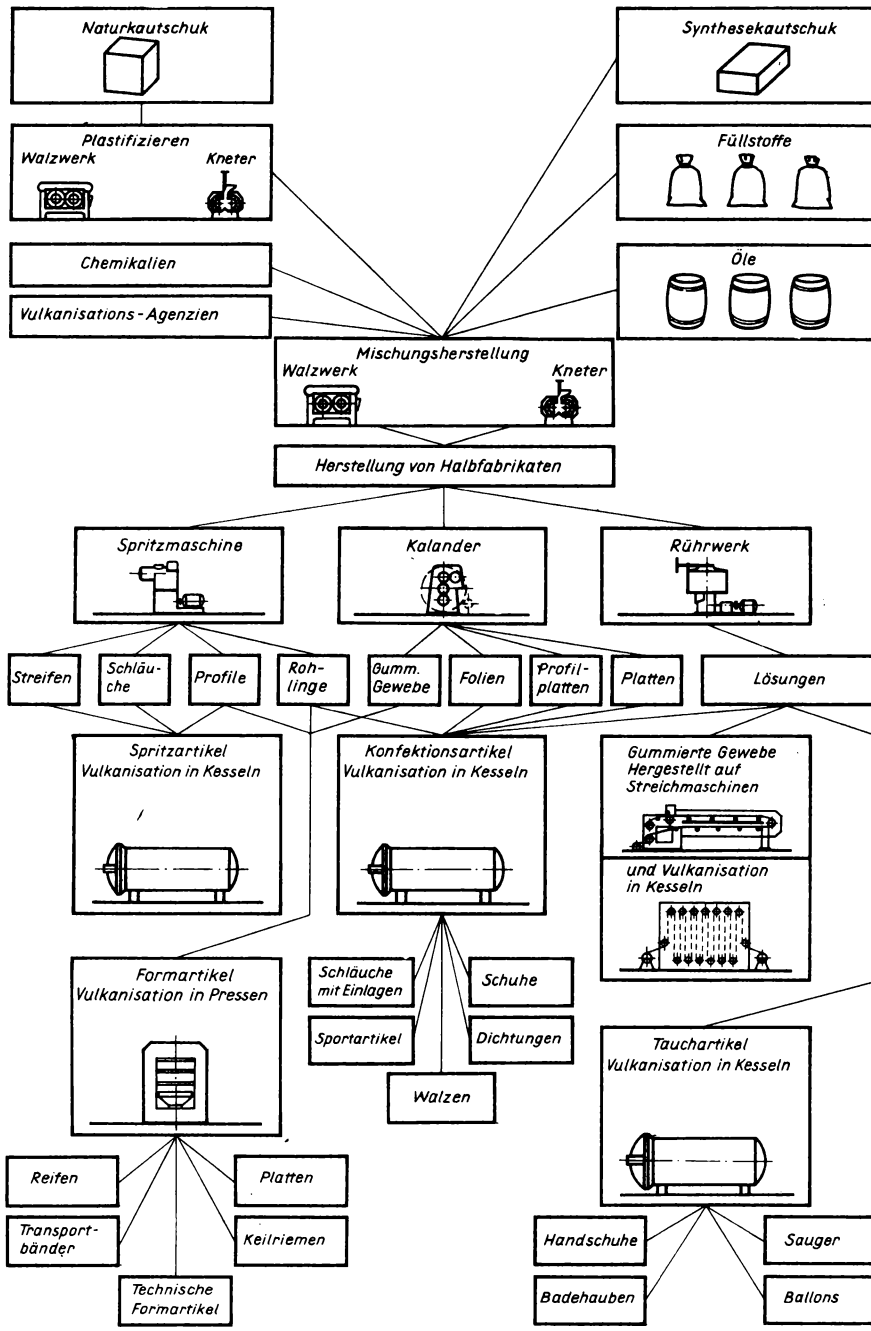
Zur Gewinnung werden in die Rinde des Stammes Schnitte angebracht, aus denen milchähnlicher, leicht gerinnender *Latex* fließt und aufgefangen wird. Er enthält im Durchschnitt 60 bis 75 % Wasser, 25 bis 35 % Kautschuk-Trockensubstanz, 1,5 bis 2 % Eiweiß, 1,5 bis 2 % Harze, 0,5 bis 1 % Asche. Ein kleiner Teil des gewonnenen Latex dient z. B. zur Herstellung von nahtlosen Tauchartikeln unter Zusatz von Schwefel und Kautschukhilfsmitteln, von Schaumgummi gemeinsam mit Seifen oder synthetischen Schaummitteln sowie Vulkanisationsmitteln und Wärmesensibilisatoren, gegebenenfalls unter Zusatz von Wasserstoffperoxid, zur Erzeugung von Hartgummi und korrosionsschützenden Überzügen, zum Beschichten von Papieren und Textilien und zum Belegen von Gewebebahnen. Aus der Hauptmenge des Latex wird der **Rohkautschuk** gewonnen. Bei der Aufbereitung durch Koagulation erhält man je nach der Verfahrensweise *Crepekautschuk* (*first latex crepe*) oder *smoked sheets*. *Sprühkautschuk* (*sprayed rubber*) erhält man durch Versprühen des Latex im Heißluftstrom.

Vulkanisation. Crepekautschuk und smoked sheets werden zum größten Teil mit Schwefel vulkanisiert. Bei der *Heißvulkanisation* vermischt man den Rohkautschuk mit fein verteiltem Schwefel und einigen anderen Stoffen, den Kautschukhilfsmitteln (s. u.), und erhitzt auf 100 bis 180 °C, damit der eigentliche Vulkanisationsprozeß vonstatten gehen kann. Er erfolgt entweder direkt bei der Formgebung der Vormischung, z. B. in beheizten Formen unter Druck, oder durch nachträgliches Erhitzen von Fertigfabrikaten in Dampf oder Heißluft. Die Vulkanisationszeit kann einige Minuten bis mehrere Stunden betragen. Es entsteht je nach Schwefelgehalt **Weichgummi** mit 5 bis 10 % Schwefel (bezogen auf Kautschukkohlenwasserstoff) oder **Hartgummi** mit 30 bis 50 % Schwefel. Hartgummi besitzt neben einer hervorragenden elektrischen Isolierfähigkeit eine ausgezeichnete chemische Beständigkeit gegenüber konzentrierten und verdünnten Säuren und Laugen; Lösungsmittel sind Benzin, Benzol, pflanzliche und tierische Öle. Hartgummi wird hauptsächlich in der Elektroindustrie als Isoliermaterial verwendet und in der chemischen Industrie als Korrosionsschutz, z. B. zum Auskleiden von Behältern. Bei der *Kaltvulkanisation* von K. wird an Stelle von Schwefel Dischwefeldichlorid verwendet. Die Alterungsbeständigkeit von kaltvulkanisiertem K. ist geringer als bei heißvulkanisierten Produkten.

Verarbeitung. Vor der Herstellung der vulkanisierbaren Kautschukmischung wird der in Kautschukspaltern zerkleinerte Rohkautschuk plastifiziert. Dieser Vorgang, die *Mastikation des K.s*, bei dem die Molekülkette zerkleinert wird, ist notwendig, um den K. für die verschiedenartigsten Mischungszusätze aufnahmefähig zu machen. Er wird dadurch gleichzeitig bildsam und formbar. Als **Kautschukhilfsmittel** werden der Vormischung zugesetzt Vulkanisationsbeschleuniger und Vulkanisationsverzögerer; verstärkende Füllstoffe, z. B. Ruß; Pigmente, z. B. Chrom-, Titan- und Eisenoxid; Weichmacher, z. B. Öle, Harze, Fettsäuren; Alterungs- und Ermüdungsschutzmittel, z. B. Phenole und Amine; Lichtschutzmittel oder spezielle Effekte bewirkende Substanzen. Aus diesen Vormischungen stellt man die *Halbfabrikate* her, und zwar auf drei bis fünf Walzenkalan-

dern Platten, Folien, gummierte Gewebe und Profilplatten, auf Spritzmaschinen Schläuche, Schnüre und Profile und in Rührwerken Lösungen. Vor der Vulkanisation werden die Gummiartikel in den meisten Fällen weitgehend (z. B. Reifen) oder vollkommen (z. B. Schuhe oder Schläuche) vorgeformt und aufgebaut. In anderen Fällen werden die Erzeugnisse der Spritzmaschinen direkt vulkanisiert (z. B. Laborschläuche, Profile, Fensterdichtungen) oder bei Formartikeln in geheizten, hydraulischen Pressen geformt und dabei gleichzeitig vulkanisiert. Mit Lösungen werden Gewebe imprägniert (gummiert), z. B. Regenmantelstoffe, Arbeitsschutzstoffe, Bootsstoffe und gummierte Gewebe für verschiedene Zwecke.

Regenerierter K. Unbrauchbar gewordene Gummiwaren liefern durch Regeneration wieder



Kautschuk: Fabrikationsschema

wertvolle Rohstoffe, die den Rohkautschuk z. T. ersetzen können. Der Altgummi wird in Mahlwalzwerken zerkleinert und dann je nach Verfahren in Kesseln mit Dampf, Heißluft oder Natronlauge behandelt; meistens setzt man noch Regenerieröle, z. B. Mineralöle und stark ungesättigte Öle, und gegebenenfalls auch synthetische Regenerierhilfsmittel, z. B. substituierte Thiophenole und Disulfide, zu. Regenerierter K. kann dem Frischkautschuk zu 10 bis 30 % zugesetzt werden.

Von den zahlreichen Umwandlungsprodukten des Rohkautschuks haben nur drei technische Bedeutung: **Chlorkautschuk** wird wegen seiner Härte, Unentflammbarkeit und Beständigkeit gegen Korrosion vor allem für alkali-, säure- und wetterfeste Anstrichstoffe eingesetzt. **Kautschukhydrochlorid** ist geeignet zur Herstellung mechanisch fester, chemikalienbeständiger, wasserdampfundurchlässiger Folien für Verpackungszwecke, ferner von Imprägnierungs- und Klebmitteln. **Zyklokautschuk** dient vor allem als Lackrohstoff.

2) **Synthesekautschuk, Kunstkautschuk, künstlicher K.**, zusammenfassende Bezeichnung für synthetische Erzeugnisse, die entweder im chemischen Aufbau dem Naturkautschuk ähnlich sind oder ihm in ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften weitgehend entsprechen. Sie werden entweder im Gemisch mit Naturkautschuk oder allein verwandt, so daß es eine Reihe von Erzeugnissen mit sehr verschiedenen Eigenschaften gibt, die der Naturkautschuk z. T. nicht aufweist.

Ausgangsprodukt des **Polybutadienkautschuks** ist das → Butadien. Die eigentliche Kautschuksynthese bestand anfangs in der *Blockpolymerisation* von Butadien mit Natrium als Katalysator; daher stammt auch das Wz. → **Buna** (Butadien-Natrium). Seit 1936 wendet man die *Emulsionspolymerisation* an, bei der das Butadien und die zur Polymerisation erforderlichen Substanzen, z. B. Katalysatoren, Stabilisatoren und Regler, durch bestimmte Seifen, vor allem Harzseifen, in Wasser emulgiert werden. Als Katalysatoren dienen Radikalbildner, z. B. Benzoylperoxid, Kaliumpersulfat. Man polymerisiert bei einem Druck von etwa 6 at, einer Temperatur von etwa 45 bis 50 °C und erhält den Synthesekautschuk in Latexform. Die Aufarbeitung des Latex erfolgt nach Zusatz von Essigsäure und Magnesiumchlorid als Fällungsmittel auf Trockenanlagen, die kontinuierlich arbeiten. Heute wendet man fast ausschließlich die *Mischpolymerisation* von Butadien mit anderen ungesättigten Komponenten, z. B. Styrol und Akrylnitril, an. An der Spitze stehen die **Butadien-Styrol-Polymerisate**, die als Buna-S-Typen bezeichnet werden. In Gegenwart eines stark katalytisch wirkenden Redox-Systems ist es möglich, bei Temperaturen zwischen +5 und −10 °C zu polymerisieren. Dieser *Tieftemperaturkautschuk* (*cold rubber*) weist bessere Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften auf und wird vor allem von der Reifenindustrie für Reifenlaufflächen eingesetzt. Die **Butadien-Akrylnitril-Polymerisate** zeigen ebenfalls gute Verarbeitungseigenschaften und auch mechanische Widerstandsfähigkeit; man verwendet sie hauptsächlich für Treibstoffschläuche, Manschetten und Dichtungen. Durch Chlorierung des Polybutadiens in Lösungsmitteln erhält man *Chlorbuna*, ein Produkt, das ähnlich wie Chlorkautschuk verwendet wird.

Weitere synthetische kautschukelastische Produkte sind Polychlorbutadien, Polyisopren, Butylkautschuk, Thioplaste, Silikonkautschuk, kautschukähnliche Polyurethane und chlorsulfoniertes Polyäthylen (→ Elaste, Übers.).

3) **Modifizierter K.**, ein durch die nachträgliche Verbindung von reaktionsfähigen Gruppen mit den aktivierten Doppelbindungen des K.s entstandenes Produkt, das andere Eigenschaften aufweist als der ursprüngliche K. Als solche reaktionsfähigen Verbindungen wurden bisher Äthenverbindungen, Vinylverbindungen, Akrylnitril, Maleinsäureverbindungen, chlorierte Substitutionsderivate, Thioglykolsäure, Methylmethakrylat, Sulfurylchlorid u. a. eingesetzt. Die Reaktion kann im Latex, in Lösung oder auch in festem Zustand vorgenommen werden. Verändert und verbessert wurden bisher dadurch unter anderem das Verhalten gegen Lösungsmittel, die Alterungseigenschaften und die Dauerkältebeständigkeit.

Lit. Lang: Die energietechnischen Grundlagen der Kunststoff- und Gummiindustrie (Halle 1950), Die maschinentechnischen Grundlagen der Kunststoff- und Gummiindustrie (Halle 1950); Le Bras: Grundlagen der Wissenschaft und Technologie des K.s (Stuttgart 1956); Reiner: Laboratoriumsbuch für die Gummi-, Kabel- und verwandte Industrien (Halle 1953), Kautschukfibel (Stuttgart 1951); Springer: Kunstkautschuk (2. Aufl. München 1947); Ztschr.: K. u. Gummi (Berlin-Borsigwalde); Plaste u. K. (Berlin); Gummi u. Asbest (Stuttgart); Kunststoffe (München).

Kavitation, Hohlraumbildung, Dampfblasenbildung in strömenden Flüssigkeiten bei Geschwindigkeitsänderung. Sinkt bei Beschleunigung einer strömenden Flüssigkeit der Druck (→ Bernoullische Gleichung) unter den Dampfdruck der Flüssigkeit ab, so bilden sich in der Flüssigkeit Dampfbläschen; bei nachfolgender Verzögerung steigt der Druck wieder an, was zur Kondensation der Dampfblasen führt. Dieser Vorgang ist infolge der plötzlichen Volumenänderung mit sehr starken Druckstößen verbunden, die zur Zerstörung der Oberfläche (Erosion) benachbarter fester Körper, zu starker Schallabstrahlung und zu Erschütterungen führen. Die K. tritt z. B. an Wasserturbinenschaufeln, an Laufrädern von Kreiselpumpen und an Schiffsschrauben auf und führt im Laufe der Zeit zur völligen Zerstörung der betroffenen Maschinenteile. Sie kann durch konstruktive Maßnahmen (Vermeidung von Unterdrücken durch günstige Strömungsführung) weitgehend verhindert werden. Mit Chrom hochlegierte Stähle sind sehr widerstandsfähig gegen die zerstörende Wirkung der K. Kavitationserscheinungen können auch an intensiv beschallten Stoffen auftreten.

Kayser, Kurzz. **K**, alte, nicht gesetzliche Einheit der Wellenzahl in der Spektroskopie. Das K. ist der Reziprokwert der Wellenlänge einer Spektrallinie. 1 K = Anzahl Schwingungen (Wellen) / cm = Anzahl Schwingungen (Wellen) / 10^8 Å (Ångström).

KBC-Waffen, auch **ABC-Waffen,** zusammenfassende Bezeichnung für → Kernwaffen (oder Atomwaffen), biologische Waffen (hochinfektiöse Krankheitserreger, z. B. Insekten) und chemische Waffen (chemische → Kampfstoffe).

K-Bombe, Abk. für Kobaltbombe, → Kernwaffen.

kc, kC, Kurzz. für Kilocurie, → Curie.

kcal, Kurzz. für Kilokalorie, → Kalorie.

kCi, Kurzz. für Kilocurie, → Curie.

KDT, Abk. für → Kammer der Technik.

kdyn, Kurzz. für Kilodyn, → Dyn.

Kegel, 1) Mathematik: ein Körper, der begrenzt wird von einer gekrümmten Fläche **(Kegelfläche)** und einer diese Fläche in einer geschlossenen Kurve schneidenden Ebene. Unter einer Kegelfläche versteht man dabei eine Fläche, die erzeugt werden kann von einer durch einen festen Punkt gehenden und längs einer festen geschlossenen Kurve gleitenden Geraden. Den festen Punkt nennt man *Scheitel* oder *Spitze* der Kegelfläche, während man die feste Kurve als *Leitlinie* und die sich bewegende Gerade als *Erzeugende* der Kegelfläche bezeichnet. Die ebene Be-

Kegel: *1* gerader Kreiskegel, *2* schiefer Kreiskegel, *3* gerader Kreiskegelstumpf. *r* und r_1 Grundkreisradien, *s* Seitenlinie, *h* Höhe

grenzungsfläche des K.s heißt *Grundfläche*, die gekrümmte Begrenzungsfläche *Kegelmantel*. Den Abstand der Spitze von der Grundfläche nennt man die *Höhe* des K.s. Der Kegelmantel ist eine → abwickelbare Fläche. Jede auf ihm verlaufende Gerade heißt *Seiten-* oder *Mantellinie*.

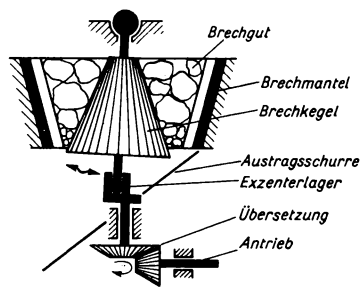
Ist die Grundfläche eines K.s ein Kreis, so spricht man von einem **Kreiskegel**. Die Verbindungslinie seiner Spitze *S* mit dem Mittelpunkt des Grundkreises heißt *Achse* des K.s. Steht sie senkrecht auf der Grundfläche, so liegt der Fall des geraden Kreiskegels vor, den man sich auch durch die Drehung eines rechtwinkligen Dreiecks um eine seiner Katheten entstanden denken kann. Bei einem schiefen Kreiskegel steht die Achse nicht senkrecht auf der Grundfläche.

Der Rauminhalt V eines K.s ist gleich dem dritten Teil des Produktes aus dem Inhalt seiner Grundfläche und seiner Höhe. Für einen Kreiskegel vom Grundkreisradius r und der Höhe h ist also $V = \frac{1}{3} r^2 \pi h$. Die Oberfläche O eines geraden Kreiskegels setzt sich zusammen aus der Mantelfläche ($= \pi r s$, wobei s die Länge einer Mantellinie ist) und der Grundfläche ($= r^2 \pi$), also $O = \pi r^2 + \pi r s = \pi r (r + s)$.

Unter einem **Kegelstumpf** versteht man den Teil eines K.s, der begrenzt wird von der Grundfläche und einer im allgemeinen zu ihr parallelen Ebene sowie der entsprechenden Mantelfläche. Das Volumen eines geraden Kreiskegelstumpfes ist $V = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + r r_1 + r_1^2)$, wobei r und r_1 die Radien des Grund- bzw. Deckkreises sind und h den Abstand der beiden parallelen Kreisflächen bezeichnet.

2) Technik: ein Maschinen- bzw. Werkzeugelement oder Bauteil in Form eines Kreiskegelstumpfes mit geraden Mantellinien. Der K. dient als **Morsekegel** bei Werkzeugmaschinen zur Befestigung und gleichzeitigen Zentrierung von Werkzeugen und Werkstücken und als Schaft von Werkzeugen (Morsekegel werden mit Kegellehren geprüft). Bei Kupplungen wird der K. unter gleichzeitiger Anwendung der Keilwirkung benutzt, bei Kegeltrieben zur Übertragung von Drehmomenten auf Wellen mit sich schneidenden Achsen. Er dient ferner als Verschluß von Flaschen und Gläsern mit eingeschliffenem Verschlußstopfen und als Hahnküken (→ Hahn).

Kegelbrecher, Kreiselbrecher, eine Maschine zum Grobzerkleinern von harten Stoffen, z. B. Eruptivgesteinen und harten Erzen. Das Brechgut wird zwischen einem feststehenden Brechmantel und einem Brechkegel, der eine zur Achse des Mantels exzentrische Bewegung ausführt,



Kegelbrecher

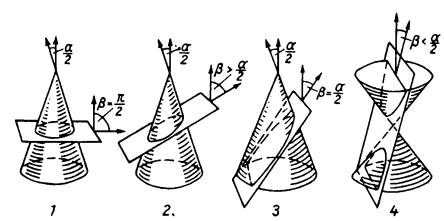
vorwiegend durch Druck zerkleinert und über eine Schurre ausgetragen. Großkegelbrecher können Aufgabestücke bis zu 1500 mm Kantenlänge aufnehmen.

Kegelfallpunkt, svw. → Fallpunkt.

Kegelrad, kegelförmiges Reibrad oder Zahnrad.

Kegelschnitte, ebene Kurven, die durch den Schnitt zwischen geraden Kreiskegeln und Ebenen entstehen. Je nach der Neigung der Schnittebene gegen die Kegelachse erhält man einen Kreis, eine Ellipse, Parabel oder Hyperbel. Geht die Schnittebene durch die Spitze des (Doppel-) Kegels, so „entartet" der Kegelschnitt. Bezeichnet β den Neigungswinkel der Schnittebene gegen die Kegelachse und $\frac{\alpha}{2}$ den halben Öffnungswinkel des Kegels, so ergibt sich als Schnittkurve für $\beta = \frac{\pi}{2}$ ein Kreis, für $\frac{\pi}{2} > \beta > \frac{\alpha}{2}$ eine Ellipse, für $\beta = \frac{\alpha}{2}$ eine Parabel und für $\frac{\alpha}{2} > \beta > 0°$ eine Hyperbel.

Vom analytischen Standpunkt sind die K. Kurven 2. Ordnung, d. h. Kurven, die in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem durch Gleichungen 2. Grades gegeben werden. Die allgemeinste Form einer solchen Gleichung ist (*) $Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F = 0$. Jede Gleichung der Form (*) definiert einen Kegelschnitt (unter der Voraussetzung, daß die Gleichung mindestens eine reelle Lösung $(x_0; y_0)$ besitzt). Zerfällt ihre linke Seite in zwei lineare Faktoren, so liegt der Fall eines „entarteten" K.s vor (zwei sich schneidende Geraden bzw. eine Gerade). Ist, von diesem Fall abgesehen, $\Delta = AC - B^2$ größer als Null, so stellt die Gleichung (*) eine Ellipse dar. Für $\Delta < 0$ definiert sie eine Hyperbel, für $\Delta = 0$ eine Parabel. Dividiert man die Gleichung (*) durch einen ihrer Koeffizienten, etwa durch A, so erhält man eine Gleichung mit 5 unabhängigen Konstanten, die sich berechnen lassen, wenn 5 Punkte des K.s bekannt sind. Ein Kegelschnitt ist daher im allgemeinen durch 5 seiner Punkte eindeutig bestimmt.



Kegelschnitte: *1* Kreis, *2* Ellipse, *3* Parabel, *4* Hyperbel

Einen Kegelschnitt kann man auch definieren als geometrischen Ort aller Punkte, für die das Verhältnis der Abstände von einem festen Punkt, dem *Brennpunkt*, und einer festen Geraden, der *Leitlinie*, einen konstanten Wert ε hat. Dieses Verhältnis ε heißt die *numerische Exzentrizität* des K.s. Dabei entspricht einem Wert $\varepsilon < 1$ eine Ellipse; eine Hyperbel erhält man für $\varepsilon > 1$, während der Fall $\varepsilon = 1$ auf eine Parabel und der Grenzfall $\varepsilon = 0$ auf einen Kreis führt.

Die K. spielen in der Physik eine große Rolle, z. B. in der Theorie der Planetenbewegung, der elastischen Schwingungen, der Trägheitsmomente.

Kegelsonde, → Kugelsonde.

Kehle, die einspringende Linie, in der sich zwei winklig einander nebengeordnete Dachflächen oder Decke und Wand schneiden. Unterschied: → Grat.

Kehlen, → Hobeln 1).

Kehrwert, → reziprok.

Keil, 1) ein gleichschenkliges dreiseitiges Prisma, das mit seiner scharfen Kante in einen Körper eindringt, wenn auf den Rücken des Keiles eine Kraft wirkt. Es wird als Mittel zum Trennen benutzt. Die Eindringtiefe hängt ab vom *Keilwinkel* β, d. h. von dem Winkel zwischen den beiden Flanken des K.s, von der Breite der

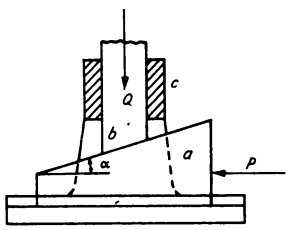
Keilschneide, von der Härte des Werkstücks und von der ausgeübten Kraft. Keilform haben auch die Schneiden aller spanenden Werkzeuge, z. B. die des Meißels, des Feilen- und Sägezahns, des Drehmeißels, sowie auch die von Messern und Scheren. Ob ein K. trennt oder Späne abhebt, hängt von seiner Angriffsrichtung ab, und auch die Form der Spanabnahme wird durch die Stellung des K.s zum Werkstück bestimmt. (Abb.)

2) Maschinenbau: → Längskeil, → Querkeilverbindung.

Keildistanzmessung, ein Verfahren der optischen → Streckenmessung.

Keilschneiden, → Zerteilen.

Keilschubgetriebe, ein dreigliedriges Getriebe, mit dem man eine Last Q unter geringem Kraftaufwand heben oder beim Senken halten kann (→ schiefe Ebene). Reibung tritt auf zwischen Keil a (Abb.) und Querschieber b und an den Führungen von a und von b im Gestell c. Ohne Reibung wäre die Idealkraft $F_0 = Q \cdot \tan\alpha$, mit Reibung wird beim Heben $F_1 = Q \cdot \tan(\alpha + 2\varrho)$



Keilschubgetriebe

und beim Senken $F_2 = Q \cdot \tan(\alpha - 2\varrho)$, also beim Senken $F_2 = 0$, wenn der Keilwinkel α gleich dem doppelten Reibungswinkel ϱ wird (→ Reibung). Theoretisch ungangbar wird das Getriebe, wenn $\alpha + 2\varrho = 90°$, weil dann $F_1 = \infty$; praktisch tritt die Ungangbarkeit schon erheblich früher ein. Wirkungsgrad beim Heben $\eta = F_0 : F_1 = \tan\alpha : \tan(\alpha + 2\varrho)$.

Keilsonde, eine Strömungssonde. Die K. hat einen keilförmigen Sondenkopf, in dem 2 bis 3 Druckbohrungen angebracht sind. Messung und Eichung erfolgen wie bei der 2- oder 3-Loch-Zylindersonde (→ Zylindersonde). Eine K. mit 2 Druckbohrungen wird häufig zum Messen der Richtung der Strömungsgeschwindigkeit in einer Ebene benutzt.

Keilwelle, eine Welle mit symmetrisch auf dem Umfang verteilten Keilprofilen, die verschiebbare Maschinenteile zur Übertragung von Drehmomenten aufnimmt.

K-Einfang, → Radioaktivität.

Kellogg-Dampfpyrolyseprozeß, → Kracken.

Kellogg-Orthoflow-Verfahren, → Kracken.

Kelvinskale, nach dem britischen Physiker W. Thomson und späteren Lord Kelvin benannte, auf den absoluten Nullpunkt (0 °K ≙ −273,15 °C) bezogene absolute Temperaturskale. Der Grad Kelvin ist die Grundeinheit der thermodynamischen Temperatur im heute gültigen System physikalisch-technischer Einheiten (→ Einheitensysteme) und als 273,16ter Teil der absoluten Temperatur des Tripelpunktes von reinem Wasser definiert. 0 °C ≙ 273,15 °K. Für die Umrechnung von Kelvin-Graden in Celsius-Grade sind von der Kelvin-Temperatur jeweils 273,15 grd abzuziehen; x °K = (x − 273,15) °C. Bei Angabe von Temperaturdifferenzen werden der Name Grad Kelvin durch Grad, das Kurzz. °K durch grd ersetzt.

Kennlinie, Charakteristik, eine Kurve, die eine Größe als Funktion einer anderen darstellt. In der Elektrotechnik, z. B. bei Elektronenröhren, Kristalldioden und Glimmlampen, gibt die K. die Abhängigkeit der Spannung von der Stromstärke an.

Kennung, ein Hilfsmittel zur Identifizierung akustischer oder optischer Signalträger in der Schiffahrt und Luftfahrt. In der Schiffahrt verwendet man **akustische K.en,** die sich durch die tonerzeugenden Geräte, die Tonhöhe oder Tonfolge unterscheiden (→ Nebelhorn), und **optische K.en,** die durch Farbe und Folge der Lichterscheinungen unterschieden werden (→ Leuchtfeuer). Über K.en in der Luftfahrt → Flughafenbefeuerungsanlagen.

Kennwort, in der Physik (insbesondere in der Akustik, der Nachrichtentechnik und der Informationstheorie) die den Logarithmus des Verhältnisses zweier Größen gleicher Art kennzeichnende Benennung. Da zwischen natürlichem Logarithmus (Kurzz. ln), dekadischem Logarithmus (Kurzz. lg) und Binärlogarithmus (Kurzz. lb) zu unterscheiden ist, ergeben sich je nach dem benutzten Logarithmus unterschiedliche Zahlenwerte, deren Herleitung durch die Kennwörter charakterisiert werden soll. Als natürliche Logarithmen entstandene Werte erhalten das K. → Neper (Kurzz. Np), als dekadische Logarithmen entstandene Werte des K. → Bel (Kurzz. B) in der Nachrichtentechnik und → Phon (Kurzz. phon) in der Akustik, als Binärlogarithmen entstandene Werte das K. → bit. Zwischen den genannten Zahlenwerten besteht die Beziehung $1\ \text{Np} = \frac{20}{\ln 10}\ \text{dB}$ (Dezibel) $= 8{,}686\ldots\ \text{dB} = \frac{1}{\ln 2}\ \text{bit} = 1{,}44\ldots\ \text{bit}$. Die K.e werden wie Einheiten mit selbständigem Namen benutzt.

Kephaline, → Lezithine.

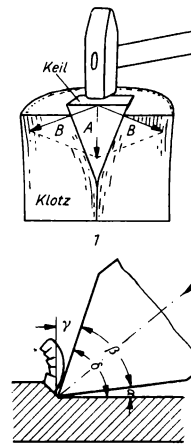
Keplersche Gesetze, die von dem deutschen Astronomen Kepler aufgestellten Bewegungsgesetzte der Planeten. 1) Die Planeten bewegen sich auf Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. 2) Die Verbindungslinie zwischen dem Mittelpunkt der Sonne und dem des Planeten überstreicht in gleichen Zeitintervallen gleichgroße Flächen **(Flächensatz).** 3) Die Quadrate der Umlaufzeiten der Planeten verhalten sich wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.

Durch das Newtonsche Gravitationsgesetz erfuhren das 1. und 3. Keplersche Gesetz eine Erweiterung: 1) Die auf den Mittelpunkt eines Zentralkörpers bezogene Bewegung eines zweiten Himmelskörpers unter dem Einfluß der gegenseitigen Anziehung erfolgt auf einem Kegelschnitt (Gerade, Ellipse, Kreis, Parabel, Hyperbel). 3) Bezeichnet a die große Halbachse der Bahn, U die Umlaufzeit, M die Masse des Zentralkörpers, m die des Planeten und G die Gravitationskonstante, so ist

$$\frac{a^3}{U^2} = \frac{G\,(M + m)}{4\,\pi^2}.$$

Keramik, Tonwaren, Erzeugnisse, die nur aus Tonen oder aus natürlichen oder künstlichen Mischungen silikatischer oder nichtsilikatischer Minerale hergestellt werden. Die Massen sind durch den Gehalt an Tonmineralen bei Wasserzusatz formbar und erhärten beim Trocknen in der gegebenen Form. Durch anschließendes Brennen in keramischen Brennöfen bei den Arbeitsmassen angepaßten Temperaturen (800 bis 1600 °C), mit oder ohne Glasur versehen, entstehen Zwischen- oder Fertigprodukte sehr unterschiedlicher Natur, die sich durch Porosität, Festigkeit, Scherbenfarbe, Transparenz u. dgl. unterscheiden.

I) **Irdenware (Irdengut)** hat einen stark saugenden, porösen, meist farbigen, nicht durchscheinenden Scherben. Dazu gehören a) Ziegeleierzeugnisse (Ziegel, Bauterrakotta, Dränrohre) mit stets farbigem, selten glasiertem Scherben; b) feuerfeste Erzeugnisse (Schamottesteine,

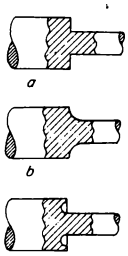


1 Trennkeil: Die auf den Keil wirkende Kraft A zerlegt sich in zwei gleich große, senkrecht zu den Backen des Keils stehende Kräfte B. *2* Winkel am spanenden Keil: α Freiwinkel, β Keilwinkel, γ Spanwinkel, δ Schnittwinkel

Brennkapseln, Schmelztiegel) mit schwach porösem, farbigem bis gelbweißem Scherben ohne Glasur; c) Töpferware (Geschirr, Kacheln, Blumentöpfe) mit gelbem, grauem oder braunem, meist mit Glasuren, Engoben und Dekor versehenem Scherben, wozu auch Fayence und Majolika gehören; d) Steingut mit weißem glasiertem Scherben. II) **Sinterware (Tonzeug)** hat einen dichten, gesinterten Scherben und gliedert sich folgendermaßen: 1) nicht transparenter Scherben, wozu a) Klinkerware mit meist kräftig gefärbtem Scherben, b) Steinzeug mit braunem, grauem bis nahezu weißem Scherben und Sondermassen, z. B. Oxidkeramik und Cermets, gehören; 2) transparenter, rein weißer Scherben: Porzellan.

Nach der Struktur unterscheidet man **Grobkeramik** mit grober Scherbenbruchfläche und **Feinkeramik** mit einem feinen, gleichmäßigen Bruch, nach dem Verwendungszweck **Baukeramik** (Platten, Fliesen u. dgl.), **Elektrokeramik** (Zündkerzen, Isolatoren, Kochplatteneinsätze u. dgl.), **Haushaltkeramik** (Teller, Schüsseln, Kannen u. dgl.), **Sanitärkeramik** (Waschbecken, Spülbecken u. dgl.) u. a.

Lit. Budnikow: Technologie der keramischen Erzeugnisse (dtsch Berlin 1953); Eckstein, Kanther, Schuen: Keramisches Brennen (2. Aufl. Halle 1953); Haase: K. (Freiberg 1961); Häusler: Die Herstellung von Ofenkacheln und Töpferwaren (Leipzig 1956); Henze: Architektur und Baukeramik (Halle 1955); Liebscher u. Willert: Technologie der K. (Dresden 1955); Michel u. Schering: Fachkunde für Keramiker (2. Aufl. Berlin 1956); H. Neumann: Tabellenb. für die Keramik-, Glas- und Emailindustrie, Bd 1 Allgemeine Zahlenwerte, technische Daten, Rechentabellen der Chemikalien und Fritten (Leipzig 1955); Palatzki: Technische K. (Berlin 1954); Schätzer: Roh- und Werkstoffe, Prüfmethoden (2. Aufl. Berlin 1954); Technologie der Grobkeramik, 6 Bde (Berlin 1964–67); Ztschr.: Baustoffindustrie (Berlin), Silikattechnik (Berlin); → Ziegel, → Glas.



Kerbwirkung: *a* ungünstige, *b* und *c* günstige Form von Kerben

keramische Farben, in der Keramik für Verzierungen verwendete Farben. a) **Unterglasurfarben** werden aus feuerbeständigen Metalloxiden (Eisen-, Chrom-, Mangan-, Kobalt-, Nickel- und Uranoxid) unter Zusatz von Kaolin, Quarz und weißem Glühscherbenmehl durch Mischen und Brennen bei 900 bis 1400 °C hergestellt und auf den rohen oder verglühten Scherben aufgetragen. Die darüber angebrachte Glasur entwickelt beim Gutbrand den Farbton. b) **Aufglasurfarben (Schmelzfarben, Emailfarben, Muffelfarben)** sind durch färbende Metalloxide getönte Alkali-Blei-Boratgläser, deren Pulver auf die glasierten Gegenstände gemalt, gestempelt, gedruckt oder in Form von Abziehbildern übertragen und bei 750 bis 850 °C aufgebrannt werden.

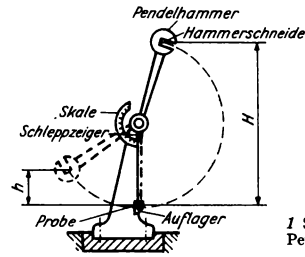
Kerargyrit, svw. → Chlorargyrit.

Keratine, → Proteine.

Keratophyr, ein paläozoisches, dem Alkalitrachyt entsprechendes Ergußgestein. Zu den K.en gehören auch die norwegischen **Rhombenporphyre** sowie die **Lahnporphyre** des Lahngebietes.

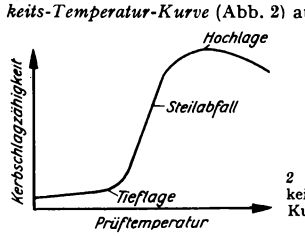
Kerbnagel, → Stift, Abb.

Kerbschlagbiegeversuch, ein Verfahren der Werkstoffprüfung, das zur Ermittlung des Werkstoffverhaltens unter dynamischer Beanspruchung (erhöhte Prüfgeschwindigkeit) dient. Man erhält dabei keine Zahlenwerte für konstruktive Berechnungen. Der K. wird im Normalfall so durchgeführt, daß ein gekerbter Probestab mit standardisierten Abmessungen durch einen Schlag auf die dem Kerb gegenüberliegende Stelle gebrochen oder so weit gebogen wird, daß er durch die Auflager gezogen wird (TGL 11225). Man verwendet dazu *Pendelschlagwerke* (Abb. 1), bei denen ein drehbar angebrachter Hammer aus einer bestimmten Höhe H auf die Probe fällt, die sich im tiefsten Punkt des Hammerweges befindet. Die für das Brechen der Probe verbrauchte Schlagarbeit in kpm wird aus der Differenz zwischen der Fallhöhe des Hammers und dessen Steighöhe h nach dem Zerschlagen der Probe ermittelt. Dividiert man die verbrauchte Schlagarbeit durch den Querschnitt der Probe im Kerbgrund, so erhält man die



1 Schema eines Pendelschlagwerkes

Kerbschlagzähigkeit a_k in kpm cm^{-2}. Verschiedene Werkstoffe, vor allem Baustähle, neigen in der Nähe der Raumtemperatur zur Versprödung (→ Zähigkeit). Man führt den K. deshalb häufig bei Temperaturen zwischen etwa −70 °C und +100 °C durch und stellt eine *Kerbschlagzähigkeits-Temperatur-Kurve* (Abb. 2) auf.



2 Kerbschlagzähigkeits-Temperatur-Kurve

Kerbstift, → Stift.

Kerbwirkung, die Erscheinung, daß bei plötzlichen Querschnittsänderungen (Kerben) an belasteten Bauteilen Spannungen auftreten, die größer sind, als auf Grund des Querschnittsverlustes zu erwarten ist. Die Ursache dafür ist, daß durch die Kerbe eine andere Spannungsverteilung erzwungen wird als im ungestörten Querschnitt. Die Größe der Spannungsspitzen hängt von der Tiefe und der Form der Kerbe ab. So ist z. B. bei gleicher Kerbtiefe eine spitze Kerbe gefährlicher als eine gut ausgerundete. Vernachlässigt man bei Bemessung eines Bauteiles die K., so kann die Spannungsspitze im Kerbgrund die zulässige Spannung übersteigen. Hat das Material eine Fließgrenze, so ist bei statischer Belastung die K. ungefährlich, weil die örtlichen Spannungsspitzen beim Überschreiten der Fließgrenze abgebaut werden. Besitzt das betreffende Material dagegen keine Fließgrenze, so können die Spannungsspitzen die Bruchgrenze erreichen, und das Bauteil wird zerstört. Bei dynamischer Belastung muß die K. wegen der Ermüdung des Materials stets berücksichtigt werden.

Wenn sich Kerben konstruktiv nicht vermeiden lassen, gibt man ihnen eine möglichst günstige Form oder bringt Entlastungskerben an, weil mehrere dicht aufeinanderfolgende Kerben geringere K. haben als eine Einzelkerbe. (Abb.)

kerg, Kurzz. für Kiloerg, → Erg.

Kern, → Formguß.

Kernbauweise, svw. → Wabenbauweise.

Kernchemie, mitunter verwendete Bezeichnung für das Teilgebiet der Kernphysik, das sich mit den → Kernreaktionen beschäftigt. Der Begriff K. ist durch die formale Ähnlichkeit von chemischen Reaktionen und Kernreaktionen begründet.

Kernenergie, nukleare Energie, unexakt auch **Atomenergie** genannt, die innere Energie der Atomkerne, insbesondere die bei Kernreaktionen

frei werdende Energie. Die Bestimmung der Kernmassen zeigte, daß beim Aufbau von Kernen aus Nukleonen und ebenso bei der Spaltung schwerster Kerne in zwei ungefähr gleiche Teile ein Masseverlust ΔM auftritt, → Massedefekt. Ihm entspricht nach der Einsteinschen Masse-Energie-Beziehung $E = \Delta Mc^2$ (c = Lichtgeschwindigkeit) die Bindungsenergie E der Atomkern-Bausteine. Diese ist für die Festigkeit des Atomkerns charakteristisch. Allgemein wird bei jeder Kernreaktion entweder K. frei, z. B. beim natürlichen radioaktiven Zerfall in Form kinetischer Energie der ausgesandten Teilchen, oder gebunden, so bei manchen künstlichen Kernumwandlungen, bei denen kinetische Energie der Reaktionspartner als K. im Kern gebunden wird.

Während alle übrigen Energieänderungen an atomaren Systemen, z. B. Ionisierungsenergie, Dissoziationsenergie u. dgl., so klein sind (in der Größenordnung einiger Elektronenvolt je Teilchen), daß die damit verknüpften Masseänderungen sich nicht messen lassen, liegen die Energieumsetzungen bei Kernreaktionen in der Größenordnung MeV (Megaelektronenvolt). Diese Energie ist für die Einzelreaktion sehr groß; trotzdem gewinnt die K. erst dann praktische Bedeutung, wenn sich sehr viele Kerne beteiligen. Wird z. B. bei einem Einzelprozeß 1 MeV frei, so wird bei Beteiligung aller Kerne eines Mols eine Energie vom Wärmewert $23 \cdot 10^6$ kcal frei, d. i. etwa 10^6mal mehr Wärme, als beim Verbrennen eines Mols (etwa 12 g) Steinkohle entsteht.

Von der bei → Kernreaktionen frei werdenden K. konnte bisher nur die durch Kernspaltung gewonnene Energie zu friedlichen Zwecken im Kernreaktor technisch genutzt werden. Bei der Kernspaltung werden wesentlich höhere Energien (etwa 200 MeV je Einzelprozeß) frei als bei anderen Kernreaktionen. Durch → Kernfusion frei werdende K. wurde bisher nur in der als Massenvernichtungsmittel eingesetzten Wasserstoffbombe ausgenutzt. Im Energiehaushalt der Sonne und der Fixsterne ist die Kernfusion wahrscheinlich die einzige Quelle der K.

Lit. → Kernphysik, → Kernreaktor.

Kernfeld, 1) das Kraftfeld des Atomkerns, das dessen Bestandteile zusammenhält (→ Austauschenergie, → Quantentheorie der Felder).

2) mitunter Bezeichnung für das durch die elektrische Ladung des Atomkerns hervorgerufene, ihn umgebende elektrische Feld.

Kernfusion, Kernverschmelzung, Kernsynthese, eine Kernreaktion, die Verschmelzung leichter Atomkerne zu schwereren bei hohen Temperaturen (Abb. 1). Bei dieser „thermonuklearen Reaktion" wird Kernenergie frei.

Die K. ist sicher die wichtigste Energiequelle der Natur. Die von der Sonne und den Fixsternen ausgestrahlte Wärme- und Lichtenergie wird wahrscheinlich vollständig durch K. erzeugt. Im Inneren dieser Himmelskörper herrschen Temperaturen von etwa 20 Millionen °K. Bei dieser Temperatur ist die Bewegungsenergie der Wasserstoffatomkerne, der Protonen, so groß, daß sie bei Zusammenstößen miteinander oder mit anderen Kernen verschmelzen können. Dadurch können sich verschiedene Kernreaktionszyklen ausbilden, von denen man heute die folgenden drei als die wichtigsten erkannt hat.

1) *Bethe-Weizsäcker-Zyklus, Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus,* bei dem $^{12}_{6}C$ als „Katalysator" immer wieder von neuem frei wird (Abb. 2):

$^{12}_{6}C + p \rightarrow {}^{13}_{7}N \rightarrow {}^{13}_{6}C + \beta^+$
$^{13}_{6}C + p \rightarrow {}^{14}_{7}N$
$^{14}_{7}N + p \rightarrow {}^{15}_{8}O \rightarrow {}^{15}_{7}N + \beta^+$
$^{15}_{7}N + p \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He$

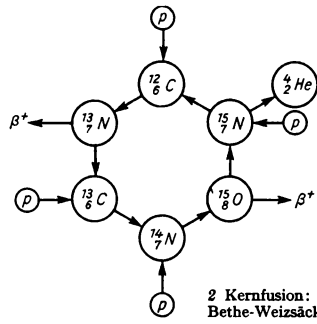
2) *Proton-Proton-Prozeß (H-H-Prozeß):*

$p + p \rightarrow d + \beta^+$
$d + p \rightarrow {}^{3}_{2}He$

Aus $^{3}_{2}He$ kann auf 3 verschiedenen Wegen $^{4}_{2}He$ entstehen:

a) $^{3}_{2}He + p \rightarrow {}^{4}_{3}Li \rightarrow {}^{4}_{2}He + \beta^+$
b) $^{3}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{7}_{4}Be \rightarrow {}^{7}_{3}Li + \beta^+$; $^{7}_{3}Li + p \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He$
c) $^{3}_{2}He + \beta^- \rightarrow t$; $t + p \rightarrow {}^{4}_{2}He$

In diesen beiden Prozessen bildet sich aus 4 Protonen ein Heliumkern, wobei eine Energie von $2{,}25 \cdot 10^{12}$ Ws/mol $^{4}_{2}He$ frei wird.



2 Kernfusion: Bethe-Weizsäcker-Zyklus

3) *Salpeter-Prozeß* (nach dem amerikanischen Physiker E. E. Salpeter benannt):

$^{4}_{2}He + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{8}_{4}Be$; $^{8}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C$
$^{12}_{6}C + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{16}_{8}O$; $^{16}_{8}O + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{20}_{10}Ne$
$^{20}_{10}Ne + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{24}_{12}Mg$; $^{24}_{12}Mg + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{28}_{14}Si$

Bisher ist die K. nur unkontrolliert in der thermonuklearen Bombe (→ Kernwaffen) abgelaufen. Zahlreiche Versuche, die K. kontrolliert in Fusionsreaktoren ablaufen zu lassen und als Energiequelle für friedliche Zwecke auszunutzen, sind im Gange.

Die wichtigsten der vielen möglichen Kernfusionsprozesse sind:

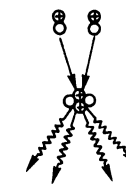
d + d → $^{3}_{2}He$ + n + 3,25 MeV
d + d → t + p + 4 MeV
t + d → $^{4}_{2}He$ + n + 17,6 MeV
$^{3}_{2}He$ + d → $^{4}_{2}He$ + p + 18,3 MeV
$^{6}_{3}Li$ + d → $2\,{}^{4}_{2}He$ + 22,4 MeV
$^{7}_{3}Li$ + p → $2\,{}^{4}_{2}He$ + 17,3 MeV

Zur K. der Wasserstoffisotope benötigt man eine Temperatur von etwa 100 Millionen °K, die praktisch nur durch elektrische Entladungen erreicht werden kann. Bei dieser Temperatur sind die Gasatome vollständig ionisiert (Plasmastruktur). Die Ionen bewegen sich mit Geschwindigkeiten von etwa 1000 km s^{-1}; die entsprechende kinetische Energie befähigt die Atomkerne, die Coulombschen Abstoßungskräfte zu überwinden und sich zu vereinigen. Der Plasmastrom wird freitragend durch Magnetfelder zusammengehalten (Pinch-Effekt), da Gefäße das Gas abkühlen und selbst verdampfen würden. Die Temperatur muß eine längere Zeit in der entsprechenden Höhe gehalten werden. Unter Normalbedingungen hat das Gas einen Druck von etwa 10^{-4} at; bei etwa 100 Millionen °K steigt dieser dann auf etwa 100 at an.

Experimentell wird bis jetzt fast ausschließlich die **dd-Reaktion,** d. i. die Verschmelzung von Deuteronen, den Atomkernen des schweren Wasserstoffisotops Deuterium (D), untersucht. Durch elektrische Entladungen von großen Kondensatorbatterien konnten bisher Temperaturen von etwa 5 Millionen °K erreicht werden. Eine gelungene K. konnte jedoch noch nicht exakt nachgewiesen werden. Das natürlich vorkommende schwere Wasser (D_2O) der Ozeane würde ausreichen, um mit der dd-Reaktion den jetzigen Energiebedarf auf der Erde für etwa die nächsten 500 Millionen Jahre zu decken.

Lit. → Kernphysik.

Kerninduktion, svw. → kernmagnetische Resonanz.



1 Kernfusion: Durch Verschmelzen von zwei Deuteronen entsteht unter Energiefreisetzung ein Heliumkern

Kernisomerie, → Isomerie 2).

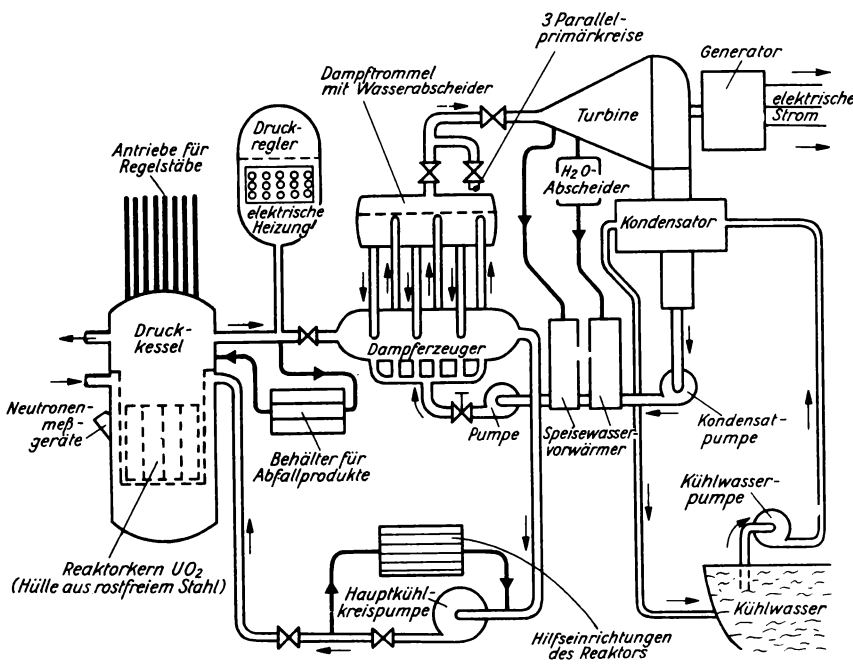
Kernit, das wichtigste und reichste Bormineral, $Na_2B_4O_7 \cdot 4H_2O$; monoklin, farblos, Härte nach Mohs 3 bis 3,5, D. 1,95 g cm^{-3}.

Kernkraftwerk, abg. **KKW,** unexakt oft auch **Atomkraftwerk** genannt (Tafeln 38, 44, 46, 48), ein Wärmekraftwerk, in dem die Wärmeenergie nicht durch fossile Brennstoffe (Kohle, Öl, Gas), sondern durch die im → Kernreaktor ablaufenden Kernspaltungen von Uran oder Plutonium gewonnen wird. Die bei Kernspaltungen frei werdende Energie wird größtenteils als kinetische Energie der Spaltprodukte in Wärme umgesetzt. Diese im Reaktorkern entstehende Wärme geht an ein Kühlmittel über, das in einem geschlossenen Rohrsystem (Primärkreislauf) den Reaktor durchströmt. Als Kühlmittel werden im allgemeinen Wasser, schweres Wasser, flüssiges Natrium, eutektische Gemische aus Natrium und Kalium oder Gase, z. B. Kohlendioxid oder Helium, verwendet. In einem Wärmeaustauscher wird die Wärme des Primärkreislaufs an ein in einem zweiten, getrennten Kreislauf (Sekundärkreislauf) strömendes Kühlmittel, z. B. Wasser, abgegeben, wobei dafür gesorgt ist, daß das Wasser verdampft. Dieser Wasserdampf treibt Turbogeneratoren an, die elektrischen Strom erzeugen. Die Trennung in Primär- und Sekundärkreislauf ist notwendig, da das Kühlmittel des Primärkreislaufs stark radioaktiv wird und ohne diese Trennung alle anderen Aggregate des K.s verseuchen würde. Um das Bedienungspersonal gegen die bei den Kernspaltungen auftretende radioaktive Strahlung zu schützen, werden der Reaktorkern und die den Primärkreislauf bildenden Rohrleitungen durch dicke Mäntel aus Beton, Blei und Stahl abgeschirmt. Über die Kontrolle der gesamten Anlage → Kernreaktor.

Leistung und Wirtschaftlichkeit von K.en. Bei der Spaltung eines $^{235}_{92}U$-Kernes wird die Energiemenge von etwa 175 MeV (Megaelektronenvolt) sofort frei. Zur Erzeugung einer Leistung von 1 Watt sind deshalb $3{,}1 \cdot 10^{10}$ Spaltungen je Sekunde erforderlich. Ein K., das 1 MW (Megawatt) leistet, benötigt dazu je Tag ziemlich genau 1 g Spaltstoff. Dabei ist nur die sofort frei werdende Energie berücksichtigt, da die übrige Energie, die im wesentlichen der Radioaktivität der Spaltprodukte entstammt, nicht unbedingt im Kernreaktor abgegeben werden muß. Nur ein Teil (20 bis 50 %) dieser Leistung steht bei einem K. als elektrische Leistung zur Verfügung, da die Wärmeübertragung nicht ohne Verluste möglich und der Wirkungsgrad der Stromerzeugungsanlage nicht gleich 100 % ist. Deshalb unterscheidet man beim K. die Angaben elektrische Leistung und thermische Leistung. Beim ersten sowjetischen Kraftwerkreaktor reicht eine Ladung von 30 g Spaltstoff ungefähr einen Tag. Die „abgebrannten" Spaltstoffstäbe werden aufgearbeitet, nachdem ihre Aktivität etwas abgeklungen ist.

Für K.e ist der geringe Spaltstoffverbrauch (1 t Spaltstoff liefert die gleiche Energie wie 2 bis 3 Millionen t Kohle) ein besonders wichtiger Vorteil. Im Gegensatz zu Kohlekraftwerken, bei denen der Strompreis weitgehend von den Transportkosten für die Kohle abhängt und die man deshalb möglichst in der Nähe der Kohlevorkommen errichtet, brauchen diese Gesichtspunkte beim Bau von K.en nicht berücksichtigt zu werden. Die Kosten für die Gewinnung elektrischer Energie in K.en sind aber z. Z. höher als bei den herkömmlichen Kraftwerken. Das liegt weniger an den Spaltstoffkosten als vielmehr an dem Anteil, der durch die Baumaterialien und umfangreichen Sicherheitsmaßnahmen bedingt ist. Alle K.e, bei denen heute die Energieerzeugung als Hauptzweck angegeben wird, müssen deshalb als Großversuche aufgefaßt werden, soweit nicht indirekt die Plutoniumgewinnung in diesen Anlagen im Vordergrund steht.

Das erste K. wurde am 27. 6. 1954 in der UdSSR (Obninsk bei Moskau) mit einer elektrischen Leistung von 5 MW in Betrieb genommen. Es dient vor allem Versuchszwecken. Seit



Schema eines Kernkraftwerks mit Druckwasserreaktor

Wichtige Kernkraftwerke

Name	Staat[1])	Standort	Inbetriebnahme bzw. geplante Fertigstellung	Reaktortyp	thermische Leistung (MW)	elektrische Leistung (MW)	Brennstoff[2])	Moderator	Kühlmittel
·	DDR	Rheinsberg (Mark)	1966	Druckwasserreaktor	265	70	UO_2	H_2O	H_2O
KKW Nord	DDR	Ostseebezirk	z. Z. im Bau	·	·	·	·	·	·
KC-150	ČSSR	Bohunice	1969	gasgekühlter Schwerwasserreaktor	590	150	Uran (natürliches Isotopengemisch)	D_2O	CO_2
SENA[3])	Frankreich	Chooz	1967	Druckwasserreaktor	825	242	UO_2 (3,3%)	H_2O	H_2O
EDF-1	Frankreich	Chinon	1962	gasgekühlter Graphitreaktor	300	70	U-Mo (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
EDF-2	Frankreich	Chinon	1964	gasgekühlter Graphitreaktor	792	200	U-Mo (natürliches Isotopengemisch	Graphit	CO_2
EDF-3	Frankreich	Chinon	1965	gasgekühlter Graphitreaktor	1560	480	U-Mo (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
EDF-4	Frankreich	St-Laurent-des-Eaux	1968	gasgekühlter Graphitreaktor	1650	500	U-Mo (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
EL-4	Frankreich	Brennilis	1966	gasgekühlter Schwerwasserreaktor	240	73	UO_2 (1,4%)	D_2O	CO_2
·	Großbritannien[4])	Calder Hall (Cumberland)	1956	gasgekühlter Graphitreaktor	4 · 230	4 · 45	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
	Großbritannien[4])	Hinkley Point (Somerset)	1964	gasgekühlter Graphitreaktor	2 · 960	2 · 250	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
	Großbritannien[4])	Sizewell (Suffolk)	1965	gasgekühltor Graphitreaktor	2 · 947,7	2 · 290	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
	Großbritannien[4])	Wylfa Head (Wales)	1968/69	gasgekühlter Graphitreaktor	2 · 1875	4 · 295	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
DFR	Großbritannien[4])	Dounreay (Schottland)	1962	schneller Brüter	72	15	Uran (natürliches Isotopengemisch)		Na-K-Gemisch
SGHWR	Großbritannien[4])	Winfrith (Dorset)	1967	siedewassergekühlter Schwerwasserreaktor	320	100	UO_2 (1,4%)	D_2O	H_2O
Selni	Italien	Trino Vercellese	1964	Druckwasserreaktor	825	240	UO_2 (3,25%)	H_2O	H_2O
SENN	Italien	Garigliano	1963	Siedewasserreaktor	508	160	UO_2 (2%)	H_2O	H_2O
Latina	Italien	Foce Verde	1962	gasgekühlter Graphitreaktor	705	200	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
·	Schweden	Marviken	1968	Schwerwasserreaktor mit fossiler Überhitzung[5])	590	206	UO_2 (1,2%)	D_2O	D_2O
AKV	Schweden	Simpevarp	1967	Siedewasserreaktor	195	61,7	UO_2 (2,6%)	H_2O	H_2O
WWER-I	UdSSR	Nowo-Woronesh (Don)	1964	Druckwasserreaktor	760	210	UO_2 (1,5%)	H_2O	H_2O
WWER-II	UdSSR	Nowo-Woronesh	z. Z. im Bau	Druckwasserreaktor	1300	385	UO_2	H_2O	H_2O
AES-1	UdSSR	Obninsk (Bez. Kaluga)	1954 (erstes K. der Welt)	wassergekühlter Graphitreaktor	30	5	Uran (5%)	Graphit	H_2O
	UdSSR	Troizk (Bez. Tscheljabinsk)	1960	wassergekühlter Graphitreaktor		6 · 100	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	H_2O
Kurtschatow I	UdSSR	Belojarsk (Bez. Swerdlowsk)	1964	siedewassergekühlter Graphitreaktor	286	100	UO_2 (1,5%)	Graphit	H_2O
Kurtschatow II	UdSSR	Belojarsk	1967	siedewassergekühlter Graphitreaktor	560	200	UO_2 (3%)	Graphit	H_2O
·	UdSSR	Melekess (Bez. Uljanowsk)	1965	Siedewasserreaktor	250	70	UO_2 (1,5%)	H_2O	H_2O
BN-350	UdSSR	Fort Schewtschenko (Kaspisches Meer)	1968/69	schneller Brüter[6])	1000	350	UO_2 + UO_2PuO_2		Natrium

Wichtige Kernkraftwerke

Name	Staat	Standort	Inbetriebnahme bzw. geplante Fertigstellung	Reaktortyp	thermische Leistung (MW)	elektrische Leistung (MW)	Brennstoff	Moderator	Kühlmittel
	WD	Kahl a. M.	1961	Siedewasserreaktor	60,4	15,6	UO_2 (2,3···2,6%)	H_2O	H_2O
KRB		Gundremmingen (Bayern)	1966	Siedewasserreaktor	801	237	UO_2 (2,6%)	H_2O	H_2O
KWL		Lingen	1968	Siedewasserreaktor mit fossiler Überhitzung[5])	514	240	UO_2 (2,4%)	H_2O	H_2O
KBWP		Obrigheim	1968	Druckwasserreaktor	907,5	282,7	UO_2 (3%)	H_2O	H_2O
MZFR		Karlsruhe	1965	schwerwassergekühlter und -moderierter Reaktor	228	57	UO_2 (natürliches Isotopengemisch)	D_2O	D_2O
Japan PDR	Japan	Tokai Mura	1963	Siedewasserreaktor	45	12,5	UO_2 (2,6%)	H_2O	H_2O
Japan GCR		Tokai Mura	1965	gasgekühlter Graphitreaktor	585	157	Uran (natürliches Isotopengemisch)	Graphit	CO_2
Candu	Kanada	Douglas Point	1965	schwerwassergekühlter und -moderierter Reaktor	698	203	UO_2 (natürliches Isotopengemisch)	D_2O	D_2O
PWR	USA[4])	Shippingport (Pa.)	1957	Druckwasserreaktor	231 (505)	60 (150)	UO_2	H_2O	H_2O
		San Onofre (Cal.)	1966	Druckwasserreaktor	1210	375	UO_2 (3,6%)	H_2O	H_2O
Connecticut Yankee		Haddam Neck (Conn.)	1967	Druckwasserreaktor	1473	465	UO_2	H_2O	H_2O
		Malibu (Cal.)	1967	Druckwasserreaktor	1473	465	UO_2 (3,8%)	H_2O	H_2O
Oyster Creek		Ocean County (N. Y.)	1967	Siedewasserreaktor	1600	515	UO_2 (2,1%)	H_2O	H_2O
Dresden 2		Morris (Ill.)	1969	Siedewasserreaktor	2300	793		H_2O	H_2O
OMR		Pigua (Ohio)	1963	organisch gekühlter und moderierter Reaktor	45,5	11,4		Terphenyl	Terphenyl
SGR		Hallam (Nebr.)	1962	natriumgekühlter Graphitreaktor	240	75		Graphit	Natrium
Enrico Fermi		Monroe (Mich.)	1963	schneller Brüter	300	90	Uran-Metall-Verbindungen	·	Natrium
HTGR		Peach Bottom (Pa.)	1964	heliumgekühlter Graphitreaktor	115	40		Graphit	Helium-3

[1]) Außer den hier genannten Staaten betreiben bzw. bauen folgende weitere Staaten K.e: Belgien, Niederlande, Norwegen, Schweiz, Spanien, Indien und Pakistan. [2]) Die Prozentangaben bedeuten jeweils den Grad der Anreicherung des $^{235}_{92}U$ im U. [3]) Bedeutung der in der Fachliteratur üblichen Kurzbezeichnungen, wobei nachgestellte Ziffern entweder die Leistung des Kernreaktors bezeichnen oder angeben, ob es sich um den als ersten, zweiten usw. gebauten Kernreaktor handelt: AES Atomnaja elektrostanzija, AKV Atomkraftverk, BN-350 Reaktor na bystrych neutronach 350 MWel, Candu Canadian Deuterium-Uranium-Reactor, DFR Dounreay-Fast-Reactor, EDF Electricité de France, EL Eau Lourde, GCR Gas-Cooled-Reactor, HTGR High-Temperature-Gas-Cooled-Reactor, KBWP Kernkraftwerk Baden-Württemberg Planungsgesellschaft, KRB Kernkraftwerk RWE-Elektrizitätsgesellschaft-Bayernwerk, KWL Kernkraftwerk Lingen, MZFR Mehrzweckforschungsreaktor, OMR Organic-Moderated-Reactor, PDR Power-Demonstration-Reactor, PWR Pressure-Water-Reactor, SELNI Societa Elettronucleare Italiana, SENA Societé d'Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes, SENN Societa Elettronucleare Nazionale, SGHWR Steam-Graphite-Heavy-Water-Reactor, SGR Sodium-Graphite-Reactor, WWER Wodowodjanoi energetitscheski reaktor. [4]) Bei diesem Staat sind nicht alle K. e aufgeführt. [5]) Fossile Überhitzung: zusätzliche Erhitzung des Wassers bzw. Dampfes durch fossile Brennstoffe. [6]) Das K. dient zusätzlich der Meerwasserentsalzung (täglich 120000 m^3).

dem 9. 5. 1966 arbeitet das nach sowjetischen Unterlagen errichtete erste K. der DDR bei Rheinsberg (Mark) mit einer elektrischen Leistung von 70 MW. Über wichtige K.e vgl. Tab. S. 493/94.

Kernladungsgranate, → Geschoß.

Kernladungszahl, svw. → Ordnungszahl 2).

Kernmagnetinstrument, → Drehspulinstrument.

kernmagnetische Resonanz, abg. **NMR** [englisch Nuclear Magnetic Resonance], **Kernspinresonanz, Kerninduktion, Kernresonanzspektroskopie,** ein Teilgebiet der Spektroskopie, speziell der Molekülspektroskopie, das sich mit der Strukturaufklärung an Molekülen beschäftigt. Atomkerne, deren Neutronenzahl nicht durch 4 teilbar ist, besitzen einen nicht verschwindenden Kernspin, dessen Größe durch die Kernspinquantenzahl bestimmt wird. Ungleiche Kernspinquantenzahlen bedeuten in einem Magnetfeld unterschiedliche Energiezustände, wobei der energetische Abstand ΔE zwischen diesen Zuständen linear mit der Magnetfeldstärke ansteigt. Zur Überführung des energetisch tieferen in den energetisch höheren Zustand kann man elektromagnetische Strahlung der Frequenz $\nu = \Delta E/h$, wobei h = Planckssches Wirkungsquantum, benutzen, aus der sich das kernmagnetische Moment berechnen läßt. Bei in Molekülen eingebauten Atomen bewirkt die Umgebung eine geringe Verzerrung des von außen angelegten Magnetfeldes, so daß Resonanz entweder bei einer geringfügigen anderen magnetischen Feldstärke (etwa um den Faktor 10^{-6} verschieden)

oder Strahlungsfrequenz auftritt. Diese Änderungen (chemical shift) lassen Schlüsse auf die molekulare Umgebung des betrachteten Atoms zu und sind ein wichtiges Hilfsmittel des Chemikers für die Strukturaufklärung. Kohlenstoff und Sauerstoff haben im Unterschied zu Wasserstoff, Bor, Fluor und Phosphor keinen Kernspin und werden also mittels dieser Methode nicht erfaßt. Bei Untersuchungen nur an Wasserstoffatomen spricht man von **Protonenresonanz.**

Kernmagneton, → Magneton.

Kernmodell, → Kernphysik.

Kernmomente, → Magneton.

Kernnährstoffe, Hauptnährstoffe, die vier wichtigsten Pflanzennährstoffe Stickstoff N, Phosphor P, Kalium K und Kalzium Ca. Sie müssen den Pflanzen gleichzeitig in harmonischem Verhältnis zur Verfügung stehen und sind deshalb dem Boden durch Düngung in größeren Mengen zuzuführen. Bisweilen bezeichnet man Magnesium als fünften Kernnährstoff.

Kernphotoeffekt, → Kernreaktionen.

Kernphysik, ein Teilgebiet der Physik, das sich mit den Eigenschaften, dem Aufbau und dem Verhalten der Atomkerne beschäftigt. Die wesentlichsten experimentellen Grundlagen sind die Erscheinungen der → Radioaktivität, der Isotopie (→ Isotope) und der künstlichen Kernumwandlung (→ Kernreaktionen).

Die Atomkerne bestehen aus elektrisch positiv geladenen Protonen (Zeichen p) und elektrisch neutralen Neutronen (Zeichen n oder Nn), die man gemeinsam als Nukleonen bezeichnet. Nur der Kern des gewöhnlichen Wasserstoffatoms besteht aus einem Proton allein. Die **Kernladung** ist durch die Zahl der Protonen bestimmt, diese Zahl entspricht der → Ordnungszahl (Kernladungszahl) im Periodensystem. Die Summe aus Protonenzahl und Neutronenzahl ist die Massezahl. Zum Beispiel besteht der Kern des Natriumatoms (Massezahl 23, Ordnungszahl 11, geschrieben $^{23}_{11}$Na) aus 11 Protonen und 12 Neutronen. Für die leichteren Elemente sind Protonenzahl und Neutronenzahl nahezu gleich; demzufolge ist ihre Ordnungszahl ungefähr halb so groß wie die Massezahl. Bei den schwereren Elementen wird die Neutronenzahl wesentlich größer als die Ordnungszahl. So bestehen die Kerne bei $^{238}_{92}$U (Uranisotop mit der Ordnungszahl 92 und der Massezahl 238) aus 146 Neutronen und 92 Protonen. Massenspektroskopische Untersuchungen zeigten, daß fast alle natürlich vorkommenden Elemente Isotopengemische darstellen. Isotope Elemente weisen in ihren Atomkernen die gleiche Zahl Protonen auf; sie unterscheiden sich lediglich durch die Anzahl der Neutronen, so enthalten die beiden Chlorisotope $^{35}_{17}$Cl und $^{37}_{17}$Cl (Ordnungszahl 17) im Kern 17 Protonen, jedoch hat $^{35}_{17}$Cl 18 und $^{37}_{17}$Cl 20 Neutronen. Durch energiereiche Teilchen oder Quanten können die Atomkerne umgewandelt werden (→ Kernreaktionen).

Beim Aufbau von Atomkernen aus Protonen und Neutronen tritt ein Masseverlust (→ Massedefekt) ein. Der Massedefekt entspricht nach der Einsteinschen Masse-Energie-Beziehung $E = \Delta Mc^2$ der Bindungsenergie, der Quelle der Kernenergie.

Messungen der Bindungsenergien haben gezeigt, daß diese von der Zahl der bereits im Kern vorhandenen Nukleonen nahezu unabhängig sind. Das ist aber nur möglich, wenn die Kernkräfte eine sehr kleine Reichweite (höchstens 10^{-13} cm) haben, also nur zwischen Nachbarnukleonen wirken. Der Vergleich mit einem Flüssigkeitstropfen liegt hier nahe, denn in ihm werden die Moleküle auch durch Kräfte aneinander gebunden, die nur geringe Reichweite haben. Von dieser Vorstellung ausgehend, haben unabhängig voneinander Frenkel und Bohr das **Tröpfchenmodell** des Kerns entwickelt, mit dem man die Stabilität der Kerne berechnen kann.

Ein anderes Kernmodell ist das 1928 von Gamow entwickelte **Potentialtopf-** oder **Gamow-Modell.** Nach ihm befinden sich alle Nukleonen eines Kerns in einem „Potentialtopf" und treten dort zu α-Teilchen zusammen. Die Nukleonen können den Topf nur dann verlassen, wenn ihnen von außen Energie durch Quanten- oder Korpuskularstrahlung zugeführt wird. Bei schweren Kernen ist der Potentialtopf bis zum Rand mit Nukleonen gefüllt, so daß diese gelegentlich ohne äußere Energieeinwirkung den Topf verlassen. Dieser quantenmechanische → Tunneleffekt erklärt die α-Teilchenemission der natürlichen α-Strahler.

Nach dem **Schalenmodell** sind die Nukleonen auf Schalen angeordnet, ähnlich wie die Elektronen der Atomhülle im Bohrschen Atommodell. Dementsprechend gelten für die Teilchenemissions- und -absorptionsvorgänge ähnliche Quantengesetze wie für die Emission und Absorption von Licht durch die Elektronenhülle. Das Schalenmodell erklärt auch die Isomerie von Atomkernen in einfacher Weise.

Die Theorie der Atomkerne ist in voller Entwicklung. Ein einzelnes Kernmodell gestattet noch nicht, alle Effekte zu erklären. Die entscheidende Rolle im Kern spielen wahrscheinlich die π-Mesonen, die die Natur der Kernkräfte bestimmen (→ Austauschenergie, → Quantentheorie der Felder).

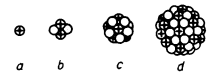
Lit. Blatt u. Weißkopf: Theoretische K. (Leipzig 1959); Espe u. Kuhn: Elementare Grundlagen der K. (Leipzig 1958); Heisenberg: Die Physik der Atomkerne (3. Aufl. Braunschweig 1949); Hertz: Grundlagen und Arbeitsmethoden der K. (Berlin 1957), Lehrbuch der K. (3 Bde Leipzig 1958–1962); Korsunski: Der Atomkern (dtsch Halle 1953); Kunz u. Schintlmeister: Tabellen der Atomkerne, Tl I Eigenschaften der Atomkerne, 2 Bde, Bd 1: Die Elemente Neutron bis Zinn (Berlin 1958), Bd 2: Die Elemente Antimon bis Nobelium (Berlin 1959), Tl II Kernreaktionen, 4 Bde, Bd 1: Die Elemente Neutron bis Magnesium (Berlin 1955), Bd 2: Die Elemente Aluminium bis Schwefel (Berlin 1967), Bd 3: Die Elemente Chlor bis Calcium (Berlin 1967); Ztschr.: Kernenergie, Ztschr. für Kernforschung und Kerntechnik (Berlin); → Atomphysik.

Kernplatten, spezielle Photoplatten. K. sind → Strahlungsdetektoren zum Nachweis und zur Erforschung geladener Teilchen für spezielle Aufgaben in der Kernphysik. Die Emulsionen der K. **(Kernspuremulsionen),** in denen geladene Teilchen beim Durchlaufen ihre Spuren erzeugen, enthalten wesentlich mehr Silberbromid und sind viel gleichmäßiger und feinkörniger als normale (optische) Photoplatten.

Kernprozesse, svw. → Kernreaktionen.

Kernreaktionen, Kernprozesse, Vorgänge, bei denen Atomkerne entweder durch Beschuß mit Quanten oder atomaren Teilchen angeregt (Kernanregung), umgewandelt (Kernumwandlung), gespalten (Kernspaltung), zertrümmert (Kernzertrümmerung, Spallation) oder aufgebaut (Kernfusion, Kernverschmelzung) werden oder — bei der natürlichen → Radioaktivität — sich ohne äußere Einwirkungen umwandeln.

1) Bei den **Kernumwandlungen** können verschiedene Reaktionstypen auftreten. Bei einer *Einfangreaktion* bleibt das Geschoß im Kern stecken; der Kern sendet danach Energie in Form von Gammastrahlung aus. Dieser Reaktionstyp tritt besonders häufig bei Beschuß mit langsamen (thermischen) Neutronen auf. Bei einer *Austauschreaktion* nimmt der Kern ein Teilchen auf und emittiert darauf ein Teilchen anderer Art. Bei genügend großer Geschoßenergie können außerdem noch weitere Teilchen (meist Neutronen) aus dem Kern austreten. Bei der *elastischen Streuung* wird ein Teilchen vom Kern aufgenommen und ein diesem Teilchen gleichgeartetes abgegeben. Bei der *unelastischen Streu-*



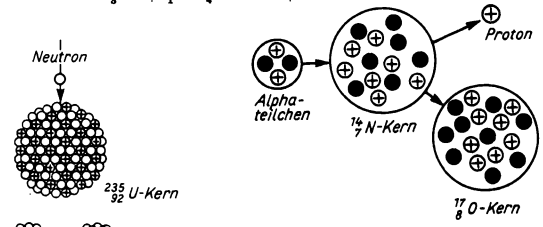
a *b* *c* *d*

Schematischer Aufbau einiger Atomkerne: *a* Wasserstoffkern mit 1 Proton, *b* Heliumkern mit 2 Protonen und 2 Neutronen, *c* Stickstoffkern mit 7 Protonen und 7 Neutronen, *d* Mangankern mit 25 Protonen und 29 Neutronen

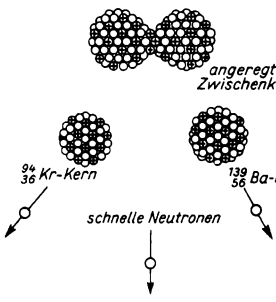
ung kommt hinzu, daß ein Teil der kinetischen Energie des Geschoßteilchens vom Kern als Gammastrahlung abgegeben wird. Beim *Kernphotoeffekt* wird ein Gammaquant absorbiert und meist ein Neutron emittiert.

Die erste künstliche Kernumwandlung gelang 1919 Rutherford. In einer Nebelkammer befindliche Stickstoffatome setzte er der Einwirkung von Alphateilchen ($^4_2$He) aus, die beim Zerfall des natürlichen radioaktiven RaC' ($^{214}_{84}$Po) emittiert werden. Dabei wandelten sich Stickstoffkerne $^{14}_{7}$N zunächst in instabile Fluorkerne $^{18}_{9}$F um, die jeweils unter Aussendung eines Protons p ($^1_1$H) in den Sauerstoffkern $^{17}_{8}$O übergingen: $^{14}_{7}\mathrm{N} + {}^4_2\mathrm{He} \rightarrow {}^{17}_{8}\mathrm{O} + {}^1_1\mathrm{H}$ oder mit dem Buchstaben α für $^4_2$He und dem Zeichen p für $^1_1$H auch kurz $^{14}_{7}$N (α, p) $^{17}_{8}$O (Abb. 1). Die Reaktionsprodukte hinterließen in der Nebelkammer sichtbare Spuren.

Heute werden zur Auslösung von K. an Stelle der beim Zerfall natürlicher radioaktiver Elemente ausgeschleuderten Partikeln meist Teilchen verwendet, die in Teilchenbeschleunigern die erforderliche Geschwindigkeit erhalten haben. Die erste mit künstlich beschleunigten Teilchen hervorgerufene Kernumwandlung gelang 1932 Cockcroft und Walton. Sie beschossen Lithium mit Protonen von 700 keV (Kiloelektronenvolt) kinetischer Energie und erhielten α-Teilchen: $^7_3\mathrm{Li} + \mathrm{p} \rightarrow {}^8_4\mathrm{Be} \rightarrow \alpha + \alpha$.



1 Kernumwandlung: Der mit einem Alphateilchen beschossene $^{14}_{7}$N-Kern wandelt sich unter Aussendung eines Protons in einen $^{17}_{8}$O-Kern um



2 Kernspaltung: Die bei der Spaltung von Uran-235 in Krypton-94 und Barium-139 frei werdenden energiereichen Neutronen können andere Urankerne treffen und eine Kettenreaktion auslösen

Das von Chadwick 1932 entdeckte Neutron (Zeichen n) hat für künstliche Kernumwandlungen große Bedeutung. Es vermag auf Grund seiner Ladungslosigkeit leicht in Kerne einzudringen. Während geladene Teilchen entsprechende kinetische Energien brauchen, um gegen die abstoßenden elektrostatischen Kräfte in den Kern einzudringen, vermögen selbst langsame Neutronen K. hervorzurufen.

Der Prozeß der Kernumwandlung blieb nicht nur auf die Umwandlung verschiedener bekannter Elemente ineinander beschränkt. 1934 gewann das Forscherehepaar Joliot-Curie zum ersten Mal künstlich radioaktive Elemente. So entstand bei Beschuß von Aluminium $^{27}_{13}$Al mit Alphateilchen ($^4_2$He) neben einem Neutron ein in der Natur nicht vorkommendes Phosphorisotop $^{30}_{15}$P, das mit einer Halbwertszeit von 2,55 min unter Emission eines Positrons (Zeichen e^+) in ein stabiles Siliziumisotop zerfällt: $^{27}_{13}\mathrm{Al} + {}^4_2\mathrm{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\mathrm{P} + {}^1_0\mathrm{n}$; $^{30}_{15}\mathrm{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\mathrm{Si} + e^+$. E. Fermi gelang es, erstmalig künstlich radioaktive Stoffe durch Neutronenbeschuß zu erzeugen. Heute kennt man etwa 1500 künstlich hergestellte Radionuklide. Ferner gelang die Darstellung der Transurane. So führt z. B. der Beschuß des Uranisotops $^{238}_{92}$U mit schnellen Neutronen zu dem Uranisotop $^{239}_{92}$U, einem Betastrahler, der mit einer Halbwertszeit von 23,54 min in das Neptuniumisotop $^{239}_{93}$Np umgewandelt wird. Dieses wiederum zerfällt unter Aussendung von Betastrahlung mit einer Halbwertszeit von 2,346 d (d = Tag) in das Plutoniumisotop $^{239}_{94}$Pu. Mit einer Halbwertszeit von etwa 24000 a (a = Jahr) verwandelt sich $^{239}_{94}$Pu unter Aussendung von Alphastrahlung in das Uranisotop $^{235}_{92}$U. Die gesamte Reaktion verläuft folgendermaßen: $^{238}_{92}\mathrm{U} + \mathrm{n} \rightarrow {}^{239}_{92}\mathrm{U}$; $^{239}_{92}\mathrm{U} \xrightarrow[23{,}54\,\mathrm{min}]{\beta} {}^{239}_{93}\mathrm{Np} \xrightarrow[2{,}346\,\mathrm{d}]{\beta} {}^{239}_{94}\mathrm{Pu} \xrightarrow[24000\,\mathrm{a}]{\alpha} {}^{235}_{92}\mathrm{U}$. Bei Beschuß mit Deuteronen (d) erhält man folgenden Ablauf: $^{238}_{92}\mathrm{U} + \mathrm{d} \rightarrow 2\mathrm{n} + {}^{238}_{93}\mathrm{Np} \xrightarrow[2{,}1\,\mathrm{d}]{\beta} {}^{238}_{94}\mathrm{Pu} \xrightarrow[86{,}4\,\mathrm{a}]{\alpha} {}^{234}_{92}\mathrm{U}$.

2) Die **Kernspaltung** führt nach Aufnahme eines Neutrons oder eines energiereichen Quants zur Teilung des Kerns (Abb. 2). Neben den beiden Kernteilen werden mehrere Neutronen frei. Die Kernspaltung wurde 1938 von O. Hahn und F. Strassmann beim Beschuß des Uranisotops $^{235}_{92}$U mit langsamen (thermischen) Neutronen entdeckt und durch Lise Meitner und O. Frisch theoretisch erklärt. $^{235}_{92}$U zerfällt dabei in zwei Spaltprodukte, deren Massen sich etwa wie 2:3 verhalten. Die leichten Spaltprodukte haben Massezahlen von 80 bis 110, die schweren solche von 125 bis 155. $^{235}_{92}$U zerfällt z. B. in Brom (leichtes Spaltprodukt) und Lanthan (schweres Spaltprodukt) oder in Krypton (leicht) und Barium (schwer). Die Kernladungszahlen (Ordnungszahlen) der beiden Spaltprodukte ergänzen sich dabei zu 92, d. h. zur Kernladungszahl des Urans. Mit entsprechend energiereichen Teilchen lassen sich alle schweren und mittelschweren Kerne spalten.

Da die Atomkerne mit steigender Ordnungszahl im Verhältnis zur Protonenzahl stets mehr Neutronen enthalten, haben die Spaltprodukte als relativ leichte Kerne einen Neutronenüberschuß. Dieser instabile Zustand wird durch Elektronen- oder Neutronenemission abgebaut; deshalb sind die Spaltprodukte immer radioaktiv.

Unmittelbar bei der Kernspaltung des $^{235}_{92}$U werden im Mittel 2 bis 3 energiereiche Neutronen frei. Dieser Prozeß liefert also die Geschosse, die die Anfangsreaktion auslösen, und somit ist prinzipiell eine *Kernkettenreaktion* möglich. Eine derartige Reaktion kann unter Kontrolle im → Kernreaktor genutzt werden, ungesteuert führt sie zu einem lawinenartigen Anwachsen der Zahl der Spaltvorgänge, → Kernwaffen. Auch bei $^{238}_{92}$U, $^{239}_{94}$Pu und $^{241}_{94}$Pu sind beim Spaltungsprozeß Kernkettenreaktionen möglich.

3) **Kernzertrümmerung (Spallation)** kann bei Verwendung von Geschossen mit sehr großer Energie, z. B. Protonen und Alphateilchen, eintreten.

4) Bei der → **Kernfusion** werden bei hohen Temperaturen leichte Atomkerne zu schwereren verschmolzen.

5) Eine neue energieerzeugende Kernreaktion wurde von L. W. Alvarez und Mitarbeitern entdeckt. In eine Blasenkammer, die mit flüssigem Wasserstoff gefüllt ist, werden μ^--Mesonen (Myonen) eingeschossen. Fängt ein Proton ein solches μ^--Meson in eine Hüllenbahn ein, so hat das entstandene Meson-Atom einen etwa 200mal kleineren Durchmesser als ein gewöhnliches Wasserstoffatom und kann deshalb einem Deuteron d so nahe kommen, daß die Reaktion $\mathrm{d}(\mu^-\mathrm{H}, \gamma + \mu^-)^3\mathrm{He}$ einsetzt. Bei dieser Reaktion wird neben der Gammastrahlung eine Energie von 5,5 MeV frei; außerdem bleibt das Meson

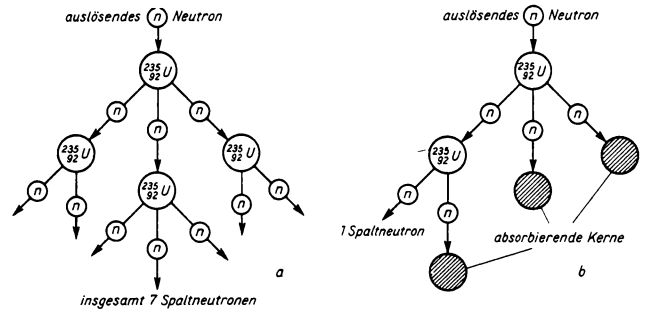
erhalten und kann bei weiteren Prozessen als Katalysator wirken. Eine Kettenreaktion kommt jedoch wegen der kurzen Lebensdauer der μ^--Mesonen von etwa $2 \cdot 10^{-6}$ s nicht zustande. Für eine technische Energieerzeugung wären entsprechende Teilchen mit einer Lebensdauer von etwa 20 min erforderlich.

Lit. → Kernphysik.

Kernreaktor (Tafeln 38 und 44), **Reaktor, Pile** (aus dem Englischen), unexakt auch **Atombrenner, Atommeiler, Atomreaktor** oder **Atomsäule** genannt, eine Anlage zur Erzeugung von Kernenergie und Radionukliden unter Ausnutzung der geregelten Kernspaltung. Als spaltbares Material verwendet man entweder natürliches Uran, das sich zu etwa 99,3 % aus dem Isotop $^{238}_{92}U$, zu etwa 0,7 % aus dem Isotop $^{235}_{92}U$ und einer Spur Isotop $^{234}_{92}U$ zusammensetzt, wobei als unmittelbarer Spaltstoff und Energielieferant nur das Isotop $^{235}_{92}U$ wirkt, oder mit dem Isotop $^{235}_{92}U$ in Diffusionsanlagen künstlich angereichertes Uran oder das künstlich aus $^{238}_{92}U$ erzeugte Plutoniumisotop $^{239}_{94}Pu$ oder das künstlich aus Thorium erzeugte $^{233}_{92}U$. Die Kernspaltung wird durch Neutronen verursacht, wobei es darauf ankommt, eine Kettenreaktion in Gang zu halten. Dazu ist eine ausreichende Menge Spaltstoff in geeigneter Anordnung erforderlich. Falls weniger als diese *kritische Masse* vorhanden ist, kann sich die Kettenreaktion nicht ausbilden. Je nach Art und Anordnung des Spaltstoffes kann die kritische Masse zwischen einigen Tonnen und etwa 1 kg liegen. Im Unterschied zu der explosionsartigen Kettenreaktion in der Kernspaltungsbombe wird die im K. ablaufende Kettenreaktion geregelt.

I) Arbeitsweise eines K.s, der als Spaltstoff natürliches oder mit $^{235}_{92}U$ angereichertes Uran verwendet: Durch Auftreffen eines Neutrons, das z. B. aus der Höhenstrahlung stammt, wird ein $^{235}_{92}U$-Kern gespalten. Als Spaltprodukte entstehen zwei (meist radioaktive) Kerne mit Massezahlen zwischen 72 und 160 sowie zwei bis drei schnelle Neutronen (→ Kernreaktionen). Da die Spaltung von $^{235}_{92}U$ um so wahrscheinlicher ist, je langsamer die die Spaltung auslösenden Neutronen sind, werden die beim Spaltungsprozeß frei werdenden Neutronen mit Hilfe von Bremssubstanzen (→Moderator) verlangsamt. Dabei kommt es vor allem darauf an, den Einfang der Neutronen durch $^{238}_{92}U$ zu verhindern und wenigstens ein Neutron zu weiterer Spaltung zu führen (Aufrechterhaltung der Kettenreaktion, Abb. 1). Neben den Neutronenverlusten durch $^{238}_{92}U$-Einfang können noch Verluste durch Absorption im Moderator und durch Abwanderung nach außen auftreten. Letztere lassen sich durch einen den Reaktor umgebenden *Reflektor* vermindern.

Für den stationären Betrieb eines K.s muß der Neutronen-Multiplikationsfaktor genau auf dem Wert 1 gehalten werden. Das bedeutet, daß von den zwei bis drei bei der Spaltung frei werdenden Neutronen immer nur eines eine weitere Kernspaltung herbeiführen darf. Werden es mehr, so nimmt die Kettenreaktion einen ansteigenden Verlauf, andernfalls erlischt sie. Zum Abfangen überzähliger Neutronen läßt man in den K. in dafür vorgesehene Kanäle *Absorber*, d. s. Stäbe aus Kadmium, Hafnium oder Bor (Borstahl, Borkarbid; mit $^{10}_{5}B$ als wirksamem Teil), eintauchen. Diese Elemente besitzen ein besonders starkes Absorptionsvermögen für langsame Neutronen. Bei einem Anstieg des Multiplikationsfaktors über 1 hinaus werden die Absorber – im allgemeinen automatisch – tiefer in den K. eingeführt. Bei einer bestimmten Stellung der Absorber wird die Kettenreaktion unterbrochen, d. h. der K. außer Betrieb gesetzt. Die leichte und gefahrlose Regelung des K.s wird folgendermaßen ermöglicht: Von den Neutronen, die bei den Kernspaltungen entstehen, werden etwa 99 % im Augenblick der Spaltung als „prompte" Neutronen frei. Sie stoßen bereits nach etwa 10^{-8} s wieder mit anderen Kernen zusammen. Gäbe es nur diese prompten Neutronen, so müßte eine Regelung des K.s also in kürzester Zeit erfolgen und wäre deshalb sehr schwierig. Da aber etwa 1 % der Spaltneutronen erst nach ungefähr 10 s als „verzögerte" Neutronen von den Spaltprodukten emittiert werden, läßt sich der Multiplikationsfaktor leichter auf den Wert 1 einregulieren.



1 Kernspaltung von Uran-235 ($^{235}_{92}U$): *a* Vervielfachung der Neutronen (n), *b* Wirkung der Absorber

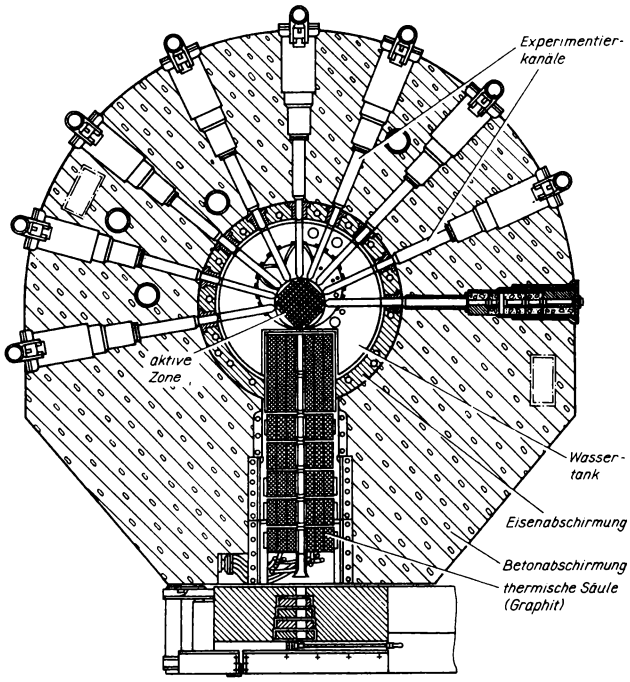
II) Reaktortypen. 1) Nach der Energie der Spaltneutronen unterscheidet man folgende Typen: a) Im allgemeinen wird die gewünschte Kettenreaktion durch langsame (thermische) Neutronen ausgelöst. b) In **schnellen K.en** wird die Kettenreaktion durch schnelle Neutronen aufrechterhalten. Die schnellen K.en arbeiten mit möglichst reinem Spaltmaterial und ohne Moderator. Sie sind unter anderem für transportable Anlagen geeignet, da sie wegen des fehlenden Moderators ein günstiges Verhältnis von erzeugter Leistung zu Eigenmasse aufweisen. Die Regelung der Kettenreaktion ist schwierig, denn für schnelle Neutronen gibt es keine Absorber wie für thermische. Prinzipiell kann die Regelung so erfolgen, daß der Spaltstoff in Teilen vorliegt, deren gegenseitiger Abstand bestimmt, wann der K. kritisch bzw. unterkritisch wird. Schnelle K.en können als Brutreaktoren (s. u.) ausgebildet sein. c) Als **epithermische K.en** bezeichnet man K.en, die eine Moderatorsubstanz enthalten, bei denen aber die überwiegende Zahl der Neutronen nicht bis auf thermische Energie abgebremst wird.

2) Nach der Zusammensetzung von Spaltstoff und Moderatorsubstanz unterscheidet man homogene und inhomogene (heterogene) K.en. a) Beim **homogenen K.** sind Spaltstoff und Moderator in unterschiedlicher Weise miteinander vermischt: Im **keramischen Reaktor** liegt eine Mischung von Feststoffen vor. Der **Suspensionsreaktor** enthält eine Aufschwemmung des Spaltstoffes im Moderator. Beim **Lösungsreaktor** ist meist ein Uransalz in schwerem Wasser gelöst, wobei das Wasser zugleich Moderator ist. b) Beim **inhomogenen (heterogenen) K.** sind Spaltstoff und Moderator getrennt angeordnet, z. B. Uranstäbe in Graphit, oder der Spaltstoff hängt in einem Wasserbad (Moderator und Kühlmittel). Der letztgenannte Reaktortyp wird als **Swimmingpoolreaktor** bezeichnet.

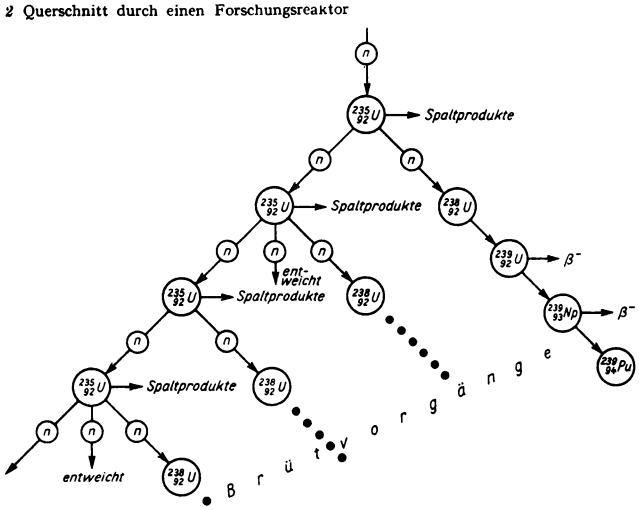
3) Nach der Art des angewendeten Moderators unterscheidet man K.en mit Wasser, schwerem Wasser, Graphit u. a.

4) Nach der Art der Kühlung oder der Wärmeenergieabführung im „Wärmeaustauscher" unterscheidet man Hochtemperaturreaktoren,

Koch- oder Siedewasserreaktoren und Druckwasserreaktoren. a) Im **Hochtemperaturreaktor** wird das Wärmeübertragungsmittel, ein Edelgas, so hoch erhitzt, daß moderne Dampfkraftwerke damit betrieben werden können. Als Reaktormaterialien werden feuerfeste keramische Stoffe verwendet. b) Im **Koch-** oder **Siedewasserreaktor** wird zu 90 % an $^{235}_{92}U$ angereichertes Uran verwendet. Die streifenförmigen Brennstoffelemente hängen unmittelbar im Wasser, das sowohl als Moderator als auch als Kühlmittel dient. Das Kühlwasser wird z. T. verdampft und gelangt direkt zu einem Turbogenerator. c) Im **Druckwasserreaktor** wird das Sieden des Kühlwassers durch einen Druck bis zu 140 at (bei Wassertemperaturen bis zu 300 °C) verhindert. Flüssige Metalle lassen sich als Reaktorkühlmittel bis auf 550 °C erhitzen.



2 Querschnitt durch einen Forschungsreaktor



3 Vorgänge in einem Brutreaktor

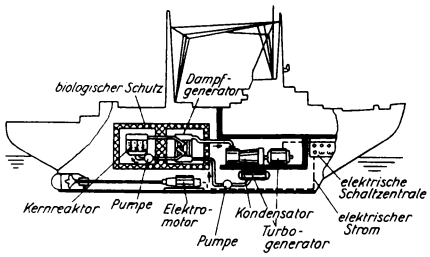
5) Nach dem Verwendungszweck unterscheidet man Forschungsreaktoren, Spaltstofferzeuger und Energiereaktoren. a) **Forschungsreaktoren** (Abb. 2) dienen als Neutronenquelle für kernphysikalische Untersuchungen, zur Erzeugung von Radionukliden und zu allgemeinen Untersuchungen an K.en. b) **Spaltstofferzeuger** dienen zur Umwandlung von in der Natur vorkommenden, gewöhnlich nicht spaltbaren Stoffen in spaltbare Stoffe, die nicht natürlich vorkommen. Ein Teil der bei der Kernspaltung frei werdenden Neutronen wird dabei dazu benutzt, Uran-238 in Plutonium-239 (Abb. 3) oder Thorium-232 in Uran-233 umzuwandeln: $^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}U$, $^{239}_{92}U \xrightarrow{2{,}3\,d} {}^{239}_{93}Np + \beta^-$, $^{239}_{93}Np \xrightarrow{23\,min} {}^{239}_{94}Pu + \beta^-$; $^{232}_{90}Th + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{233}_{90}Th$, $^{233}_{90}Th \xrightarrow{23{,}5\,min} {}^{233}_{91}Pa + \beta^-$, $^{233}_{91}Pa \xrightarrow{27{,}4\,d} {}^{233}_{92}U + \beta^-$ (d = Tag). Von einem **Brutreaktor** spricht man, wenn je Zeiteinheit zur Aufrechterhaltung der Kettenreaktion weniger Spaltstoff verbraucht als auf diese Weise neu gebildet wird. Ist die neu erzeugte Spaltstoffmenge kleiner als die verbrauchte, bezeichnet man einen solchen K. als **Konverter**. c) **Energiereaktoren (Leistungsreaktoren)**, die thermische, epithermische oder schnelle K.en sein können, dienen zur Erzeugung von Elektroenergie in → Kernkraftwerken sowie zur Erzeugung von Elektroenergie zum Antrieb von → Schiffen (Abb. 4). Die Möglichkeit, Kernenergie zum Antrieb von → Lokomotiven, → Luftfahrzeugen und → Raketen zu nutzen, wird z. Z. untersucht.

Der erste K. der DDR ist der mit Hilfe der SU errichtete Forschungsreaktor im Zentralinstitut für Kernforschung in Rossendorf bei Dresden, der Ende 1957 in Betrieb genommen wurde. Er ist ein heterogener K., bei dem mit 10 % $^{235}_{92}U$ angereicherte Uranstäbe, die mit einer dünnen Aluminiumschicht umkleidet und gitterartig angeordnet sind, als Brennstoff verwendet werden und destilliertes Wasser als Moderator und Kühlmittel (daher Wasser-Wasser-Reaktor) sowie als Reflektorschicht dient. Der biologische Panzer ist aus Gußeisen und Schwerstbeton aufgebaut. Der Reaktorkern ist ein Zylinder von 50 cm Höhe und 50 cm Durchmesser. Von den entstehenden Spaltneutronen kann ein verhältnismäßig großer Anteil für physikalische Untersuchungen und zur Erzeugung von Radionukliden benutzt werden. Seit Mai 1966 arbeitet der erste Energiereaktor der DDR im Kernkraftwerk Rheinsberg.

III) Aufbau eines Energiereaktors. Die Spaltstoffe werden als Festkörper (Metall, Oxid, Legierung, Karbid, Keramik), als Schmelze oder als Lösung verwendet; sie sind im Moderator angeordnet oder mit ihm vermischt. Feste Spaltstoffelemente sind meist als Rohre ausgebildet. Sie stecken zur Verhinderung der Korrosion und zum Fernhalten der Spaltstoffe vom Kühlmittel in gasdichten Metallhülsen (Aluminium, Beryllium, rostfreier Stahl oder Zirkonium). Dieser Reaktorkern (*aktive Zone*) befindet sich in einem hermetisch abgeschlossenen Stahlzylinder (*thermischer Panzer*), der mit Helium- oder Stickstoffgas gefüllt ist. Die Anlage ist von einem *Reflektor* aus Graphit, Berylliumoxid oder Wasser umgeben. Zum Zwecke des Strahlenschutzes ist noch eine weitere Schutzwand (*biologischer Panzer*), z. B. aus Spezialbeton (Barytbeton u. a.), vorhanden. Die im Reaktorkern entstehende Wärme geht an ein Kühlmittel über, → Kernkraftwerk.

IV) Technische Probleme beim K. Die Überwachung der Anlage erfolgt in der Hauptsache durch Temperaturmessung an vielen Stellen. Insbesondere dürfen beim heterogenen K.

die Spaltstoffstäbe nicht zu heiß werden, damit ihr dünner Überzug nicht zerstört wird. Außerdem ist die gesamte Anlage mit Warn- und Alarmeinrichtungen versehen, die sofort Kenntnis geben, wenn an irgendeiner Stelle, wo Menschen arbeiten, gefährliche Dosen radioaktiver Strahlung auftreten. Ferner hängen über entsprechenden Kanälen des Reaktorkerns Sicherheitsstäbe (Absorberstäbe), die im Fall eines plötzlichen Anstiegs des Multiplikationsfaktors über 1 automatisch ausgelöst werden und in den K. fallen.



4 Gemischter Kernenergie-Turboelektro-Antrieb eines Schiffes (sowjetischer Eisbrecher „Lenin")

Das Material des K.s erfährt durch Neutronenbeschuß völlig neuartige Beanspruchungen. Für die Hülsen der Spaltstoffelemente fordert man geringes Neutronenabsorptionsvermögen und große Wärmefestigkeit. Einige Stoffe müssen außerordentlich rein sein. Nach einer bestimmten Betriebszeit ist es notwendig, aus den Spaltstoffen des K.s die gebildeten Spaltprodukte, die ebenfalls Neutronen absorbieren und zu einer allmählichen „Verschlackung" des K.s führen, zu entfernen. Beim inhomogenen K. nimmt man dazu die Spaltstoffelemente aus dem K. heraus und bearbeitet sie u. U. weiter. Die entsprechenden Arbeitsgänge müssen unter besonderen Sicherheitsvorkehrungen erfolgen, da die Spaltstoffe stark radioaktiv sind. Alle Abfallprodukte werden beseitigt (→ Atommüll).

V) Leistung und Wirtschaftlichkeit von K.en. Bei der Spaltung eines $^{235}_{92}U$-Kernes wird eine Energie von etwa 175 MeV sofort frei. Zur Erzeugung einer (Wärme-)Leistung von 1 W sind deshalb $3{,}1 \cdot 10^{10}$ Spaltungen je Sekunde erforderlich. Weiteres → Kernkraftwerk. Die Leistung von Forschungsreaktoren liegt im allgemeinen zwischen einigen Watt und etwa 10 MW (Megawatt).

Lit. Cap: Physik und Technik der Atomreaktoren (Wien 1957); Lexikon der Kern- und Reaktortechnik, hg. von Höcker u. Weimer (Stuttgart 1958); Petrow: Kernenergie-Anlagen (dtsch Berlin 1959); Riezler-Walcher: Kerntechnik (Stuttgart 1958); → Kernphysik, → Atomphysik.

Kernresonanzspektroskopie, svw. → kernmagnetische Resonanz.

Kernspaltung, eine → Kernreaktion.

Kernspaltungsbombe, → Kernwaffen.

Kernspektroskopie, Kernspektrometrie, ein Teilgebiet der Spektroskopie, das die Energie und Intensität vor allem der Alpha- und Betateilchen, der Gammastrahlung und der Neutronen, die von radioaktiven Atomkernen ausgesandt werden, ermittelt. Für geladene Teilchen verwendet man dazu magnetische oder elektrische Felder, die in geeigneter Weise auf die Teilchenstrahlen einwirken. Die Energie der Gammastrahlung wird aus der Energie der Photoelektronen, Rückstoßelektronen oder Elektronenpaare bestimmt, die von der Gammastrahlung z. B. im Leuchtstoff eines Szintillationszählers ausgelöst werden.

Kernspinresonanz, svw. → kernmagnetische Resonanz.

Kernspuremulsion, → Kernplatten.

Kernsynthese, svw. → Kernfusion.

Kerntechnik (Tafel 44), ein Gebiet der Technik, das sich direkt oder mittelbar mit dem Atomkern als Strahlungs- und Energiequelle befaßt. Zur K. gehören Berechnung, Entwicklung, Bau und Betrieb von Kernreaktoren und Kernkraftwerken, insbesondere Entwicklung und Konstruktion von Geräten und Apparaten für Kontrolle, Fernbedienung und Sicherheitseinrichtungen, Berechnungen und Untersuchungen über Wärmeübertragung, Wärmeaustausch und Kühlmittelpumpen (z. B. für flüssiges Metall), Untersuchung der Einflüsse der Strahlungen auf die verwendeten Werkstoffe, weiterhin Entwicklung von Methoden und Verfahren zur Herstellung von Stoffen höchsten Reinheitsgrades, Spaltstoffaufbereitung, Isotopentrennung, Handhabung radioaktiver Substanzen, Beseitigung radioaktiver Abfälle, Abwasserfragen, Strahlenschutz, Meßtechnik, Anwendung stabiler und radioaktiver Nuklide.

Lit. → Kernphysik, → Atomphysik, → Radioaktivität, → Radionuklide.

Kernumwandlung, eine → Kernreaktion.

Kernverschmelzung, svw. → Kernfusion.

Kernwaffen, nukleare Waffen, unexakt auch **Atomwaffen** genannt, Massenvernichtungswaffen, deren vernichtende und zerstörende Wirkungen auf der Freisetzung von Kernenergie beruhen. Die Einteilung der K. kann nach der Art und dem Ablauf der Energiefreisetzung, nach der Explosionsstärke, der Art der verwendeten Kernladung und der militärischen Zweckbestimmung vorgenommen werden. Nach der Art der Energiefreisetzung unterscheidet man Kernspaltungswaffen und Kernsynthesewaffen, nach dem Ablauf der Energiefreisetzung Einphasen- und Mehrphasenkernwaffen. Bei **Kernspaltungswaffen** entsteht die Explosionsenergie durch Aufspaltung schwerer, energiereicher Atomkerne, insbesondere von Uran, Plutonium und Kalifornium, in leichte, energieärmere Atomkerne im Prozeß einer Kettenreaktion, bei **Kernsynthesewaffen** durch Verschmelzung leichter, energiereicher Atomkerne, insbesondere von Wasserstoff, zu schweren, energieärmeren Atomkernen im Prozeß einer thermonuklearen Reaktion. Bei **Einphasenkernwaffen** beruht die Energiefreisetzung entweder nur auf Kernspaltung, z. B. bei der Kernspaltungsbombe, oder nur auf Kernsynthese, z. B. bei der Neutronenbombe; bei **Mehrphasenkernwaffen** entsteht die Explosionsenergie aufeinanderfolgend durch Kernspaltungs- und Kernsynthesereaktionen in zwei oder drei Phasen **(Zwei-, Dreiphasenkernwaffen).** Die Explosionsstärke als ein Maß für die freigesetzte Energiemenge wird meist als Energieäquivalent des Sprengstoffes Trinitrotoluol (TNT) in Tonnen (t), Kilotonnen (kt) oder Megatonnen (Mt) angegeben. Sie liegt bei den heute verfügbaren K. etwa in den Grenzen von 5 t bis 100 Mt TNT.

K. können als Bomben, Raketenwaffen, Granaten, Land- und Seeminen und Torpedos zum Einsatz kommen. **Kernwaffenträger** sind dementsprechend Flugzeuge, Raketen, Geschütze und Kriegsschiffe.

1) Die Kernspaltungswaffen, deren typischer Vertreter die **Kernspaltungsbombe** – bekannt geworden als **Atombombe,** abg. **A-Bombe** – ist, verwenden als spaltbares Material das Uranisotop ^{235}U, das im natürlichen Uran nur mit 0,7 % vorkommt, das Plutoniumisotop ^{239}Pu, das künstlich im Kernreaktor aus dem im natürlichen Uran zu 99,3 % enthaltenen ^{238}U gewonnen wird, und neuerdings das Element Kalifornium, das ebenfalls künstlich im Kernreaktor gewonnen wird. Ein Körper aus solchem spaltbaren Material explodiert im Augenblick seines Ent-

stehens, wenn er die kritische Masse erreicht, d. h., wenn für jedes zu einer Spaltung verbrauchte Neutron von den dabei gebildeten 2 bis 3 Neutronen mindestens eins für eine weitere Spaltung übrigbleibt. Die Explosion wird bereits durch ein einziges langsames Neutron eingeleitet, das aber überall vorhanden sein, z. B. aus der Höhenstrahlung kommen kann, oder durch spontanen Zerfall eines der spaltbaren Kerne selbst, d. h. also, die Kernspaltungsbombe zündet sich selbst. Bei jeder einzelnen Kernspaltung entstehen unmittelbar 2 bis 3 neue Neutronen (Sekundärneutronen), die nun weitere Kerne spalten, so daß augenblicklich die Kettenreaktion abläuft, und zwar ungesteuert im Unterschied zu der gesteuerten Kettenreaktion im Kernreaktor. Unterhalb der kritischen Masse kommt es nicht zur Kettenreaktion, da die gegebenenfalls erzeugten ersten Sekundärneutronen aus dem Körper herausfliegen, ohne mit einem spaltbaren Kern zusammengestoßen zu sein. Die kritische Masse liegt z. B. für ^{235}U bei etwa 13 kg. Solange die Bombe nicht explodieren soll, muß sie in voneinander getrennte Teile unterkritischer Masse zerlegt sein. Diese einzelnen Spaltmaterialteile müssen im Moment der Zündung schlagartig und möglichst vollkommen miteinander verbunden werden, damit möglichst viele Kernreaktionen stattfinden, ehe die Bombe auseinanderfliegt. Das erfolgt z. B. durch eine gewöhnliche Sprengstoffexplosion, die die Spaltmaterialteile der Kernspaltungsbombe gleichsam zusammenschießt. Damit in kürzester Zeit möglichst viele Atomkerne gespalten werden, verwendet man schnelle Neutronen (im Unterschied zum Kernreaktor, in dem im allgemeinen langsame verwendet werden), obwohl schnelle Neutronen mit geringerer Wahrscheinlichkeit spalten als langsame. Damit möglichst wenig Neutronen abgefangen werden, muß das Spaltmaterial sehr rein, d. h. frei von Fremdatomen, vorliegen. Die Wirkung der Bombe läßt sich erhöhen, wenn man sie mit einem schweren Panzer, z. B. aus Wismut, umgibt, der das Zerplatzen verzögert und außerdem Neutronen reflektiert.

Eine Kernspaltungsbombe explodiert in etwa 10^{-6} s. Die dabei frei werdende Energie erhitzt in erster Linie die Bombe, die im Augenblick der Explosion in Dampf aufgeht, auf mehrere Millionen Grad. 1 kg ^{235}U oder ^{239}Pu entwickelt eine Energie von etwa $8{,}4 \cdot 10^{13}$ mkp $= 2 \cdot 10^{13}$ cal $= 2{,}3 \cdot 10^{7}$ kWh, das entspricht der Explosionsenergie von 20 kt TNT. Die unmittelbaren gewaltigen Schäden entstehen 1) durch die Druckwelle, die Gebäude zum Einsturz bringt und noch im Umkreis von etwa 4 km Radius schwer beschädigt, 2) durch die intensive Licht- und Wärmeausstrahlung, die bis zu einem Umkreis von 2 km Radius alles Brennbare in Flammen aufgehen läßt und im Umkreis von 1 km Radius unmittelbar tödliche und bis zu 3 km Radius mittelschwere Verbrennungen hervorruft, 3) durch die radioaktive Sofortstrahlung, die in einem Umkreis bis 1,5 km Radius tödlich, bis 3 km Radius schwer schädigend wirkt (Angaben beziehen sich auf Hiroshima und Nagasaki). Weiterhin kann durch die radioaktive Reststrahlung, die von den durch die Neutronen aktivierten Substanzen der Umgebung und von den radioaktiven Spaltprodukten stammt, auch die weitere Umgebung des Explosionsherdes verseucht werden, und durch den Wind kann radioaktiver Staub viele tausend Kilometer weit getragen werden und wieder zur Erde fallen, → radioaktiver Niederschlag.

Bei der ersten Kernspaltungsbombenexplosion am 16. 7. 1945 auf einem Versuchsgelände in New Mexico (USA) wurde die Kernenergie zum erstenmal angewandt. Im zweiten Weltkrieg warfen USA-Flugzeuge die zweite Bombe am 6. 8. 1945 auf Hiroshima und die dritte Bombe am 9. 8. 1945 auf Nagasaki ab. Den beiden Bomben fielen über 300000 Menschen zum Opfer. Noch immer sind Fehlgeburten und Mißbildungen bei Neugeborenen die Folge der damals verursachten → Strahlenschäden.

Bei der Weiterentwicklung der Kernspaltungswaffen wurde die Verringerung der Gesamtmasse und der Ausmaße bedeutungsvoll. Sie bildet die Voraussetzung für den Einsatz von Raketen, Granaten und Torpedos mit Kernsprengköpfen sowie für die Schaffung von Kernminen. Aus diesem Grunde wurden in jüngster Zeit K. kleiner Explosionsstärke geschaffen. Das kann erreicht werden, indem in bestimmter Weise unter Berücksichtigung einer nicht unterschreitbaren Größe der kritischen Masse die Kettenreaktion rechtzeitig abgebrochen wird. Ein Weg besteht in der Schaffung von **Unterkaliber-Kernwaffen**, deren Wirkungsgrad unter dem mit der gleichen Menge Kernsprengstoff maximal möglichen liegt, ein anderer in der Ausnutzung von Kernsprengstoffen mit sehr kleiner kritischer Masse.

2) Die Kernsynthesewaffen, deren typischer Vertreter die **thermonukleare Bombe** — bekannt geworden als **Wasserstoffbombe**, abg. **H-Bombe** — ist, beruhen auf Verschmelzung leichter Atomkerne zu schweren Kernen (→ Kernfusion). Man kann z. B. dazu die Wasserstoffisotope Deuterium ($^{2}_{1}D$) und Tritium ($^{3}_{1}T$) verwenden, wobei durch Verschmelzung ihrer Kerne Helium entsteht, und zwar aus einem Deuterium- und einem Tritiumkern ein Heliumkern mit der Massezahl 4 und ein Neutron. Bei dieser Reaktion werden 0,4 % der Masse in Energie umgesetzt (bei der Spaltung eines schweren Kernes etwa 0,1 %). Zum Auslösen dieser Kernfusionsprozesse müssen die Teilchen der Reaktionspartner kinetische Energien von einigen Kiloelektronenvolt (keV) haben, was einer Temperatur von vielen Millionen Grad entspricht. Da solche Temperaturen kurzfristig im Inneren einer explodierenden Kernspaltungsbombe auftreten, wird die thermonukleare Bombe in der Regel durch eine Kernspaltungsbombe gezündet. In diesem Fall besteht der Explosionsvorgang aus zwei Phasen (Mehrphasenkernwaffe). Die Wirkung der thermonuklearen Bombe beruht auf den bei der Kernfusion frei werdenden Energiemengen. 1 kg Deuterium liefert rund 57 kt TNT Energieäquivalent. Im Gegensatz zur Kernspaltungsbombe gibt es für die thermonukleare Bombe keine kritische Größe, da in ihr keine Kettenreaktion abläuft. Die thermonukleare Bombe kann daher — zumindest theoretisch — beliebig groß gemacht und ihre zerstörende Wirkung beliebig gesteigert werden. Eine thermonukleare Bombe kann z. B. aus 100 kg Deuterium und 150 kg Tritium und einem Kernspaltungszünder bestehen. Die **Deuterium-Tritium-Zweiphasenkernwaffe** stellt den Prototyp der thermonuklearen Waffen dar und stand am Anfang der Entwicklung der USA auf diesem Gebiet. Eine einzige solche Bombe, die ein Energieäquivalent von etwa 50 Mt TNT besitzt, könnte jede Stadt der Erde einschließlich ihrer gesamten Bevölkerung vernichten. Bis zu einer Entfernung von 120 km, was einer Fläche von 45200 km² entspricht, wäre die Bevölkerung durch die radioaktive Verseuchung tödlich gefährdet.

Ein weiterer Typ der Kernsynthesewaffen ist die **Lithiumdeuterid-Zweiphasenkernwaffe**, die häufig als „trockene Bombe" bezeichnet wird. Da bei diesem Typ die gasförmigen Wasserstoffisotope Deuterium und Tritium vollständig bzw. zum großen Teil durch den festen Kernsprengstoff Lithiumdeuterid ersetzt sind, ist er

produktionsmäßig und waffentechnisch der Deuterium-Tritium-Zweiphasenkernwaffe überlegen. Erst durch den Einsatz von Lithiumdeuterid wurde die Möglichkeit der Herstellung einsatzfähiger Mehrphasenkernwaffen geschaffen. Auch hier erfolgt in der ersten Explosionsphase die Zündung einer Kernspaltungsanordnung zur Erzeugung der erforderlichen Reaktionstemperatur der Kernsyntheseladung. Es erweist sich, daß die Lithiumsynthesereaktionen eine wesentlich höhere Anfangstemperatur für den schnellen Ablauf des Gesamtprozesses verlangen, als das bei einem reinen Deuterium-Tritium-Gemisch der Fall ist. Diese kann durch eine Menge Deuterium und Tritium bei Verwendung als eine Art „Übergangsdetonator" oder durch feste Lithiumtritidverbindungen erreicht werden.

Bei den **Dreiphasenkernwaffen** (Kernspaltung — Kernsynthese — Kernspaltung) verlaufen die erste und zweite Phase der Energiefreisetzung im Prinzip wie bei den Zweiphasenkernwaffen. Das Neue besteht darin, daß der die Kernsyntheseladung umschließende Mantel im Rahmen der dritten Phase unter Ausnutzung der in großer Zahl frei werdenden Neutronen durch Kernspaltung entweder den Hauptanteil der Explosionsenergie liefert (bei Vorhandensein eines Uranmantels) oder der Erzeugung zusätzlicher Radioaktivität dient (bei Vorhandensein eines Kobalt- oder Zinkmantels). Insbesondere verwandeln bei der **Kobaltbombe**, abg. **K-Bombe** oder **C-Bombe**, die frei werdenden Neutronen das natürliche, nicht radioaktive Kobaltisotop ^{59}Co nach der Reaktion $^{59}Co + n \rightarrow {}^{60}Co$ in das Radioisotop ^{60}Co. Dieses zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5,3 Jahren, ist also ziemlich langlebig und sendet dabei eine starke Gammastrahlung aus. Als Niederschlag besitzt es eine verheerende Wirkung. Wie Professor Hahn in einer im Februar 1955 gehaltenen Rede ausführte, können „10 große Wasserstoffbomben mit viel Kobalt umkleidet eine so große, viele Jahre wirksame Aktivität an Kobalt-60 ergeben, daß das Fortbestehen der Menschheit damit ernstlich gefährdet würde, ganz gleich, wo die Bomben gefallen sind."

„Saubere" K. sind Kernsynthesewaffen, bei denen die Energiefreisetzung ausschließlich auf der Kernsynthese beruht und durch geeignete Konstruktion außer der neutroneninduzierten Aktivität keine radioaktiven Explosionsprodukte auftreten. Die Wirkungsfaktoren Lichtstrahlung und Druckwelle bleiben dabei jedoch unverändert. Für eine Abart dieses Kernwaffentyps wurde in der imperialistischen Presse der Begriff **Neutronenbombe** eingeführt und diese Bombe als „Wunderwaffe" gepriesen. Bei der Neutronenbombe tritt die gesamte freigesetzte Energie oder ein großer Teil davon als Neutronenstrom auf. Vom militärischen Gesichtspunkt aus sind Neutronenbomben von Bedeutung als Kernsynthesewaffen mit niedrigen Explosionsstärken, bei denen der Neutronenstrom als Hauptvernichtungsfaktor auftritt.

Auf Initiative der Regierung der UdSSR wurde unter Beteiligung der Mehrheit aller Staaten ein Abkommen über die Beschränkung der Kernwaffenversuche erzielt. Namhafte Wissenschaftler und die gesamte friedliebende Menschheit verurteilen die imperialistischen Pläne zur Freisetzung von Kernenergie für nichtfriedliche Zwecke.

Lit. Neiman u. Sadilenko: Mehrphasenkernwaffen (dtsch Berlin 1961).

Kernwaffenschutz, eine neue Art der Sicherstellung im Kriege. Sie umfaßt Maßnahmen wie Aufklären und Vernichten der Kernwaffen des Gegners, Warnung und Alarmierung der Truppen und der Bevölkerung, maximale Sicherung der Truppen durch Dezentralisierung, Tarnung, kernwaffensicheren Ausbau der Stellungen, Anwendung der kollektiven und persönlichen Schutzmittel, ständige Strahlungsaufklärung und Strahlungskontrolle, Beseitigen der Folgen von Kernwaffenüberfällen und Entaktivierung. Die angeführten Maßnahmen lassen erkennen, daß der K. kein dogmatisch festgelegtes System ist, sondern von konkreten Bedingungen abhängt, und zwar von Hinterland, Front, Angriff, Verteidigung, Marsch, Kaliber und Detonationsart der eingesetzten Kernwaffen; weiterhin ist er abhängig von territorialen und jahreszeitlich bedingten Besonderheiten.

Lit. Haase u. Langhans: Übungsmöglichkeiten zum Schutz vor Massenvernichtungsmitteln (Berlin 1965).

Kernzähler, ein in der Meteorologie verwendetes Gerät zum Zählen von Kondensationskernen der Atmosphäre. Beim K. nach Scholz wird eine Luftprobe in einem Rezipienten mit Wasserdampf gesättigt und dann expandiert. Der überschüssige Wasserdampf kondensiert an den vorhandenen Kondensationskernen und fällt in (kleinen) Tröpfchen auf eine Glasplatte. Nach Ausfall der Tröpfchen im K. werden diese sofort mittels eines Mikroskops ausgezählt.

Kernzertrümmerung, eine → Kernreaktion.

Kerosin, svw. → Petroleum.

Kerr-Effekt, 1) **elektrooptischer K.,** die elektrische Doppelbrechung, die in homogenen Flüssigkeiten, Gasen und festen Körpern unter dem Einfluß elektrischer Felder auftritt. Der Effekt tritt nur auf, wenn die Moleküle genügend Bewegungsfreiheit haben und entweder Dipole sind oder im elektrischen Feld leicht zu solchen deformiert werden. Im elektrischen Feld richten sich die Dipole aus und bewirken so die Doppelbrechung des betreffenden Stoffes. Der elektrooptische K. wurde von dem englischen Physiker J. Kerr entdeckt, er kann an folgender Anordnung studiert werden: Im Lichtweg zwischen Lichtquelle und Lichtempfänger befindet sich ein als durchsichtige Küvette ausgebildeter Kondensator, der mit Nitrobenzol gefüllt ist (→ Kerrzelle); die Polarisationsebenen der beiden Polarisatoren sind um 90° gegeneinander gedreht. Legt man an die Kondensatorplatten eine elektrische Spannung, so wird die Flüssigkeit doppelbrechend und der auffallende Lichtstrahl in zwei Komponenten zerlegt, durch deren gegenseitige Phasenverschiebung der Lichtstrahl elliptisch polarisiert ist (→ Polarisation). Die eine Komponente stimmt jetzt mit der Polarisationsebene des zweiten Polarisators überein, so daß am Strahlenaustritt eine spannungsabhängige Aufhellung vorhanden ist.

2) **magnetooptischer K.,** die ebenfalls von Kerr entdeckte Drehung der Achsen der Schwingungsellipse elliptisch polarisierten Lichtes nach Reflexion von linear polarisiertem Licht an der Endfläche eines starken Magneten, → magnetische Doppelbrechung.

Kerrzelle, Karoluszelle, ein auf dem → Kerr-Effekt beruhendes, 1923/24 von Karolus angegebenes Gerät zur trägheitslosen Umwandlung von elektrischen Spannungsschwankungen in entsprechende Lichtschwankungen. Die K. wird beim → Bildfunk und z. T. in der → Filmtechnik angewendet. Sie besteht aus einem Glaskörper, der eine zylindrische, mit reinem Nitrobenzol gefüllte Bohrung enthält. In der Bohrung befindet sich ein Zweiplattenkondensator, durch den Plattenspalt tritt das Licht. Nach Anlegen einer Spannung an die Kondensatorplatten wird die Flüssigkeit anisotrop und verhält sich wie ein einachsiger positiver Kristall (→ Doppelbrechung). Befindet sich die K. zwischen gekreuzten Polarisatoren im Strahlengang einer Lichtquelle, so wird das vorher dunkle Gesichtsfeld spannungsabhängig mehr oder weniger aufgehellt. Die K. kann Spannungsschwankungen bis 10^9 Hz noch

folgen, der Vorgang ist also trägheitslos (Dauer weniger als 10^{-8} s).

Kersantit, ein → Lamprophyr.

Kerze, 1) Kurzz. **K,** alte Einheit der Lichtstärke. Die wichtigsten K.n sind die → Hefner-Kerze, die → Internationale Kerze und die → Neue Kerze.

2) → Zündkerze, → Glühkerze.

Kessel, → Becken.

Kesselstein, steinartige Kruste, die sich beim Erhitzen harten Wassers aus diesem ausscheidet und in Dampfkesseln und anderen Gefäßen absetzt. K. besteht aus in Wasser schwer löslichen Salzen der Erdalkalimetalle, z. B. Kalziumkarbonat, -sulfat, -silikaten, Magnesiumhydroxid und -karbonat. Er ist ein schlechter Wärmeleiter und verursacht Wärmestauungen, die zu einem Aufreißen der Kesselwandungen und zu Kesselexplosionen führen können.

Kesselsteinbildungen können durch Enthärtung des Wassers sowie durch Zusatz bestimmter Phosphate vermieden werden.

Ketene, organische Verbindungen mit der Gruppe $=C=C=O$, die zu den reaktionsfähigsten Stoffen der organischen Chemie gehören. Das einfachste und wichtigste **Keten** $CH_2=C=O$ ist ein äußerst stechend riechendes, giftiges Gas (Kp. −56 °C). Es entsteht bei der thermischen Spaltung von Azeton, Essigsäure oder Essigsäureanhydrid. Es dient vor allem als wertvolles Azetylierungsmittel zur Einführung der CH_3CO-Gruppe in organische Verbindungen.

Ketogruppe, svw. → Karbonylgruppe.

Ketone, Kohlenwasserstoffderivate, in denen die Karbonyl-, Keto- oder Oxogruppe $>C=O$ mit zwei Kohlenstoffresten verknüpft ist. Die gesättigten, aliphatischen K. werden nach der Genfer Nomenklatur als **Alkanone** bezeichnet. Der einfachste aliphatische Vertreter ist das Azeton (Propanon) $CH_3—CO—CH_3$, der einfachste aromatische das Benzophenon $C_6H_5—CO—C_6H_5$, ein gemischt aliphatisch-aromatisches Keton ist das Azetophenon $C_6H_5—CO—CH_3$. Am längsten bekannt ist Kampfer, ein bizyklisches Keton. Im Gegensatz zu den Aldehyden sind die K. nur sehr schwer oxydierbar, sie wirken nicht reduzierend und polymerisieren nicht, zeigen aber auch viele Additions- und Kondensationsreaktionen. K. finden sich häufig in ätherischen Ölen, in Pflanzenwurzeln und Baumrinden. Technisch wichtig ist die Herstellung von K.n aus Karbonsäuren durch katalytische Abspaltung von Wasser und Kohlendioxid.

Ketosäuren, Ketokarbonsäuren, organische Verbindungen, die sowohl die Karbonylgruppe (Oxo-, Ketogruppe) $>C=O$ wie die Karboxylgruppe —COOH enthalten. Je nach der Stellung der Karbonyl- zur Karboxylgruppe unterscheidet man α-Ketosäuren, z. B. Brenztraubensäure, β-Ketosäuren, z. B. Azetessigsäure, und γ-Ketosäuren, z. B. Lävulinsäure.

Ketosen, einfache → Kohlendyhrate.

Kette, 1) Maschinenbau: eine Einrichtung aus mehreren gleichen, meist aus Stahl bestehenden und beweglich miteinander verbundenen Teilen zur Aufnahme und Übertragung von Zugkräften. Gegenüber Drahtseilen sind K.n empfindlicher bei stoßartigen Belastungen und tiefen Temperaturen; bei Überbelastungen können sie ohne vorherige Anzeichen zu Bruch gehen. K.n haben eine größere Eigenlast als Drahtseile, sind aber beständiger gegen Korrosion und benötigen nur kleine Umlenkdurchmesser. Man unterscheidet verschiedene Kettenarten. 1) **Rundstahlketten** (TGL 12969) bestehen aus ringförmig gebogenem Rundstahl oder aus geschmiedeten Einzelteilen, sie sind lehrenhaltig (kalibriert) oder nichtlehrenhaltig (unkalibriert). 2) **Laschenketten (Gelenkketten)** werden aus Zugbändern (Laschen) und Bolzen zusammengesetzt. Die einfachste Ausführung der Laschenketten sind **Bolzenketten** oder **Gallketten** (TGL 16640). Höheren Anforderungen genügen **Buchsenketten** oder **Hülsenketten** (TGL 16639), für höchste Anforderungen werden die **Rollenketten** (TGL 11796) verwendet. Hauptsächlich im Getriebebau werden **Zahnketten** angewendet, deren Laschen zahnförmig ausgebildet sind. Die → Kreisförderer können auch raumbewegliche K.n haben.

Raupen- oder **Gleisketten** für die Fahrwerke von Fördermitteln und Gleiskettenfahrzeugen bestehen aus Bolzen und Schaken (Laschen), an denen die Raupenplatten angeschweißt werden.

2) Weberei: die Gesamtheit der Längsfäden (Kettfäden) des → Gewebes.

3) Getriebelehre: → kinematische Kette.

4) Elektrotechnik: galvanische Kette, → galvanische Elemente.

Ketteln, das Verbinden regulär hergestellter Gewirketeile (→ Wirkerei) durch „Aufstoßen" der Ränder auf die Nadeln der **Kettelmaschine** und Zusammenketteln, eine Art Nähen (mit gebogener Nadel).

Lit. Paschkow: Die Kettelmaschine (Leipzig 1953).

Kettenbolzen, ein Rundstahlstück zum Verbinden der Laschen (→ Lasche 2) zu einer Kette.

Kettenbruch, kontinuierlicher Bruch, ein Bruch, dessen Nenner eine Summe ist aus einer natürlichen Zahl und einem Bruch. Der Nenner des letzteren ist wiederum eine Summe aus einer natürlichen Zahl und einem Bruch usf. Einen gemeinen Bruch entwickelt man in einen K., indem man fortwährend durch den jeweiligen Zähler dividiert. Zum Beispiel ist

$$\frac{5}{12} = \frac{5:5}{12:5} = \frac{1}{2+\frac{2}{5}} = \frac{1}{2+\frac{1}{5:2}} = \frac{1}{2+\frac{1}{2+\frac{1}{2}}}$$

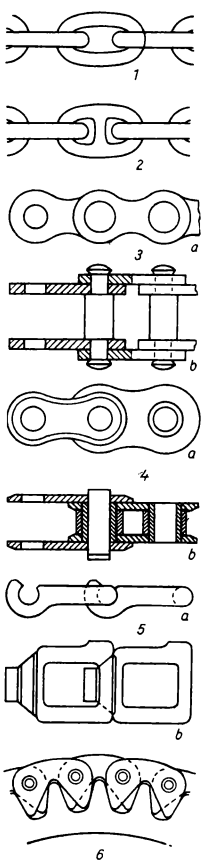
Bricht der K. an einer Stelle ab, so spricht man von einem *endlichen*, andernfalls von einem *unendlichen* K.

Kettenbruchentwicklungen sind z. B. für die Zahlentheorie und bei der Auflösung diophantischer Gleichungen von Bedeutung.

Kettenförderer, ein Fördermittel, dessen Zugelement eine Kette ist. K. dienen zum stetigen Transport von Stück- oder Schüttgut in waagerechter, geneigter oder senkrechter Richtung. Das Fördergut kann von an der Kette befestigten Stegen (Stegkettenförderer) auf einer Bahn geschoben oder von an der Kette befestigten Tragorganen (Platten, Tröge, Kästen, Gehänge, Schaukeln, Becher) getragen werden. Zur Gruppe der K. gehören → Kratzerförderer, → Gliederbandförderer, → Kreisförderer, → Schaukelförderer, → Becherwerke und → Schleppkettenförderer.

Kettenleiter, in der Fernmeldetechnik die Kettenschaltung von Vierpolen aus Induktivitäten L, Kapazitäten C und Widerständen R. Durch K. werden besondere Frequenzcharakteristiken (Filterwirkungen) oder Laufzeiteffekte erzielt. Die Schaltungen sind vorwiegend aus L-C-Elementen, für sehr tiefe Frequenzen auch aus R-C-Elementen aufgebaut.

Kettenlinie, Seilkurve, eine parabelähnliche Kurve, die ein schweres, homogenes, völlig biegsames, undehnbares Seil bei freier Aufhängung an zwei Punkten bildet. Ihre Gleichung in rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten lautet: $y = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}}\right)$. Die K. $y = \frac{1}{2}(e^x + e^{-x}) = \cosh x$ (Spezialfall $a = 1$) ist eine → Hyperbelfunktion.



1 Gliederkette mit ovalen Gliedern; *2* Stegkette; *3* bis *5* Gelenkketten: *3* Gallkette, *4* Rollenkette, *5* zerlegbare Gelenkkette (*a* Seitenansicht, *b* Draufsicht); *6* Zahnkette

Kettennuß, → Kettenrad.

Kettenrad, ein mit Zähnen versehenes Rad zum Führen einer Kette, z. B. beim Fahrrad. Für Gliederketten wird eine **Kettenrolle** oder deren kleinere Ausführung, die **Kettennuß,** angewandt. Das Rillenprofil ist so ausgebildet, daß sich die um 90° versetzten Glieder der Kette gut einlegen können, z. B. am Flaschenzug. Für Gelenkketten ist das Zahnprofil meist ein zurückgesetzter Kreisbogen.

Kettenreaktion, 1) Chemie: eine Reaktionsweise. Charakteristisch für K.en ist, daß Ausgangsstoffe durch primär aus ihnen entstandene Radikale über eine Folge von Reaktionen, die stets zugleich mindestens ein neues freies Radikal erzeugen, in die Reaktionsprodukte umgesetzt werden. Die Radikale, die die Ketten fortpflanzen, werden als Kettenträger bezeichnet. Die K. verläuft oft in Form einer Explosion. Jede K. besteht grundsätzlich aus drei Reaktionstypen (Reaktionsstadien): Kettenstartreaktion, Kettenfortpflanzungsreaktion (Wachstumsreaktion) und Kettenabbruchreaktion. Der Kettenabbruch kommt durch Rekombination von Radikalen oder durch Adsorption der Kettenträger in der Gefäßwand (Wandabbruch) zustande. Zu den K.en gehören die Oxydationen organischer Substanzen durch Sauerstoff, Chlorierungen, Bromierungen, einige Zerfallsreaktionen und viele Polymerisationen.

2) Kernphysik: **Kernkettenreaktion,** eine Kernspaltungsreaktion, → Kernreaktionen.

Kettenregel, wichtige Differentiationsregel, die zur Berechnung der Ableitung ineinandergeschachtelter (mittelbarer) Funktionen dient. Ist y eine Funktion von u, also $y = f(u)$, und u eine Funktion von x, also $u = \varphi(x)$, d. h. $y = f[\varphi(x)]$, dann besagt die K. $y' = \frac{dy}{dx} = \frac{dy}{du} \cdot \frac{du}{dx} = f'(u) \cdot \varphi'(x)$ bzw. $= f'(u) \cdot u'$. Beispiel: $y = (x^2 + 3x + 2)^4 = f(u) = u^4$, wobei $u = \varphi(x) = x^2 + 3x + 2$ ist. Dann ergibt sich $y' = f'(u) \cdot \varphi'(x) = 4u^3 \cdot (2x + 3) = 4(x^2 + 3x + 2)^3 \cdot (2x + 3)$.

Die K. kann auch auf mehrfach zusammengesetzte Funktionen (d. s. mittelbare Funktionen, die aus mehr als zwei Funktionen bestehen) mit den Zwischenveränderlichen u, v, w usw. ausgedehnt werden. Dann ist $y' = f'(u) \cdot u' \cdot v' \cdot w'$ usw. Es wird also eine „Kette" von Ableitungen gebildet.

Kettenrolle, → Kettenrad.

Kettentraktor, → Gleiskettenfahrzeug, → Traktor.

Kettentrieb, ein Hüllstoffgetriebe (→ Hüllstoffe), bei dem die Drehmomentenübertragung von einer Welle auf eine andere durch eine Kette, die über zwei auf den Wellen befestigte Kettenräder läuft, ohne Schlupf erfolgt.

Lit. Bauer u. Schneider: Riemen-, Seil- und Kettentriebe, Reibradtriebe (Leipzig 1958); → Getriebe.

Keuper, → Trias.

keV, Kurzz. für Kiloelektronenvolt, → Elektronenvolt.

Kfz, Abk. für → Kraftfahrzeuge.

kg, Kurzz. für → Kilogramm.

kG, Kurzz. für Kilogauß, → Gauß.

KH, Abk. für Karbonathärte, → Härte 2).

kHz, Kurzz. für Kilohertz, → Hertz.

Kickstarter, eine Vorrichtung zum Anwerfen des Motors von Krafträdern (Motorräder, Motorroller sowie Mokicks). Der K. wird durch Niedertreten eines Hebels betätigt, der auf einer aus dem Getriebegehäuse des Kraftrades herausragenden Welle angeordnet ist. Sie steht im Gehäuse über ein Zahnsegment mit einem Zahnrad in Verbindung, das sich auf der Getriebeeingangswelle befindet. Das Zahnrad greift über eine Klauenkupplung ein, es wird sofort gelöst, wenn der Motor anspringt.

Kiel, → Schiff.

Kies, in der Baustoffkunde durch Wassertransport abgerundete Gesteinstrümmer mit Korngrößen über 2 mm (TGL 11360). Der kugelige K. wird als **Rollkies** und der von flacher, länglicher Form als **plattiger K.** bezeichnet. **Kiessand** ist ein Gemenge von Sand und K. K. ist ein wichtiger Zuschlagstoff für Beton (TGL 17287). Zu diesem Zweck muß er durch Klassieren in verschiedene Korngrößen und — soweit verschmutzt — durch Waschen aufbereitet werden. Ferner dient K. als Baustoff für Gründungen (Kiesgründungen) und als Filtermaterial.

Kiese, Sulfidminerale mit Metallglanz, aber im Unterschied zu den Glanzen hell gefärbt (weiß, hellgrau, gelb, rötlich), z. B. Arsenopyrit (Arsenkies), Pyrit (Schwefelkies).

Kieselgel, amorphe Kieselsäure von elastischer bis fester Konsistenz, wobei die Kieselsäurepartikeln eine zusammenhängende Struktur bilden und dabei das gesamte Dispersionsmittel(Wasser) mit einschließen. Als **Trockengel** (Wz. DDR) und **Silicagel** (Wz. USA) wird K. z. B. im Laboratorium als Trockenmittel verwendet. **Blaugel** ist mit Kobaltsalz imprägniertes K. Bei Sättigung mit Feuchtigkeit nimmt es eine rosa Färbung an und läßt sich leicht durch Erhitzen wieder zum blauen Produkt regenerieren. Durch Verdampfen der flüssigen Phase aus K. entstehen die **Kieselxerogele,** d. s. mehr oder weniger porige Produkte mit großer Oberfläche und starkem Adsorptionsvermögen. Sie werden z. B. zur Adsorption von Dämpfen, zur Trocknung von Gasen und Flüssigkeiten, zur Gaschromatographie und als Katalysatorenträger verwendet.

Kieselglas, ein zu mehr als 99,5 % aus Siliziumdioxid bestehendes Glas, das in der Technik meist als **Quarzglas** bezeichnet wird. **Durchsichtiges K.** stellt man aus zerkleinertem Bergkristall, der in einer Azetylen- oder Knallgasflamme oder auch elektrisch geschmolzen wird, nach verschiedenen Verfahren her. Es zeichnet sich durch hohe Erweichungstemperatur (≈1650 °C), große chemische Beständigkeit, Durchlässigkeit für UV-Strahlung und Unempfindlichkeit gegen schroffe Abkühlung aus. Man verwendet es z. B. zur Herstellung von Röhren und Kolben für UV-Strahlungsquellen, Linsen- und Prismensystemen, Quarzlampen und Hochspannungsisolatoren für Hochfrequenz, in der chemischen Industrie und im Labor als Behälter- und Apparatewerkstoff, im Ofenbau als feuerfestes Material. **Kieselgut (Quarzgut),** ein durch zahlreiche kleine Luftbläschen getrübtes, durchscheinendes K. von geringerer chemischer Reinheit als durchsichtiges K., wird aus reinem Quarzsand erschmolzen. Es dient vor allem zur Herstellung von Laborgefäßen und chemischen Apparateteilen.

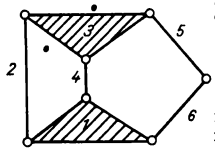
In der Natur findet sich K. in amorpher, wasserfreier Form als Lechatelierit.

Kieselgur *f*, **Diatomeenerde,** ein in Binnenseen vorwiegend aus den Kieselschalen von Diatomeen (Kieselalgen) entstandenes erdiges Sediment. K. wird wegen ihrer großen Porosität und Saugfähigkeit als Verpackungsmaterial für ätzende Flüssigkeiten, als Isolier- und Saugmaterial (z. B. für Dynamit) verwendet.

Kieselgut, → Kieselglas.

Kieselkupfer, svw. → Chrysokoll.

Kieselsäuren, Sauerstoffsäuren des Siliziums. Die wichtigsten K. sind die **Monokieselsäure (Orthokieselsäure)** H_4SiO_4, die **Dikieselsäure** (Orthodikieselsäure) $H_6Si_2O_7$ und die **Metakieselsäuren** $H_m(SiO_3)_n$. Sämtliche K. leiten sich durch intermolekulare Wasserabspaltung von der Monokieselsäure ab; das wasserfreie Endkondensat ist das Siliziumdioxid SiO_2. Bei diesen Kondensationen wird stets die Koordinationszahl 4 des Siliziums gewahrt. Mit Fortschreiten der Kondensation tritt eine Strukturveränderung auf,



6gliedrige geschlossene kinematische Kette

die vom Einzelmolekül bis zur Raumnetzstruktur führt. Parallel mit dieser Molekülvergrößerung nimmt die Löslichkeit der K. ab. Teilweise entwässerte K. sind sehr oberflächenaktiv und dienen zur Adsorption, z. B. Blaugel. Die Salze der K. heißen → Silikate.

Kieselschiefer, ein dichtes, sprödes Sedimentgestein, das vorwiegend aus Quarz und Chalzedon durch Diagenese aus Radiolarienschlamm entstanden ist. Durch kohlige Substanzen schwarz gefärbten K. bezeichnet man auch als **Lydit**; er dient als Probierstein für den Strich von Gold- und Silberlegierungen.

Kieselzinkerz, svw. → Hemimorphit.

Kieserit, ein Mineral, wichtiger Gemengteil in Kalisalzlagerstätten, $MgSO_4 \cdot H_2O$, monoklin, farblos, durch Verunreinigungen grau, gelblich, rötlich, grünlich und weiß gefärbt, Härte nach Mohs 3,5; D. 2,57 g cm^{-3}. K. wird verwendet zur Herstellung von Düngemitteln und von Magnesiumsulfaten für zahlreiche Industrien, z. B. Epsomit.

Kiespolster, → Gründung.

Kilo..., Kurzz. **k**, Vorsatz vor Einheiten mit selbständigem Namen = 10^3 (Tausend), z. B. **Kilometer**, Kurzz. km, = 10^3 m; **Kilogramm**, Kurzz. kg, = 10^3 g.

Kilogramm, Kurzz. **kg**, die Grundeinheit der Masse im heute gültigen System physikalisch-technischer Einheiten (→ Einheitensysteme). Das K. ist die Masse des Internationalen Kilogrammprototyps.

Vielfache und Teile werden vom 1000sten Teil des K.s, dem Gramm, gebildet. 1 kg = 10^3 g.

Ursprünglich wurde das K. durch einen aus Platinschwamm hergestellten Prototyp (kilogramme des archives) verkörpert, der wie der Meterprototyp (mètre des archives) 1799 im französischen Staatsarchiv in Sèvres bei Paris hinterlegt war. Seine Masse (1 kg) sollte der Masse von 1 Kubikdezimeter Wasser bei 4 °C unter dem Druck einer physikalischen Atmosphäre an einem Ort mit der Fallbeschleunigung 9,80665 m s^{-2} gleich sein. 1889 wurde das kilogramme des archives gleichzeitig mit dem mètre des archives durch einen neuen, aus Platin-Iridium bestehenden Internationalen Prototyp ersetzt und die ursprüngliche Definition als Masse von 1 Kubikdezimeter Wasser aufgegeben. Der Prototyp ist ein Kreiszylinder mit 39 mm Durchmesser und 39 mm Höhe.

Kilometerphotographie, svw. → Bromsilberdruck.

Kilopond, Kurzz. **kp**, gesetzliche Einheit der Kraft. Das K. ist die Kraft, die die Masse 1 kg im normalen Schwerefeld der Erde auf ihre Unterlage ausübt, d. h. auf 45 ° geographischer Breite und auf Meeresspiegelhöhe oder genauer (da dort die Fallbeschleunigung von Ort zu Ort noch verschieden ist) an einer Stelle, an der die Fallbeschleunigung 9,80665 m s^{-2} (Normfallbeschleunigung) beträgt. Vielfache und Teile mit Vorsätzen werden vom 1000sten Teil des K.s, dem Pond (p) gebildet. 1 kp = 10^3 p = 9,80665 N (Newton) = 9,80665 m kg s^{-2}.

Kilopondmeter, Kurzz. **kpm**, seltener **Meterkilopond**, Kurzz. **mkp**, gesetzliche Einheit der Arbeit, Energie und Wärmemenge. 1 kpm = 9,80665 Nm (Newtonmeter) = 9,80665 J (Joule).

Kimberlit, ein → Peridotit.

Kimm, 1) → Horizont.

2) am Schiffskörper der Übergang vom Boden in die Bordwände.

Kinematik, Phoronomie, Bewegungslehre, untersucht Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse der Bewegungen starrer Körper ohne Berücksichtigung der Kräfte.

Technische K., svw. Getriebelehre (→ Getriebe).

kinematische Kette, die Aneinanderreihung mindestens dreier durch Elementenpaare gegeneinander beweglich verbundener → Glieder. Bei der **geschlossenen k.n K.** (Abb.) ist jedes Glied mit mindestens zwei anderen verbunden, sonst liegt eine **offene k. K.** vor. Die k. K. ist eine abstrakte Darstellung der → Getriebe, da die wahren Gliedlängen, die Lagen der Glieder, ihre Funktionen (z. B. Antriebsglied, Gestell usw.) sowie meist auch die verwendeten Elementenpaare nicht berücksichtigt werden. Die k. K. ist die Grundlage zur systematischen Untersuchung und Konstruktion von Gelenkgetrieben. Ein Getriebe entsteht, wenn eines der Kettenglieder als Gestell ausgebildet und ein oder mehrere Kettenglieder angetrieben werden. Zur Getriebebildung eignen sich geschlossene k. K.n, wenn sie zwangläufig sind (→ Zwanglauf). Bei Getrieben, die aus **ebenen k.n K.n** entwickelt werden, bewegen sich die Glieder in zueinander parallelen Ebenen; bei Getrieben, die aus **räumlichen k.n K.n** entwickelt wurden, liegen die Bewegungsebenen nicht parallel, → Viergelenkkette.

kinematische Umkehrung, in der Getriebelehre der Wechsel zwischen einem ruhenden und einem bewegten System. Rastpolbahn und Gangpolbahn tauschen dabei ihre Bedeutung, d. h. die Rastpolbahn wird zur Gangpolbahn, und umgekehrt, → Momentanpol.

Kinepanorama-Verfahren, ein → Breitwandverfahren.

Kinetechnik, die Technik der Aufnahme, Aufzeichnung und Wiedergabe kinematographischer Bildfolgen einschließlich der Bearbeitung der Kinefilme.

Kinetik, 1) Mechanik: svw. → Dynamik. 2) physikalische Chemie: → Reaktionskinetik.

Kinetin, → Kinine.

kinetische Energie, → Energie.

kinetische Wärmetheorie, die Lehre, daß die Wärme in der Bewegungsenergie der Moleküle der Körper besteht. Die k. W. wurde zunächst hauptsächlich für die Gase aufgestellt und **kinetische Gastheorie** (→ molekularkinetische Theorie der Materie) genannt.

Kinine, eine Gruppe von pflanzlichen Wirkstoffen mit wachstumsfördernder Aktivität. Wichtigster Vertreter ist **Kinetin**, das aus Rohnukleinsäuren von Heringssperma, Kalbsthymus und Hefe gewonnen wird und die Zellteilung beeinflußt sowie die Samenkeimung beschleunigt.

Kinographieren, die Aufnahme von Serienbildern mit einer zeitgesteuerten Kleinbildkamera, um zeitliche Veränderungen an den aufzunehmenden Objekten zu erkennen. Die Aufnahmen sind nicht für die kinematographische Wiedergabe bestimmt. Dieses Verfahren wird bei der Dokumentation und beim Studium z. B. von Wachstums- und Entwicklungsvorgängen angewandt.

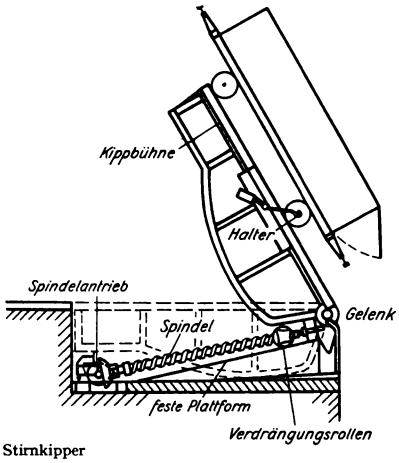
Kinotechnik, → Filmtechnik.

Kippe, → Rekultivierung.

Kipper, 1) ein Lastkraftwagen oder Lastkraftwagenanhänger mit kippbarer Ladefläche zum schnellen Entladen von Schüttgütern. Die Ladefläche ist entweder nach hinten oder nach einer oder beiden Seiten kippbar. Das Kippen wird durch Betätigen des Kippmechanismus bewirkt, der eine Winde oder einen oder mehrere Zylinder haben kann. Der Antrieb erfolgt von Hand, elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch. Für schwere K. (**Schwerlastkipper**) werden meist Druckluft- oder Ölzylinder als Kippmechanismus verwendet.

Der **Dumper** ist ein speziell für Baustellen bestimmter K. mit kurzem Radstand, großen Antriebs- und kleinen Lenkrädern. Er ist dadurch besonders wendig und auf schlechten Wegen einsetzbar.

2) **Waggonkipper,** ein Mechanismus zum schnellen Entladen von offenen Güterwagen durch Kippen. Der Waggonkipper wird hauptsächlich in Industriebetrieben, Häfen und auf Güterbahnhöfen für den Kohle-, Eisenerz- oder Kiesumschlag eingesetzt. Beim **Stirnkipper** wird der Waggon auf die Plattform gefahren und mit aus- und einschwenkbaren Armen, z. B. an den Puffern, gehalten. Dann wird die Plattform angekippt (Kippwinkel etwa 45 bis 60°), und das Schüttgut fließt an der Stirnseite aus dem Waggon in einen Bunker. Das Kippen der Plattform erfolgt beim Einheits-Waggonkipper nach dem Verdrängerwagen-Prinzip. Die Längsträger der Plattform sind dabei fischbauchartig ausgebildet. Ein auf einer schiefen Ebene auf Rädern verfahrbarer Verdrängerwagen, der mit einer Winde gezogen wird, schiebt sich zwischen die Ebene und die Längsträger, so daß die Plattform, die an einer Seite gelenkig gelagert ist, um dieses Lager kippen kann. Der Einheitskipper ist ein **Einfachkipper,** er kann nur nach einer Seite kippen. Ein Waggon mit Führerhaus muß nötigenfalls vor dem Kippen erst auf einer Drehscheibe gedreht werden.



Stirnkipper

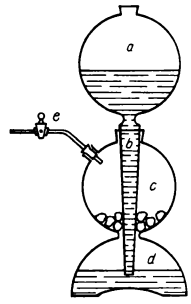
Zweifachkipper können nach beiden Seiten kippen. Andere Kippmechanismen für Waggonkipper arbeiten nach dem Schwerkraft-, Zahnbogen-, Winkelhebel-, Scheren- oder Stempelprinzip. Waggonkipper werden auch auf Schienen fahrbar hergestellt. Beim **Seitenkipper** werden die Waggons über die Seitenwände entladen, wobei der Kippwinkel bis 150° beträgt. Die Plattform kann auch an Windwerken von Kranlaufkatzen oder Auslegerkranen angehängt werden. Damit können die Waggons gehoben, verfahren und gekippt werden, z. B. zur direkten Entladung von Waggons auf die Lagerplätze.

Kippflügler, → Konvertiplan.

Kippmoment, Reaktionsmoment, Rückstellmoment, das auf das Fundament einer Maschine, an der ein Antriebs- oder Abtriebsmoment angreift, wirkende Moment. Das K. ist diesem Moment entgegengesetzt gleich. So muß z. B. das Fundament eines Motors dieses Moment aufnehmen können, da sonst der Motor durch das K. umgeworfen wird. Weiteres → Standsicherheit.

Kippregel, ein Vermessungsinstrument, das auf einen → Meßtisch aufgesetzt wird und in Verbindung mit diesem zur Geländevermessung nach Lage und Höhe dient. Die K. besteht aus einem um eine horizontale Achse in einer Vertikalebene drehbaren (kippbaren) Fernrohr mit Zielvorrichtung (Fadenkreuz), einem in Grade und Minuten geteilten Vertikalkreis (Teilkreis) zur Höhenwinkelmessung und einem Lineal (Regel), dessen Ziehkante mit der durch das Fadenkreuz und durch die Objektivmitte gekennzeichneten Visierlinie parallel läuft. Auf dem Lineal ist ein Transversalmaßstab zum Auftragen der gemessenen Entfernungen angebracht, meist auch eine zum Waagrechtlegen der Meßtischfläche dienende Dosenlibelle.

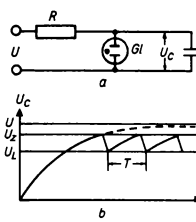
Kippscher Gasentwickler, ein gläsernes Laboratoriumsgerät zur Herstellung von Gasen aus Feststoffen und Säure, besonders von Schwefelwasserstoff aus Eisendisulfid und Salzsäure, Kohlendioxid aus Kalziumkarbonat und Salzsäure. Der Kippsche G. besteht aus zwei übereinanderstehenden Gefäßen *c* und *d*, durch die ein rohrartiger Ansatz *b* eines dritten, auf *c* aufgesetzten Kugelgefäßes *a* bis fast zum Boden hineinragt. Die seitlich mit einem Austrittsrohr für das Gas versehene Kugel *c* enthält den festen Stoff, der bei Benetzung mit der aus der unteren Kugel *d* zufließenden Säure das Gas entwickelt. Beim Schließen des Hahnes im Austrittsrohr *e* verdrängt das Gas die Säure in die obere Kugel *a*, so daß die Gasentwicklung aufhört.



Kippscher Gasentwickler

Kippschwingungen, Schwingungen mit sägezahnförmigem Verlauf. Im Idealfall zeigen die K. einen linearen Anstieg mit der Zeit und plötzlichen Abfall der jeweiligen Größe, z. B. der elektrischen Spannung (Abb. 1). K. haben in der Elektrotechnik große Bedeutung, z. B. zur Zeitablenkung des Elektronenstrahls im → Oszillographen und in der Bildröhre von Fernsehempfängern. Eine gebräuchliche Schaltung zur Erzeugung von elektrischen K. zeigt Abb. 2a. Man nutzt hierbei den Unterschied zwischen Zündspannung und Löschspannung einer Glimmlampe bzw. eines Thyratrons aus. Der Kondensator *C* lädt sich über den Widerstand *R* von der Gleichspannungsquelle *U* allmählich auf, der Spannungsverlauf U_C am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit *t* gehorcht einer Exponentialfunktion (Abb. 2b). Hat U_C die Zündspannung U_Z der Glimmlampe *Gl* erreicht, entlädt sich *C* über *Gl*, wobei die Spannung an *C* sehr schnell auf die Löschspannung U_L absinkt. Dadurch wird die Entladung unterbrochen, und *C* kann sich allmählich wieder bis U_Z aufladen. Der Vorgang wiederholt sich ständig. Mit großen Werten von *R* und *C* kann man leicht große Schwingungszeiten *T* erreichen (beispielsweise Minuten).

1 Graphische Darstellung einer Kippschwingung. *U* Spannung, *t* Zeit



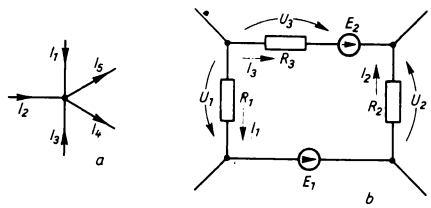
2 a Schaltung zur Erzeugung von elektrischen Kippschwingungen, *2 b* graphische Darstellung des Spannungsverlaufs am Kondensator

Kippthermometer, Umkippthermometer, ein wichtiges meereskundliches Gerät zur Temperaturmessung in beliebigen Wassertiefen. Das K., ein Quecksilberthermometer, wird durch eine mechanische Vorrichtung in der gewünschten Tiefe gekippt und dadurch der Quecksilberfaden zum Abreißen gebracht, so daß man auch längere Zeit danach die an der Umdrehungsstelle gemessene Temperatur ablesen kann.

Kirchhoffsches Gesetz, ein → Strahlungsgesetz.

Kirchhoffsche Verzweigungsregeln, die von dem deutschen Physiker Kirchhoff aufgestellten Regeln zur Berechnung elektrischer Netzwerke. Die Zusammenschaltung vieler elektrischer Schaltelemente zu einem Netzwerk enthält Knoten (Verbindungsstellen von mehr als zwei Leitern) und Maschen (von Leitern gebildete geschlossene Kurvenzüge). Zur Berechnung der Strom- und Spannungsverteilung dienen folgende Regeln: 1) **Knotenregel:** In jedem Knoten ist die Summe der zum Knoten hinfließenden Ströme I_ν gleich der Summe der abfließenden Ströme I_μ. Diese Regel folgt aus dem Satz von der Erhaltung der Ladung, da in Leitern keine Ladung sich anhäufen oder verschwinden kann. In Abb. a gilt demnach $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$. 2) **Maschenregel:** Beim Umlauf in einer Masche ist die Summe aller vorzeichenbehafteten, d. h.

hinsichtlich der eingezeichneten Stromrichtungen auf die Umlaufsrichtung bezogenen Spannungsabfälle U gleich der Summe aller vorzeichenbehafteten, d. h. ebenfalls auf den Umlaufssinn bezogenen Urspannungen E (→ elektromotorische Kraft). Für das in Abb. b dargestellte Beispiel gilt demnach: $U_1 + U_2 + U_3 = E_1 - E_2$.



Kirchhoffsche Verzweigungsregeln: *a* Knotenregel, *b* Maschenregel

Diese Regeln gelten für Gleichstrom und auch für Wechselstrom, wenn nur Wirkwiderstände im Netz vorhanden sind. Enthält das Netz jedoch auch Blindwiderstände (→ Wechselstromwiderstand), so bleiben die K.n V. gültig, wenn man mit den entsprechenden komplexen Größen der Spannungen, Ströme und Widerstände rechnet.

Kitte, knetbare, plastische bis zähflüssige Massen, die meist Füllstoffe, aber keine oder nur geringe Mengen flüchtiger Bestandteile enthalten und zum Ausfüllen von Fugen, Löchern und Unebenheiten **(Dichtungskitte, Ausgleichsmassen)** oder zum Verkleben **(Klebkitte)** dienen. Das Erhärten erfolgt durch Verdunsten der Lösungsmittel, durch chemische Reaktion oder durch beide Vorgänge nebeneinander. Nach der Art des Bindemittels teilt man die K. ein in Wasserglas-, Magnesia-, Zinkoxid-, Rost-, Borax-, Bitumen-, Plast-, Kautschuk-, Öl-, Leimkitte u. a.

Mitunter werden zu den K.n auch Schmelzklebstoffe gerechnet, d. s. Klebstoffe ohne Lösungs- und Dispersionsmittel. Sie bestehen aus festen Harzen, festen Wachsen oder bituminösen Massen, werden im geschmolzenen Zustand aufgetragen und erhärten beim Abkühlen durch Erstarren.

kJ, Kurzz. für Kilojoule, → Joule.

KKW, Abk. für → Kernkraftwerk.

Klamm, → Tal.

Klampe *f*, 1) eine Einrichtung auf dem Oberdeck von Booten und Schiffen zur Führung von Leinen **(Verholklampe)** oder zum Festlegen (Belegen) von Leinen **(Belegklampe)**. Verholklampen sind im Unterschied zu Verholklüsen oben offen. 2) **Vertäuklampe,** ein in der Bordwand oder in der Kaimauer angebrachter Griff, an dem ein kleines Fahrzeug mit Trossen vertäut (festgemacht) werden kann. 3) **Bootsklampe,** eine auf Oberdeck angebrachte, z. T. umklappbare Holzstütze für Beiboote, die deren Körperform angepaßt ist.

Klang, harmonischer Klang, ein → Tongemisch aus harmonischen Tönen, d. h. aus Tönen, deren Frequenzen ganzzahlige Vielfache eines Grundtones sind.

Klanganalyse, svw. → Schallanalyse.

Klangfarbe, → Tongemisch.

Klangfiguren, Figuren, die auf schwingenden Platten oder Membranen entstehen, wenn diese mit feinem Pulver oder Sand bestreut und durch Anschlagen oder Anstreichen mittels eines Violinbogens zu Eigenschwingungen angeregt werden. Das Pulver sammelt sich auf den in Ruhe befindlichen Knotenlinien, weil es an allen anderen Orten durch die Schwingungen hochgeschleudert wird.

Klanggemisch, ein → Tongemisch aus harmonischen Klängen mit Grundtönen beliebiger Frequenzen.

Klangregler, eine Einrichtung zur Veränderung des NF-Frequenzgangs eines Tonrundfunkempfängers, um je nach Art der Sendung, Störfreiheit, Einfluß des Raumes und subjektivem Empfinden die bestmögliche Wiedergabequalität einzustellen. Heute sind im allgemeinen getrennte Höhen- und Tiefenregler vorhanden.

Klären, das Beseitigen von Verunreinigungen aus flüssigen Medien durch → Filtration, → Absetzen oder Zentrifugieren (→ Zentrifuge).

Klärgas, ein Brenngas, das bei der biologischen Abwasseraufbereitung entsteht und neben Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff hauptsächlich Methan enthält. Die Verbrennungswärme beträgt 6000 bis 9000 kcal je m³ i. N.

Klasseneinteilung einer Menge, die Unterteilung einer Menge in zueinander elementfremde Teilmengen; jedes Element der Menge gehört dabei genau einer Teilmenge an. Die Vereinigung aller Teilmengen ist gleich der gesamten Menge. Diese Teilmengen heißen **Klassen.** Die K. spielt eine wichtige Rolle vor allem in der Algebra und der Zahlentheorie. Ein Beispiel einer K. ist die Einteilung der Menge der ganzen Zahlen in Restklassen nach einer natürlichen Zahl p (*Restklassen modulo p*). Dabei bilden alle ganzen Zahlen, die bei der Division durch p denselben Rest r geben, eine Restklasse. Die Differenz zweier Elemente derselben Restklasse ist dann stets durch p teilbar. Die Menge der ganzen Zahlen ist damit in p zueinander elementfremde Teilmengen, d. h. in p Klassen eingeteilt. Die Menge dieser Restklassen bildet bei geeigneter Definition der Addition und Multiplikation zweier Restklassen einen Ring, den *Restklassenring modulo p* und, wenn p eine Primzahl ist, sogar einen Körper.

Klassieren, mechanisches Verfahren zum Trennen eines Feststoffgemenges nach der Korngröße. Man unterscheidet Siebklassieren und Stromklassieren. Beim **Siebklassieren (Sieben)** trennt man nach den linearen Abmessungen der Körner vorwiegend mittels Siebmaschinen. Das trennende Organ ist ein bewegter, aus gelochtem Blech oder auch Gewebe bestehender Siebboden, in dem sich viele geometrisch gleiche Öffnungen (Maschen) befinden, die z. B. quadratisch, rund oder spaltförmig sein können. Während kleine Körner die Sieböffnungen passieren können (*Siebdurchgang*), werden die großen vom Siebboden zurückgehalten (*Siebrückstand*). In der Industrie herrschen Schwingsiebmaschinen vor, die mit Schwingungserreger oder Exzenterantrieb arbeiten. Die Absiebung kann trocken oder naß erfolgen. Beim **Stromklassieren** erfolgt die Trennung nach der Gleichfälligkeit in einem Medium. Als gleichfällig bezeichnet man Körner, die in einem gegebenen Medium unter Wirkung einer Massenkraft (Schwerkraft oder Fliehkraft) die gleiche Endfallgeschwindigkeit erreichen. Diese Geschwindigkeit ist abhängig von Größe, Dichte und Form der Körner, vom Strömungswiderstand des Kornes im Medium sowie von der wirkenden Massenkraft. Nur wenn die Körner gleiche Dichte und Kornform besitzen, tritt der Klassiereffekt auf. Hinsichtlich der Massenkraft spricht man von Schwerkraft- und Zentrifugalklassierer; nach dem Medium wird zwischen nasser Stromklassierung (z. B. Klassierzyklon, → Zyklon) und → Windsichten unterschieden. Müssen Gemenge in Bestandteile gleicher physikalischer und chemischer Eigenschaften aufgeteilt werden, wendet man das → Sortieren an.

klastisch, Bezeichnung für ein Sediment, dessen Material im festen Zustand transportiert wurde, → Gestein.

Klathrate, → Einschlußverbindungen.

Klauben, ein Aufbereitungsverfahren zum Anreichern von Mineralen. Beim heute nur noch sehr selten angewandten K. von Hand werden die Anteile nach ihrem Aussehen (Farbe, Glanz) auf Klaubetischen oder -bändern ausgelesen. Beim mechanisierten K. läuft das Gut auf einem Förderband an einem Meßgerät vorbei, das z. B. das Reflexionsvermögen oder die Radioaktivität (bei Uranerzen) der Anteile mißt und z. B. an der Bandabwurfstelle eine schwenkbare Platte betätigt, durch welche die Gutanteile nach der Größe der gemessenen Eigenschaft getrennt werden.

Klaue, ein an einem Maschinenteil vorhandener zweckmäßig geformter Ansatz, der in einen entsprechend geformten Hohlteil an einem zweiten Maschinenteil eingreifen kann, um eine formschlüssige Verbindung herzustellen.

Beim → Bajonettverschluß bewirken die Klauen eine Verbindung ohne axiales Spiel, während bei der Klauenkupplung axiales Spiel zum Ausgleich von Wellenlängenänderungen (z. B. durch Temperaturschwankungen) vorhanden sein muß, nur die Drehbewegung wird spielfrei übertragen.

Kleber, svw. → Gluten.

Klebstoff, nichtmetallischer Stoff zum Verbinden gleich- oder verschiedenartiger Stoffe miteinander ohne Veränderung ihres Gefüges. Die Klebfestigkeit beruht auf der Haftung (Adhäsion) der Moleküle des Klebstoffgrundstoffs auf der Oberfläche des zu verklebenden Stoffes und der mechanischen Festigkeit (Kohäsion) des K.s.

Die K.e bestehen aus Grundstoffen (meist natürliche oder synthetische organische Polymere) mit Zusatz von Lösungsmitteln, Weichmachern, Füllstoffen, Streckmitteln, Härtern oder anderen, die Klebeigenschaften oder das Abbinden beeinflussenden Stoffen. Die wichtigsten Grundstoffe sind 1) wasserlösliche natürliche oder synthetische Polymere (→ Leim); 2) Naturkautschuk und synthetische Kautschuktypen (Polychlorbutadien, Buna N, Buna S); 3) thermoplastische Hochpolymere (z. B. Zellulosenitrat, Polyakryl- und Polymethakrylsäureester, Vinylchlorid-Mischpolymere und nachchloriertes Polyvinylchlorid); 4) synthetische, meist härtbare Harze (Phenol- und Karbamid-Formaldehydharze, Epoxid- und ungesättigte Polyesterharze, Polyurethane, Polysulfide, Silikone u. a.); 5) Naturharze (Kolophonium, Schellack); 6) Wachse und bituminöse Massen; 7) anorganische Grundstoffe (Wasserglas, Metalloxide).

Nach der Lieferform teilt man die K.e ein in 1) flüssige K.e: a) Leimlösungen (Wasser als Lösungsmittel, → Leim), b) Kleblacke (organische Lösungsmittel), c) Klebdispersionen (wäßrige Dispersionen wasserunlöslicher organischer Polymerer, Latex); 2) plastische K.e: Klebkitte (→ Kitte); 3) feste K.e: Schmelzklebstoffe (Pulver, Stangen, Leim- oder Klebfilme, Leim- oder Klebfolien). Nach der Verarbeitungstemperatur unterscheidet man Kalt- und Warmklebstoffe, die es wieder jeweils kalt und warm abbindend gibt. Nach dem Verwendungszweck kennt man Papier-, Metall- und Gummiklebstoffe, Holzleim, Tapetenkleister u. a.

Das Abbinden des K.s kann durch Verdunsten der Lösungsmittel, durch Erstarren der Schmelze beim Abkühlen und durch chemische Reaktionen (Härtung, Vernetzung, Vulkanisation) erfolgen.

Steigende Bedeutung für das Verkleben von lösungsmittelundurchlässigen Werkstoffen, bes. Metallen, gewinnen solche K.e, die aushärten, ohne flüchtige Bestandteile abzugeben. Höchsten Ansprüchen z. B. im Flugzeug- und Fahrzeugbau genügen Kombinationsklebstoffe aus härtbaren Harzen und thermoplastischen Hochpolymeren oder Synthesekautschuken (→ Redux-Klebverfahren).

Lit. Dimter: K. für Plaste (Leipzig 1966); Jordan: Kunststoff-Klebstoffe (München 1963); Mühlsteph u. Pöge: Anwendungstechnik der Plast- und Elastdispersionen (Leipzig 1964). Plath: Taschenb. der Kitte und K.e (4. Aufl. Stuttgart 1963).

Klebverbindung, eine unlösbare stoffschlüssige Verbindung von gleich- oder ungleichartigen Stoffen (auch Metallen, → Metallklebverfahren) mittels kalt- oder warmaushärtender Kunstharzkleber. Die Klebefugen werden überlappt ausgebildet, so daß der Kleber auf Schub beansprucht wird. Auf diese Weise ist es möglich, die Festigkeit der Klebefuge so groß wie die Werkstoff-Festigkeit auszuführen.

Die K. wird z. B. beim Aufkleben von Brems- oder Kupplungsbelägen, Kleben von Blechen u. a. angewendet.

Kleesalz, → Oxalsäure.

Kleesäure, svw. → Oxalsäure.

K-Leim, → Plaste, Übers.

Kleinklima, svw. → Mikroklima.

Kleinstmaß, → Toleranz.

Kleintriangulation, trigonometrische Messungen zur weiteren Verdichtung der staatlichen Dreiecksnetze (→ Triangulation) I. bis III. Ordnung, wenn deren Punktabstände für ingenieurbautechnische Zwecke zu weit sind oder wenn die Anlage örtlicher genauer Triangulationen erforderlich ist. Oft werden die Verfahren der Einzelpunkteinschaltung (Rückwärts-, Vorwärts- und kombiniertes Einschneiden) angewandt. Beim **Rückwärtseinschneiden** wird die Lage des Neupunktes durch Messung der Winkel nach mindestens drei passend liegenden → trigonometrischen Punkten bestimmt. Das **Vorwärtseinschneiden** legt den Neupunkt durch Winkelmessung von mindestens zwei Festpunkten aus fest; dabei sind die Winkel zu ermitteln, die die Richtungen vom Festpunkt zum Neupunkt mit den Richtungen zwischen den Festpunkten selbst bilden. Das **kombinierte Einschneiden** vereinigt als genaueste Methode beide Verfahren. Als Grundlage genauester Vermessungen legt man Dreiecksnetze mit verhältnismäßig kurzen Seiten (je nach Problemstellung von 40 m bis 1000 m) an.

Kleistsche Flasche, svw. → Leidener Flasche.

Klemme, eine Vorrichtung zum Anschließen oder zum Verbinden von Leiterenden. Die Kontaktgabe erfolgt durch Schrauben- oder Federdruck.

Die **Klemmenspannung** ist die Spannung zwischen einem Klemmenpaar, z. B. zwischen den Polen eines Akkumulators oder zwischen den Klemmen eines Generators.

Klima, der allgemeine Charakter des täglichen und jährlichen Witterungsverlaufs an einem Ort oder in einem Gebiet, wie er sich aus den Klimaelementen Luftdruck, Temperatur, Strahlung, Luftfeuchtigkeit, Bewölkung, Niederschläge, Wind für einen längeren Zeitraum als Durchschnitt ergibt. Das K. ist abhängig von den Klimafaktoren, von geographischer Breite (Sonnenstand), Verteilung von Wasser, Land und Gebirgen, Meereshöhe, Boden sowie Pflanzendecke. Von diesem **Groß-** oder **Makroklima** weicht das **Kleinklima** oder → **Mikroklima,** das K. der bodennahen Luftschicht, teilweise erheblich ab.

Die Wissenschaft vom K. ist die **Klimatologie (Klimakunde),** ein Teilgebiet der Meteorologie; sie gliedert sich in allgemeine und angewandte Klimatologie. Die angewandte ist nach dem Anwendungsbereich unterteilt in Agrarklimatologie, → Bioklimatologie, technische Klimatologie u. a.

Man unterscheidet folgende **Klimazonen:** die *heiße Zone* (Tropen) zwischen den Jahresisothermen von 18 °C (etwa das Gebiet zwischen den beiden Wendekreisen); daran anschließend die zwei *gemäßigten Zonen* bis zu den 10-°C-Isother-

men des wärmsten Monats (etwa das Gebiet zwischen den Wende- und Polarkreisen) und zwei *kalte Zonen* jenseits der 10-°C-Isothermen (das Gebiet jenseits der Polarkreise). Die Übergangsgebiete zwischen den gemäßigten und der heißen Zone heißen *subtropische Zonen*.

Arten des K.s. Das **polare K.** ist immer kalt mit halbjährigem Wechsel von Tag und Nacht, das **gemäßigte K.** hat ausgesprochene Jahreszeiten, das **tropische K.** ist immer heiß mit wechselnden Regen- und Trockenzeiten. Das **Land-** oder **Kontinentalklima** hat heiße Sommer und strenge Winter (z. B. Sibirien); das **See-** oder **maritime K.** hat mäßig warme Sommer, milde Winter (z. B. Irland); das **Mittelmeerklima** (auch Etesienklima genannt) hat heiße trockene Sommer und milde feuchte Winter (z. B. Griechenland). In Geographie und Geologie unterscheidet man ferner arides, humides und nivales K. **Arides K.** wird gekennzeichnet durch geringe jährliche Niederschlagsmenge und große Verdunstung bei ungleicher Verteilung der Niederschläge über das Jahr; die Bildung einer zusammenhängenden Vegetationsdecke wird durch den Wassermangel behindert. In den Gebieten mit **humidem K.** überwiegt die Gesamtmenge der Niederschläge die Verdunstung; es entsteht Wasserüberschuß, der die Flüsse speist und sich günstig auf den Pflanzenwuchs auswirkt. Beim **nivalen K.** reicht die sommerliche Wärme nicht zum Auftauen von Schnee und Eis aus. Der Pflanzenwuchs ist sehr beschränkt.

Klimatologische Extremwerte

	Temperatur	Beobachtungsort
Maximum	+ 70 °C	NO-Äthiopien (Wärmepol
Minimum	− 88,3 °C	IGJ Station Wostok in der Antarktis (Kältepol)
maximales Jahresmittel	+ 31,1 °C	Somalihalbinsel (Afrika)
minimales Jahresmittel	− 30 °C	Südpolargebiet

	Niederschlag	Beobachtungsort
maximales Jahresmittel	11980 mm	Hawaii
Maximum eines Kalenderjahres	22090 mm	Tscherrapuntschi (Indien)
Maximum eines Tages	1168 mm	Bagui (Philippinen)
niederschlagreichster Ort	325 Tage/Jahr	Bahia Felix (Chile)
minimales Jahresmittel	0,1 mm	Arica (Chile)
Maximum der jährlichen Gewittertage (Mittel)	322 Tage/Jahr	Bogor (Java)

Klimaklassifikationen sind Gliederungen entsprechend z. B. geographischen, wasserhaushaltsmäßigen, biologischen u. dgl. Belangen.

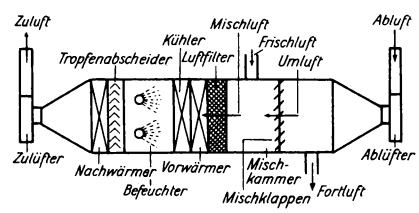
Die Erfahrung zeigt, daß die typischen Klimawerte eines bestimmten Gebietes im Laufe der Zeit gewisse Schwankungen aufweisen. Diese **Klimaschwankungen** können periodisch oder nichtperiodisch sein, d. h., die Maxima werden jeweils nach bestimmten Zeitabschnitten immer wieder erreicht, oder sie folgen ganz unregelmäßig aufeinander. Es gibt Perioden von sehr langer Dauer (*säkulare Schwankungen*), aber auch kürzere Schwankungen der verschiedenen meteorologischen Elemente, z. B. eine 11jährige Periode im Zusammenhang mit dem 11jährigen Sonnenfleckenzyklus (diese Periode läßt sich auch an den Jahresringen von Bäumen feststellen). Im Verlaufe der Erdgeschichte hat mehrfach ein **Klimawechsel** stattgefunden, wie z. B. die Steinkohlenlager in der Arktis (Spitzbergen) und die Spuren einer Vergletscherung während der Permzeit in Südafrika, aber auch die diluviale Eiszeit in Nord- und Mitteleuropa beweisen. Nach verschiedenen anderen Erklärungsversuchen (veränderlicher Gehalt an Kohlendioxid, Verlagerung der Erdachse, Polwanderung) neigt man heute dazu, kosmische Ursachen dafür verantwortlich zu machen, z. B. daß die Sonne mit ihren Begleitern bei ihrer Bewegung innerhalb der Milchstraße kosmische Staubwolken (Dunkelwolken) passiert, die die Einstrahlung von Energie auf die Erde und damit die Temperatur herabsetzen.

Über künstliche Beeinflussung des K.s → Klimalenkung.

Lit. Alisow, Brosdow, Rubinstein: Lehrb. der Klimatologie (Berlin 1957); Köppen: Grundriß der Klimakunde (Berlin 1931); Köppen u. Geiger: Handb. der Klimatologie (5 Bde Berlin 1930—1939); Mrose: K. und Wetter in ihrer Wirkung auf den Menschen (Wittenberg 1956); Klimaatlas für das Gebiet der DDR (Berlin 1953); → Meteorologie.

Klimaanlage, eine Anlage, die in einem Raum Lufttemperatur und -feuchte unabhängig von den Außenzuständen in vorgeschriebenen Grenzen hält.

Wirkungsweise. In der *Mischkammer* werden die aus dem Raum abgesaugte Luft (Umluft) und die von außen angesaugte Luft (Frischluft) in einem den Bedürfnissen entsprechend festgelegten Verhältnis gemischt. In einem *Staubfilter* (Luftfilter) wird die Mischluft gereinigt, im *Vorwärmer* (→ Lufterhitzer), einem Wärmeaustauscher, für den Winterbetrieb vorgewärmt, im *Oberflächenkühler*, ebenfalls einem Wärmeaustauscher, im Sommer gekühlt und entfeuchtet. Im *Befeuchter* (oft fälschlich als → Luftwäscher bezeichnet; Zerstäubungsdüsen für Wasser oder Düsen für Dampfeinspritzung) wird die Mischluft vor allem im Winter befeuchtet. Ein *Tropfenabscheider* hinter dem Befeuchter scheidet mitgerissene Wassertröpfchen aus. Der Befeuchter kann bedingt auch als Reinigungsaggregat (*Luftwäscher*) verwendet werden (Auswaschen und Beseitigen von Gerüchen und Staubteilchen durch Wasserschleier); dabei soll jedoch auf den eigentlichen Filter nicht verzichtet werden. Bei Vorhandensein von genügenden Mengen kalten Wassers (unter 12 °C) kann mit dem Befeuchter die Luft auch gekühlt und entfeuchtet und dadurch der Oberflächenkühler eingespart werden. Ein *Nachwärmer* (→ Lufterhitzer) bringt die Luft auf die gewünschte Zulufttemperatur und -feuchte; er ist in der Regel Sommer und Winter in Betrieb. Außerdem gehören zu einer K. noch die entsprechenden → Lüfter (Ventilatoren), Lüftungskanäle mit entsprechenden Auslässen (→ Anemostat) und Absaugeöffnungen, eventuell auch automatische Regelungsanlagen.



Klimaanlage im Längsschnitt

K.n sind sehr teuer; sie werden vor allem dort angewendet, wo ein berechtigtes Bedürfnis in hygienischer oder technologischer Hinsicht vorliegt, z. B. in Theatern, Versammlungsräumen, Werkstätten, Laboratorien, Operationsräumen, Fahrzeugen, Luftfahrzeugen.

Lit. → Lüftung.

Klimakammer, Druckkammer, Unterdruckkammer, ein abgeschlossener Raum, in dem sämt-

liche Komponenten des Klimas künstlich erzeugt werden können. Insbesondere können Luftdruck und Temperatur so verändert werden, daß sie denen in großen Höhen entsprechen. Man verwendet K.n in der Luft- und Raumfahrt für Eignungsprüfungen und Training von fliegendem Personal, für Versuchszwecke bei Tieren, zur Prüfung von Geräten und Instrumenten für die Luft- und Raumfahrt und für Untersuchungen von Materialien, ferner zur Klimatherapie bei Behandlung bestimmter Krankheiten (z. B. Asthma, Bronchitis).

Kleine K.n mit Teilklimatisierung sind auch die zur Aufzucht von Frühgeburten verwendeten → Inkubatoren und → Couveusen.

Klimalenkung, die bewußte Beeinflussung des Klimas zur Verbesserung z. B. von Agrarerträgen, industriellen Produktionsleistungen u. a. Zur Zeit ist K. nur in geschlossenen Räumen (→ Klimaanlage) und in den untersten Atmosphärenschichten (Mikrobereich) möglich, z. B. durch Windschutzstreifen (gegen Verwehungen der Bodenkrume), durch Anlegen von Schneisen oder von Durchlässen für sonst stagnierende Kaltluft, durch Bodenbearbeitung, Bodenbewässerung oder Bodentrockenlegen. Bei allen Maßnahmen sind gegebenenfalls sekundär auftretende Schäden zu bedenken. — Zukunftspläne beschäftigen sich damit, auch das Klima im Mesobereich zu beeinflussen, z. B. durch Verlagerung warmer Meeresströmungen u. dgl. Hierbei sind auch Einflüsse auf den Makrobereich denkbar, deren Auswirkungen jedoch noch nicht absehbar sind. Unter Umständen können sich dabei auch Verschlechterungen in weit entfernt gelegenen Gebieten ergeben.

Klimatechnik, alle Maßnahmen, die den Zustand der Luft eines Raumes aus hygienischen oder technologischen Gründen hinsichtlich Temperatur, Feuchte, Bewegung und Reinheit in bestimmten Grenzen konstant halten. Dies erfolgt durch → Klimaanlagen mit einer → Luftbehandlung.

Lit. → Lüftung.

Klingel, elektrische K., (Abb.), elektroakustische Signalvorrichtung. Beim Schließen des Klingelstromkreises durch Drücken auf den Klingelknopf (a) zieht ein Elektromagnet (e) einen federnd gelagerten Anker (b) an, so daß der an diesem befestigte Klöppel (d) gegen die Glocke (f) schlägt. Dadurch wird die leitende Verbindung zwischen der Blattfeder am Anker und der Kontaktschraube (c) und damit der Stromkreis wieder unterbrochen (Prinzip des Wagnerschen Hammers, → Unterbrecher). Der Anker schnellt durch die Blattfeder in die Ruhelage zurück, der Stromkreis ist wieder geschlossen, und der gleiche Vorgang wiederholt sich. Auf diese Weise kommen die schnellen Schläge des Klöppels gegen die Glocke zustande. Als Stromquelle dient ein galvanisches Element (g) oder das Lichtnetz, wobei ein **Klingeltransformator** vorgeschaltet wird, der die Netzspannung auf 3, 5 oder 8 Volt herabsetzt. Wechselstrom-Wecker, d. s. nur für Wechselstrom eingerichtete K.n, haben statt des Selbstunterbrechers einen gepolten Elektromagneten.

Klingeln, svw. → Klopfen.

Klinker, aus Ton, Lehm, tonigen Gesteinen mit oder ohne Zusatz von anderen Stoffen (Magerungs- und Flußmittel, Farboxide) geformte und bis zur Sinterung gebrannte Ziegel. K. werden im Hochbau als Rohbaumauerstein, Verblender und Schmuckstein, im Tiefbau als Tunnel-, Kanal-, Wasser- und Straßenbaustein sowie für den Schornsteinbau verwendet. Man unterscheidet folgende Arten von K.n: **Klinkermauerziegel** (nach TGL 117-0631) mit einer mittleren Druckfestigkeit von 350 oder 500 kp/cm², einer mittleren Rohdichte von mindestens 1,90 kg/dm³; **Pflasterklinker** zum Pflastern von Straßen u. dgl.; **Kanalklinker** (TGL 9891) für Abwasserkanäle; **Radialklinker** für den Industrieschornsteinbau; **Klinkerplatten** mit glatter oder geriffelter Oberfläche, als Wand- oder Fußbodenplatten verwendet; **Klinkerspaltplatten** zur Auskleidung chemischer Apparaturen und **Klinkerverblendplatten** zur Verkleidung von Außenmauerwerk. Näheres über die Verarbeitung → Ziegel.

Klinochlor, → Chlorite 2).

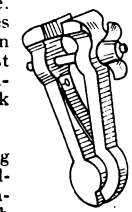
Klipper, ein → Fischereifahrzeug.

Klirrfaktor, ein Maß für die nichtlinearen Verzerrungen eines Vierpols. Der K. ist definiert als das Verhältnis des Effektivwertes sämtlicher Oberschwingungen zum Effektivwert der gesamten Wechselgröße (Grund- und Oberschwingungen). Er entsteht bei der Aussteuerung, z. B. eines Verstärkers, der mit Elektronenröhren oder Transistoren bestückt ist, durch die nichtlinearen Kennlinien dieser Bauelemente. Der K. ist abhängig von der Wahl des Arbeitspunktes und wird in Prozenten angegeben. Für hochwertige Übertragungen sind nur wenige Prozent K. zulässig.

Klischee, eine Hochdruck-Zweitform, die von einer bereits vorhandenen Druckform (Schriftsatz, Druckplatte) hergestellt wird, z. B. → Galvano und Stereo (→ Stereotypie). Die Bezeichnung K. wird fälschlich oft auch für Originaldruckplatten angewendet.

Klischograph, → Druckplattengraviermaschine.

Kloben, eine Vorrichtung zum Einspannen eines Werkstückes. Der K. besteht aus zwei Schenkeln mit Spannbacken, die gegeneinander meist durch Schraube und Flügelmutter (z. B. **Feilkloben**) oder durch anderen äußeren Druck bewegt werden.

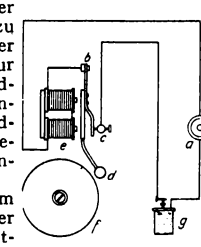


Feilkloben

Klopfbremsen, svw. → Antiklopfmittel.

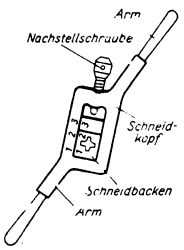
Klopfen, Klingeln, eine akustische Erscheinung bei Verbrennungsmotoren (Otto- und Dieselmotoren). Beim Ottomotor ruft eine unerwünscht rasche Verbrennung, die durch Selbstentzündung eines Teils des Kraftstoff-Luft-Gemisches entsteht, ein klingelndes bis klopfendes Geräusch hervor. Das K. hat Leistungsminderung, überhöhte mechanische Beanspruchung des Triebwerks und zu starke Erhitzung von Kolben und Zylindern sowie des Motorenöles zur Folge. Durch Zusatz von → Antiklopfmitteln und durch günstige Gestaltung des Brennraumes versucht man das K. auszuschalten. Die **Klopffestigkeit** des Kraftstoffes wird durch die → Oktanzahl charakterisiert.

Wird beim Dieselmotor wegen ungenügender Zündwilligkeit des Kraftstoffes oder wegen zu niedrigen Temperaturniveaus des Motors der Zündverzug (Zeit vom Einspritzbeginn bis zur Zündung) zu groß, so wird während des Zündverzugs eine große Kraftstoffmenge in den Brennraum eingespritzt, die nach Ablauf des Zündverzugs verbrennt und eine starke Drucksteigerung bewirkt; diese macht sich akustisch ebenfalls als K. bemerkbar.

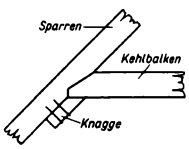


Elektrische Klingel

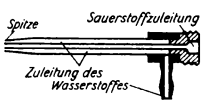
Kluft, Diaklase, Lithoklase, eine feine, kaum geöffnete Fuge, die das Gestein mehr oder weniger ebenflächig durchsetzt und an der keine wesentliche Bewegung erfolgt. Ist Bewegung vorhanden, kommt es zu Verwerfungen. Eine geöffnete K. wird als → Spalte bezeichnet. Klüfte gehören zum sekundären Gesteinsgroßgefüge (→ Gefüge, → Absonderung) und entstehen durch tektonische Zug- und Druckbeanspruchung der Gesteine. Man unterscheidet folgende Formen: 1) **Quer-** oder **Q-Klüfte** verlaufen quer zur Faltenachse oder zur Streckung des Gesteins, d. h. parallel zur Druckrichtung, daher auch **Zugklüfte** genannt. Sie sind häufig zu Spalten geöffnet und oft mit Mineralen (Quarz und Kalkspat) oder Eruptivgesteinen (Apliten) gefüllt. 2) **Schieferungs-, Streckungs-** oder **S-Klüfte** verlaufen parallel zur



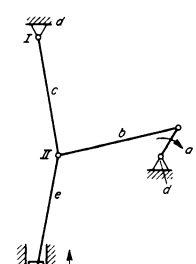
Schneidkluppe



Knagge



Knallgasgebläse



6gliedriges Kniehebelgetriebe. *a* Antrieb (Kurbel), *b* Koppel, *c* Schwinge, *d* Gestell, *e* Übertragungsglied, *f* Abtrieb (Gleitstein); *c*, *e* Kniehebel; *I*, *II*, *III* Gelenke des Kniehebels

Streckung oder Faltenachse und stehen senkrecht zur Druckrichtung, daher auch **Druckklüfte** genannt. 3) **Lager-** oder **L-Klüfte** verlaufen horizontal oder flachgeneigt. Q-, S- und L-Klüfte stehen meist senkrecht zueinander. 4) **Diagonal-** oder **Scherklüfte** verlaufen diagonal zur Druckrichtung.

Kluppe, 1) Meßtechnik: die → Meßkluppe.

2) **Schneidkluppe,** ein Werkzeug zum Schneiden von Gewinden. Die K. besteht aus einem mit zwei Armen versehenen Spannrahmen mit zwei gehärteten, auswechselbaren Schneidbacken, die mittels einer Nachstellschraube mit fortschreitender Gewindetiefe verstellt werden können. Zu jeder K. gehören drei bis fünf Paar Schneidbacken für verschiedene Gewindedurchmesser.

Klüse, im Schiffbau eine meist verstärkte Öffnung in der Bordwand (z. B. **Ankerklüse**), im Deck **(Decksklüse)** sowie im oder auf dem Schanzkleid **(Seitenklüse)**. Die K. dient zur Führung von Ketten (z. B. **Anker-** und **Decksklüse**) und Leinen **(Tauklüse, Verholklüse)** und ist mitunter auch zum Öffnen eingerichtet **(Bügelklüse)**.

Klystron, svw. → Triftröhre.

km, Kurzz. für Kilometer, → Meter.

kmol, Kurzz. für Kilomol, → Mol.

kn, Kurzz. für → Knoten.

kN, Kurzz. für Kilonewton, → Newton.

Knagge, 1) **Frosch,** ein kurzes Kantholzstück, meist schräg geschnitten, zur Unterstützung eines darüberliegenden Konstruktionsgliedes. **Simsknaggen** zum Befestigen des Simses bestehen aus Bohlen.

2) ein starkes Blech, das an Stahlstützen angeschweißt oder angeschmiedet ist und als Auflage für Unterzüge dient.

3) ein Winkelstück aus Stahl oder Gußeisen. Es wird mit Schraube zum Spannen oder Zusammenziehen (z. B. beim Schweißen) von Werkstücken oder aber ohne Schraube als Anschlag verwendet.

Knall, eine kurzzeitige Druckänderung (Schallimpuls oder Schallstoß), insbesondere von großer Schallintensität, → Schall.

Knallgas, im weiteren Sinne ein Gasgemisch, dessen Komponenten bei Zündung unter Explosionserscheinungen miteinander reagieren. Im engeren Sinne versteht man unter K. ein Gemisch aus zwei Volumenteilen Wasserstoff und einem Volumenteil Sauerstoff, das beim Anzünden mit einer Flamme oder einem elektrischen Funken unter Bildung von Wasserdampf explodiert (etwa ab 500 °C). Technisch wird der hohe Wärmeinhalt und damit die hohe Temperatur des Verbrennungsgases im **Knallgasgebläse** ausgenutzt, an dessen Spitze Wasserstoff in reinem Sauerstoff verbrennt, wobei Temperaturen von 3100 bis 3300 °C erzeugt werden. Das Knallgasgebläse wird zum Glasblasen sowie zum autogenen Schweißen und Schneiden benutzt.

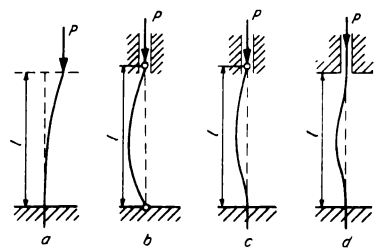
Knallgaszelle, eine → Brennstoffzelle.

Knallsäure, Fulminsäure, $\overset{\ominus}{|}C{\equiv}\overset{\oplus}{N}{-}OH$, ein Isomeres der Zyansäure. K. ist ein stark riechendes und sehr giftiges, unbeständiges Gas. Sie entsteht beim Zersetzen ihrer Salze, der **Fulminate,** durch starke Säuren. Als Initialsprengstoff verwendet wird Quecksilberfulminat $(CNO)_2Hg$.

Knäuelmolekül, → Makromoleküle.

Kneten, → Homogenisieren.

Knickkraft, Zeichen P_K, die Kraft, bei der die seitliche Ausbiegung eines auf Druck beanspruchten Stabes so groß wird, daß spröde Werkstoffe brechen und zähe Werkstoffe ausknicken, wobei in der Randfaser bleibende Verformung eintritt. Die K. wird durch den **Knickversuch** ermittelt. Man verwendet Probekörper, deren Länge gegenüber dem Durchmesser sehr groß ist (→ Druckfestigkeit). Die K. wird durch die Form des Prüfkörpers, seine Einspannung und seinen Elastizitätsmodul bestimmt. Man spricht von elastischer Knickung, wenn die Knickspannung $\frac{P_K}{F}$ unterhalb der Elastizitätsgrenze σ_{dE} (→ Druckversuch) liegt, und kann in diesem Falle die K. nach der Formel von Euler berechnen: $P_K = \pi^2 \frac{E \cdot J}{s^2}$ [kp], wobei E = Elastizitätsmodul in kp cm^{-2}, J = kleinstes axiales Trägheitsmoment in cm^4, s = Knicklänge in cm. Die Knicklänge s hängt von der Einspannung ab (Abb.). Sie ist gleich der Länge l des Stabes, dessen Enden z. B. durch Spitzenlagerung festgelegt, aber nicht eingespannt sind (Fall b). Im Falle a ist $s = 2\,l$; ein Stabende ist eingespannt, das andere frei beweglich. Im Fall c mit $s \approx 0{,}7\,l$ ist ein Ende ebenfalls fest eingespannt, das andere wie bei Fall b beweglich am Kraftangriff angeordnet. Im Fall d sind beide Enden eingespannt, und es gilt $s = 0{,}5\,l$. Elastische Knickung tritt im allgemeinen dann ein, wenn der Schlankheitsgrad λ der Probe etwa oberhalb 80 liegt. Man versteht darunter den Quotienten aus Knicklänge s in cm und Trägheitshalbmesser $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ (F = Querschnitt der Probe in cm^2): $\lambda = \frac{s}{i}$.



Knickversuch

Wenn $\lambda < 80$, liegt unelastische Knickung vor. Das Ausknicken tritt dann erst nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze σ_{dE} ein. Im Maschinenbau berechnet man in diesem Falle die Knickspannung nach Formeln, die v. Tetmajer für bestimmte Werkstoffe angegeben hat. Diese sind so ausgelegt, daß keine bleibende Stauchung auftritt. Stäbe mit sehr kleinem Schlankheitsgrad werden als Druckstäbe behandelt. Im Hoch- und Brückenbau wendet man für $\lambda < 100$ das → Omega-Verfahren zur Berechnung der K. an. Im Maschinenbau darf es nicht angewendet werden.

Knickpunkt, → thermische Analyse.

Knickversuch, → Knickkraft.

Kniefalte, svw. → Flexur.

Kniehebel, zwei Getriebeglieder c und e, die das Gelenk II beweglich miteinander verbindet (Abb.). Da die Glieder c und e nicht umlauffähig sind, schwingt das Gelenk II um die Strecklage dieser Glieder (Gelenke I, II und III liegen auf einer Geraden). In dieser Strecklage lassen sich große Kräfte von e auf c übertragen, der Hub eines Abtriebsgliedes wird begrenzt.

Ein **Kniehebelgetriebe** entsteht z. B. dadurch, daß an eine Kurbelschwinge a – b – c – d zwei Glieder e und f so angelenkt werden, daß die Glieder c und d als Kniehebel wirken. Im vorliegenden Beispiel lassen sich am Gleitstein f wirkende Kräfte in der Kniehebelstrecklage direkt auf das Gestell d (über Gelenk I) übertragen. Kniehebelgetriebe werden z. B. zur Hubbegrenzung, zur Aufnahme und Abgabe großer Kräfte, als Sperre u. a. an Pressen (Kniehebel-

presse) und bei Textil- und Verpackungsmaschinen verwendet.

Kniestock, svw. → Drempel.

Knitterecht-Ausrüstung, → Permanent-Appretur.

Knopfzelle, ein Primärelement, meist auf Silberoxid- (1,56 V) oder Quecksilberoxid-Zink-Basis (1,34 V) aufgebaut. Als Elektrolyt wird Kalilauge verwendet. K.n werden besonders in elektrischen Armbanduhren verwendet, ferner in der Medizintechnik (z. B. in Hörhilfen). Ihre Kapazität liegt meist je nach Größe der Zelle zwischen 36 und 200 mAh (Milliamperestunden). Der besondere Vorzug von K.n sind gute Abdichtung, hohe Lagerfähigkeit sowie gleichmäßige Entladecharakteristik.

Knoten, 1) die Stellen einer stehenden Welle mit der Amplitude Null, → Schwingung.

2) die beiden Schnittpunkte der Bahn eines Himmelskörpers mit der Grundebene eines Koordinatensystems, im Sonnensystem mit der Ebene der Ekliptik. Im **aufsteigenden K.** durchstößt ein Himmelskörper die Ekliptikalebene von Süden nach Norden, im **absteigenden K.** von Norden nach Süden (Abb. → Bahn).

3) Kurzz. **kn,** gesetzliche, nur in der See- und Luftfahrt zulässige Einheit der Geschwindigkeit. 1 kn = 1 sm/h (Seemeile/Stunde) = 1852 m/h (Meter/Stunde) = 0,514444 m/s (Meter/Sekunde). Im Englischen wird der K. als **knot** (Kurzz. kn) bezeichnet. Man unterscheidet zwischen international knot (1852 m/h) und imperial knot oder knot (UK) (1853,181 m/h); in den USA ist seit 1954 das international knot üblich.

Knotenblech, im → Stahlbau ein Blech an den Knotenpunkten der Fachwerkträger oder Gitterstützen zum Anschluß der einzelnen Stäbe durch Nieten oder Schweißen; dient zum Übertragen der Kräfte.

Knotenregel, → Kirchhoffsche Verzweigungsregeln.

Knotenschiefer, svw. → Fruchtschiefer.

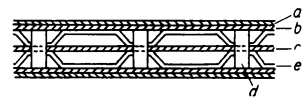
Knüpfen, das Verknoten der einzelnen Fäden (Seiden, Zwirne, geflochtene Schnüre) zweier Fadensysteme (Abb.) auf Netzknüpfmaschinen zu Netztüchern. **Knüpfspitze** ist eine durch K. oder auch durch Verflechten von Fäden hergestellte Handarbeit. **Knüpfteppich,** → Teppich.

Knüppel, warmgewalztes Halbzeug. Es entsteht durch Unterteilen des auf der Blockstraße zu einem langen Stab ausgewalzten Blockes mit der Block- oder Knüppelschere. K. haben eine Dicke von 45 bis 115 mm und werden zu Fertigerzeugnissen (z. B. Profile, Draht) weiterverarbeitet.

Koagulation, das Zusammenballen von kolloiden Teilchen zu größeren Aggregaten, z. B. Übergang von Eiweiß aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand. Die K. kann durch Alterung eines kolloiddispersen Systems, durch mechanische Einwirkungen, z. B. Ultraschall, Schütteln, oder durch Zugabe eines Elektrolyten (z. B. die K. von Kautschuk im Latex durch Säurezusatz) erfolgen.

Koaleszenz, → Kolloide.

Koaxialkabel, Koaxialleitung, eine im Gegensatz zum Flachbandkabel gegen Erde unsymmetrische Leitung, ein Breitbandkabel. Es besteht aus einem Innenleiter aus Kupfer oder Aluminium, der durch Scheiben, Wendel, Vollmaterial u. a. aus Isoliermaterial (Polystyrol oder Keramik) mit geringen dielektrischen Verlusten genau zentrisch im Außenleiter (aus Kupfer- oder Aluminiumgeflecht) gehalten wird. Das K. wird auch *Tube* genannt. Es ist geeignet zur Übertragung von Fernseh- und Trägerfrequenzsignalen. Als Abmessungen werden vorzugsweise benutzt: ⌀ Innenleiter/Außenleiter in mm 2,6/9,5 — CCI-Tube (Tube nach den Empfehlungen des Comité Consultatif International), z. Z. ausnutzbar bis 13 MHz (Megahertz) — und 1,2/4,4 — Zwergtube, z. Z. ausnutzbar bis 6 MHz. Das Durchmesserverhältnis von Innen- zu Außenleiter bestimmt maßgebend eine wichtige Kenngröße, den Wellenwiderstand. Vielfach werden mehrere K. mit symmetrischen Leitungen und zusätzlichen Beipackleitungen in einem Kabel vereinigt.

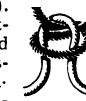


Koaxialkabel zur Fernsehübertragung. *a* Schutzmantel, *b* Außenleiter, *c* Innenleiter, *d* Isolatoren, *e* Isolatorenstützen

Koaxialleitung, svw. → Koaxialkabel.

Koazervation, die Entmischung von stark solvatisierten Kolloiden in zwei flüssige Phasen, von denen die eine viel, die andere wenig kolloide Anteile enthält.

Kobalt, Symbol **Co,** chemisches Element aus der in der VIII. Nebengruppe des Periodensystems stehenden Eisengruppe, Reinelement, Schwermetall; Ordnungszahl 27, Atomgewicht 58,9332 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit meist II und III, auch I und IV, D. 8,83 g cm^{-3}, F. 1490 °C, Kp. 3100 °C; 1735 von Brandt entdeckt. Das stahlgraue, glänzende K. ist dem Eisen und Nickel sehr ähnlich. Es ist von großer Zähigkeit und Härte, schmiedbar und magnetisch. In verdünnten oxydierenden Säuren löst es sich leicht. K. kommt in der Natur lediglich in Form seiner Verbindungen vor, besonders in den Mineralen Speiskobalt, Kobaltin und Linneit. Man gewinnt K. durch Rösten der Erze oder der als Speisen bezeichneten Zwischenprodukte der Blei-, Kupfer- und Nickelgewinnung und anschließende Reduktion — meist mit Koks — des Kobalt(III)-oxids zum Metall. Große Bedeutung hat K. als Legierungsbestandteil (→ Hartmetall, → Schneidmetalle, → Fernichrome, → Kovar, → Perminvar). In neuester Zeit wird das in Kernreaktoren künstlich erzeugte radioaktive Isotop ^{60}Co zunehmend verwendet. ^{60}Co zerfällt mit einer Halbwertszeit von 5,26 Jahren und gibt dabei eine Gammastrahlung von 1,17 und 1,33 MeV ab. Die Gammastrahlung kann Werkstücke besonderer Stärke durchdringen und wird daher in der Technik zur Materialprüfung verwendet. In der Medizin ist sie zur Bekämpfung von Krebsherden im Körperinnern von Bedeutung (→ Gammatherapieeinrichtung). ^{60}Co wird auch bei der Detonation der Kobaltbombe (→ Kernwaffen) frei.



Netzknoten

Kobaltverbindungen. Kobalt(II)chlorid, $CoCl_2$, blaue Kristalle, die sich an feuchter Luft rosa färben, deshalb verwendet man die wäßrige Lösung auch als Geheimtinte (sympathetische Tinte), dabei tritt die Schrift erst beim Erwärmen deutlich blau hervor; ferner dient $CoCl_2$ zum Galvanisieren und in der Glas- und Porzellanmalerei. Eine Reihe von Kobaltverbindungen stellen Pigmente für die Öl-, Aquarell-, Glas- und Porzellanmalerei dar, z. B. → **Smalte,** chemisch Kobalt(II)-kaliumsilikat; **Kobaltblau(I), Kobaltultramarin, Thénards Blau,** chemisch Kobaltaluminat $CoO \cdot Al_2O_3$; **Kobaltblau(II), Coelestinblau,** chemisch Kobalt(II)-stannat $CoSnO_3$; **Kobaltgelb, Aureolin,** chemisch Kaliumhexanitrokobaltat $K_3[Co(NO_2)_6]$, und **Kobaltgrün, Rinmanns Grün, Türkisgrün,** chemisch eine feste Lösung von Kobaltoxid in Zinkoxid. — Dreiwertige Kobaltsalze haben eine große Tendenz zur Komplexbildung.

Kobaltbombe, → Kernwaffen.

Kobaltglanz, svw. → Kobaltin.

Kobaltglas, svw. Smalte, → Kobalt.

Kobaltin, Kobaltglanz, ein Mineral, wichtiges Kobalterz, CoAsS; kubisch, rötlichweiß, Härte

nach Mohs etwa 5,5, D. 6 bis 6,4 g cm^{-3}. K. findet sich auf hydrothermalen Gängen und kontaktpneumatolytisch.

Kobaltkanone, → Gammatherapieeinrichtung.

Kobaltkies, svw. → Linneit.

Kochpunkt, svw. Siedepunkt, → Sieden.

Kochsalz, → Salz 1).

Kodachrom-Verfahren, → Farbenphotographie.

Kodacolor-Verfahren, → Farbenphotographie.

Kode, → Code.

Kodein, Morphinmonomethyläther, ein Hauptalkaloid des Opiums und des Mohns. Die schmerzstillende Wirkung des K.s ist gering, in Kombination mit anderen schmerzstillenden Mitteln vermag es jedoch deren Wirkung zu steigern. Hauptsächlich wird seine hustenstillende Eigenschaft ausgenutzt.

Koeffizient, 1) Mathematik: eine allgemeine oder bestimmte Zahl, die als Faktor einer unbestimmten oder variablen Größe beigegeben ist, in einem Polynom auch das konstante Glied; z. B. die Zahlen 2, 3 und 5 in dem Polynom $2x^4 + 3x + 5$. Den K. der höchsten im Polynom vorkommenden Potenz der Unbestimmten nennt man den höchsten K.en des Polynoms (im Beispiel die Zahl 2). In einer Gleichung nennt man alle konstanten Faktoren der die Unbekannte enthaltenden Glieder sowie das absolute Glied K.en, z. B. a, b, und c in $ax^2 + bx + c = 0$.

2) Physik: gemeinsame Bezeichnung für eine Reihe von Stoffkonstanten, z. B. Ausdehnungs-, Druck-, Absorptions-, Diffusionskoeffizient, K. der inneren Reibung u. a.

Koepescheibe, eine → Treibscheibe.

Koerzitivkraft, → Hysterese.

Koffein, Kaffein, Thein, 1,3,7-Trimethylxanthin, ein bitterschmeckendes Alkaloid, das in den Kaffeebohnen (durchschnittlich 1,2 %) und in den Blättern des Teestrauchs (in getrockneten Blättern 0,8 bis 5 % K.) enthalten ist. K. wird technisch durch Extraktion von Tee, Kakao, Kaffee oder deren Abfällen oder synthetisch aus Harnsäure gewonnen. Es wirkt anregend auf Herz, Zentralnervensystem, fördert die Harnabsonderung; größere Mengen können zu Vergiftungen (Unruhe, Herzklopfen, Kopfschmerz) führen.

Kogasin, Abk. von **Koks-Gas-**Benzin, Gemisch synthetischer, dieselölartiger, flüssiger, aliphatischer Kohlenwasserstoffe, die bei der Fischer-Tropsch-Synthese anfallen. K. wird vor allem zu Waschmitteln weiterverarbeitet und als Zusatz zu Dieselölen verwendet.

Kogasin-Verfahren, svw. → Fischer-Tropsch-Synthese.

Kohäsion, das Wirken von Anziehungskräften zwischen Atomen oder Molekülen eines Körpers. Die K. ist bei festen Körpern groß, bei flüssigen gering, bei Gasen verschwindend klein. Unterschied: → Adhäsion.

Kohäsionsdruck, Binnendruck, der Druck, der auf den gegenseitigen Anziehungskräften der Moleküle eines realen Gases oder einer Flüssigkeit basiert. Bei idealen Gasen ist der K. gleich Null. Bei realen Gasen, die der van der Waalsschen Gleichung genügen, kann man den K. bei 1 Mol des Gases mit a/V^2 charakterisieren, wobei a = stoffspezifische Konstante und V = Volumen. Bei Flüssigkeiten setzt man den K. im einfachsten Fall proportional a/V^n mit dem empirischen Exponenten $n > 2$. Während bei realen Gasen der K. nur ein kleines Korrekturglied zum Gasdruck liefert, ist er bei Flüssigkeiten ausschlaggebend für ihren Zusammenhalt und ihre Volumenbeständigkeit.

Kohle, im engeren Sinne ein brennbares, aus fossilen Pflanzen hervorgegangenes und in den Schichtenaufbau der Erde eingegliedertes Sedimentgestein **(Mineralkohle),** im weiteren Sinne ein kohlenstoffreiches, brennbares, braun bis schwarz gefärbtes Zersetzungsprodukt organischer Substanzen; hierzu gehören auch die durch Erhitzen organischer Substanzen unter Luftabschluß künstlich erzeugten Entgasungsrückstände, z. B. Holzkohle, Tierkohle und Aktivkohle. Bei der natürlichen K. unterscheidet man nach ihrem prähistorischen Ausgangsmaterial zwischen Humuskohlen, Liptobiolithen und Sapropelkohlen.

1) Die **Humuskohle** bildete sich aus dem Pflanzenmaterial von Sumpfmoorwäldern, die in einem feuchtwarmen Klima üppig gediehen und nach dem Absterben auf langsam absinkendem Untergrund bald von Wasser bedeckt wurden. Dadurch konnte damals ein Verwesungsprozeß nicht eintreten. Unter Mitwirkung von Mikroorganismen, vor allem Bakterien und Pilzen, kam es vielmehr nur zu einem Zersetzungsprozeß, bei dem sich zunächst unter teilweisem Luftzutritt (aerob) und schließlich unter völligem Luftabschluß (anaerob) das Pflanzenmaterial in **Torf** verwandelte. Diesen Prozeß bezeichnet man als *Vertorfung* oder *Humifikation*. Wird der Torf mit anderen Sedimenten, wie Ton oder Sand, bedeckt, so sinkt er weiter zusammen und geht durch diagenetische Prozesse in **Weichbraunkohle** über. Durch die Einwirkung von Gebirgsdruck und erhöhten Temperaturen wird neben der Humifikation ein weiterer wichtiger Umwandlungsprozeß ausgelöst, die *Petrifikation*, wobei das Ausmaß dieses Vorganges den Reifungsgrad der K. bestimmt. Durch Druck und Temperatur werden nämlich Umwandlungsprozesse eingeleitet, die zur Bildung von **Hartbraunkohle (Pechkohle)** und — bei weiterer Einwirkung von starkem Druck und erhöhter Temperatur — zur **Steinkohle** und zum → **Anthrazit** führen. Allerdings gibt es Hypothesen, die die entscheidende Mitwirkung von Druck und Temperatur bezweifeln. Den gesamten Umwandlungsprozeß von der Pflanze bis zur K. bezeichnet man als *Inkohlung*. Dabei geht zunehmend Wasserstoff verloren, während sich der Kohlenstoff relativ anreichert. In der Reihenfolge Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit nimmt der Kohlenstoffgehalt von 50 % auf über 91,5 % zu, während der Wasserstoffgehalt von 6 % auf unterhalb 3,75 % und der Sauerstoffgehalt von 43,9 % auf weniger als 2,5 % absinken.

Die Voraussetzungen für die natürliche Kohlebildung — feuchtwarmes Klima, üppiger Pflanzenwuchs, sinkender Untergrund — bestanden in der geologischen Vergangenheit im Karbon und Tertiär in den Vortiefen und Innensenken der sich in jenen Zeiten emporhebenden Gebirge. Während das im Karbon vor und zwischen den karbonischen Gebirgen entstandene Kohlematerial später fast überall von Gebirgsbildungen ergriffen und dabei durch starken Druck in Steinkohle umgewandelt wurde, war das im Tertiär gebildete Kohlematerial in der Regel einem geringen Druck ausgesetzt, so daß es im Braunkohlenstadium verblieb. Steinkohle hat damit im allgemeinen ein Alter von rund 250 Millionen Jahren, Braunkohle — abgesehen von einigen Ausnahmen — ein solches von 40 bis 60 Millionen Jahren.

a) **Braunkohle.**

Einteilung und Zusammensetzung. Nach der äußeren Erscheinungsform kann man Braunkohle in Weich- und Hartbraunkohle einteilen. Die ältere Hartbraunkohle enthält 20 bis 30 % Wasser, bis zu 42 % Ballaststoffe und ist von holziger Beschaffenheit. Die jüngere Weichbraunkohle besteht aus einer erdigen Grundmasse, in der sich oft holzige Elemente (*Lignit*, *Xylit*) finden. Sie hat einen Wassergehalt von 30 bis 65 % und einen Ballaststoffgehalt von 3 bis 15 %. Anorganische Ballaststoffe sind z. B. Kaolin, Pyrit, Kalzit, Siderit, Chalkopyrit, Dolomit und

Quarz. Die organischen Bestandteile bestehen aus dem Bitumenanteil und den Huminstoffen, d. s. organische Zersetzungsprodukte von Tieren und Pflanzen.

Korrekter ist die Einteilung der Braunkohle nach dem internationalen Braunkohlenklassifikationssystem in 6 Klassen nach ihrem Gesamtwassergehalt (bezogen auf aschefreie Basis), unabhängig von ihrer äußeren Erscheinungsform und ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften. Innerhalb jeder Klasse wird nach dem Teergehalt (bezogen auf wasser- und aschefreie Basis) nochmals in 5 Gruppen untergliedert.

Schema der internationalen Braunkohlenklassifikation

Klassen-Nr.	Wassergehalt [%]	Gruppen-Nr.	Teergehalt [%]
10	bis 20	00	bis 10
11	20···30	10	10···15
12	30···40	20	15···20
13	40···50	30	20···25
14	50···60	40	25
15	60···70		

Braunkohle mit einem hohen Alkaligehalt bezeichnet man als → Salzkohle.

Vorkommen. Die DDR steht unter den braunkohlefördernden Ländern der Welt an erster Stelle; ihre Vorkommen an Braunkohle reichen bei angenommenen 25 Milliarden t noch etwa 80 Jahre. Die Hauptlagerstätten befinden sich im Raum Bitterfeld — Halle — Leipzig — Zeitz — Altenburg, in der Niederlausitz, südlich von Frankfurt/Oder und südwestlich von Magdeburg. Westdeutschland verfügt über größere Braunkohlenlager am Niederrhein, in Hessen, bei Helmstedt, in der Oberpfalz und in Oberbayern. Während die Mächtigkeit der Flöze allgemein zwischen 10 und 20 m schwankt, sind die Flöze im Geiseltal und bei Köln teilweise bis zu 100 und 120 m mächtig. Weitere wichtige Braunkohlevorkommen findet man in der Sowjetunion bei Tula (unterkarbonische Braunkohle), in der Ukraine, im Ural und in Sibirien, in der ČSSR (Chomutov, Ústˇ), in Ungarn (Tatabánya, Dorog, Salgótarján), Jugoslawien, Bulgarien, Polen, ferner in den USA und in Australien.

Braunkohlenförderung der wichtigsten Länder (in 1000 t)

	1950	1960	1965
DDR	137050	225465	250839
UdSSR	75864	134698	149850
Westdeutschland	75841	96138	101906
ČSSR	27509	57888	72329
Jugoslawien	11665	21430	28788
Ungarn	11868	23676	27075
Bulgarien	5771	16577	24489
Polen	4836	9327	22626

Gewinnung und Aufbereitung. Die Braunkohle wird fast ausschließlich im → Tagebau gewonnen, nur in geringem Maße im Untertagebau (Tiefbau).

Die Aufbereitung der Kohle besteht zunächst in verschiedenen Siebungs- und Zerkleinerungsoperationen bis zu einer gewünschten Körnung. Diese richtet sich danach, ob die zur Veredlung gelangende K. nur getrocknet, teilweise getrocknet, getrocknet und brikettiert oder nur abgesiebt wird. Die Trocknung erfolgt vorwiegend in Tellertrocknern oder Röhrentrocknern. Die Aufbereitung und Brikettierung zählen heute zur physikalischen Veredlung der K. Über weitere Kohleveredlungsverfahren → Kohleveredlung.

Verwendung. Braunkohle wird hauptsächlich zur Elektrizitätserzeugung benutzt. Beträchtliche Mengen werden auch unter hohem Druck zu Briketts verpreßt und als Heizmaterial in der Industrie und im Haushalt, zur BHT-Kokserzeugung (→ Koks) sowie zur Gaserzeugung, insbesondere im Druckgaswerk, verwendet. Gleichzeitig stellt die Braunkohle aber auch einen wertvollen Rohstoff für die Erzeugung zahlreicher Grundchemikalien und vieler anderer Veredlungsprodukte dar.

Merkmale von Braun- und Steinkohle

Merkmale	Braunkohle	Steinkohle
Farbe	gelb-schwarzbraun	schwarz
Hygroskopizität	stark 15···18%	schwach 1···2%
Strich	braun	schwarz
heiße Kalilauge wird gefärbt	braun	farblos
heiße verd. Salpetersäure wird gefärbt	gelb-rotbraun	farblos
Destillat beim Erhitzen	sauer	ammoniakalisch
Extrakt mit siedendem Benzol	dunkelbraun, kaum fluoreszierend	fluoreszierend
Verhalten beim Erhitzen	Zersetzung bei 180···200 °C	Zersetzung ab 320 °C

b) **Steinkohle.**

Einteilung und Zusammensetzung. Die Steinkohle besteht aus verschiedenen Gefügebestandteilen, den Mazeralen Mikrinit, Semifusinit, Sklerotinit, Fusinit und Vitrinit. Die ersteren vier faßt man unter dem Begriff Inertinit zusammen. Da die einzelnen Steinkohlenarten jeweils aus verschiedenen Mazeralen bestehen können, werden die dazu in Frage kommenden Mazeralvergesellschaftungen in 7 Gruppen eingeteilt, und zwar in die Streifenarten oder Mikrolithotypen Fusit, Vitrit, Durit, Klarit, Vitrinertit, Klarodurit und Duroklarit. Je nach den Streifenarten unterscheidet man nach dem Aussehen **Glanzkohle**, die vor allem aus Vitrit, **Faserkohle**, die aus Fusit, und **Mattkohle**, die besonders aus Durit, ferner aus allen übrigen Streifenarten besteht. Nach der Ausbeute an flüchtigen Bestandteilen (Teer und Gas) kann man die Steinkohlen wie folgt unterscheiden:

Steinkohlenart	flüchtige Bestandteile [%]	Kohlenstoff [%]	Wasserstoff [%]	Sauerstoff [%]	Heizwert [kcal kg^{-1}]	Beschaffenheit des Verkokungsrückstandes
Flammkohle	45···40	75···82	5,8···6	> 9,8	< 7850	pulvrig
Gasflammkohle	40···35	82···85	5,6···5,8	7,3···9,8	bis 8100	gesintert, z. T. pulvrig
Gaskohle	35···28	85···87	5,0···5,6	4,5···7,3	bis 8350	gebacken, zerklüftet
Fettkohle	28···19	87···89	4,5···5,0	3,2···4,5	bis 8450	stark gebacken, fest, silberhell
Eßkohle	19···14	89···90	4,0···4,5	2,8···3,2	8450	gesintert, z. T. schwach gebacken
Magerkohle	14···10	90···91,5	3,75···4,0	2,5···2,8	bis 8500	pulvrig oder gesintert
Anthrazit	10···6	> 91,5	< 3,75	< 2,5	bis 8600	pulvrig

Die prozentualen Angaben der flüchtigen Bestandteile gelten nur für K.n aus dem Ruhrgebiet.

Neuerdings wird die Steinkohle ähnlich wie die Braunkohle nach einem internationalen Klassifikationssystem eingeteilt, in dem jede Kohleart durch eine dreiziffrige Code-Nr. charakterisiert wird. Die erste Ziffer (0 bis 9) gibt den Gehalt der K. an flüchtigen Bestandteilen an. Die zweite Ziffer (0 bis 3) kennzeichnet das Backvermögen, die dritte Ziffer (0 bis 5) das Kokungsvermögen.

Der Wassergehalt der Steinkohle beträgt zwischen 1 und 7 %, der Aschegehalt zwischen 1 und 30 %. Der Anteil an organischen Bestandteilen und Ballaststoffen ist geringer als bei der Braunkohle. Bitumenhaltige Steinkohlenarten, die neben Späten und sulfidischen Erzen 20 bis 60 Vol. % Tonminerale und Quarz enthalten, bezeichnet man als **Brandschiefer.**

Vorkommen. Die Steinkohlelagerstätten sind über die gesamte Erde verteilt. Europäische Lagerstätten sind z. B. das Rheinisch-Westfälische Revier, das Aachen-Lütticher Revier, das Donezbecken, das Revier um Katowice (Polen) und Ostrava (ČSSR) und die britischen Lagerstätten.

Außerhalb Europas liegen bedeutende Lagerstätten im asiatischen Teil der UdSSR (Kusnezbecken, Tscheremchowo, Burejabecken, Karaganda, Tunguska), in China (am Mittellauf des Hwangho und südlich des Jangtsekiang, in Nordostchina), in den USA (West Virginia, Pennsylvania, Missouri, Illinois, Ohio), in Indien (Zentralindien und Damôtartal in Bihar, am Godavari, in Assam), in Japan (Hokkaido, Kyushu), in der Republik Südafrika (Transvaal, Natal) und in Australien (Queensland, New South Wales). In der DDR wird Steinkohle im Revier Zwickau–Lugau–Oelsnitz abgebaut. Der geologische Weltvorrat an Steinkohle wird auf 7,413 Billionen Tonnen geschätzt, von denen nach dem gegenwärtigen Stand der Technik nicht mehr als 3 Billionen Tonnen als gewinnbare Vorräte bezeichnet werden.

Steinkohlenförderung der wichtigsten Länder (in 1000 t)

	1950	1960	1965
USA	505319	391526	474060
UdSSR	185225	374925	427881
Großbritannien (ohne Nordirland)	219796	196711	190512
Westdeutschland	110755	142287	135077
Polen	78001	104438	118831
Indien	32825	52593	67164
Frankreich	50843	55960	51336
Japan	38459	51067	49536
Republik Südafrika	26473	38173	48540
Australien	16808	21931	31704
ČSSR	17496	26400	27755

Gewinnung und Aufbereitung. Die Gewinnung der Steinkohle erfolgt größtenteils im Tiefbau in durchschnittlichen Tiefen von 600 bis 800 m und in maximaler Tiefe von 1300 m (→ Untertagebau), nur bei besonders günstig verlaufenden Flözen im → Tagebau, so auf Spitzbergen, in Australien, China und in den USA.

Bei der physikalischen Veredlung wird die Steinkohle zunächst aufbereitet, d. h., sie wird in verschiedene handelsübliche Größen wie Stückkohle, Würfelkohle, fünf Sorten Nußkohle, Feinkohle und Staubkohle sortiert. Bei der sich meist anschließenden Naßaufbereitung wird die K. in Sinkabscheider gebracht, wo sie in bewegter Flüssigkeit oder als Aufschlämmung von Kreide oder Lehm nach dem Prinzip der Stromklassierung auf Grund der verschiedenen Dichte und der damit verbundenen unterschiedlichen Sinkgeschwindigkeit in verschiedene aschereiche und aschearme Anteile aufgeteilt und vom nichtbrennbaren Gestein getrennt wird. Bei Feinstkornkohle erfolgt die Abtrennung der Aschebestandteile durch Schaumschwimmaufbereitung (→ Flotation). Nach der Aufbereitung kann die Steinkohle verpreßt, also brikettiert werden. Als Bindemittel werden Steinkohlenteerpech, in der DDR auch Braunkohlenteerpech und als wesentlich billigerer Rohstoff eingedickte und mit Ton versetzte Sulfitzelluloseablauge verwendet. Das Verpressen geschieht kontinuierlich in Stempel- oder Ringwalzenpressen. Über weitere Veredlungsverfahren der Steinkohle → Kohleveredlung.

Verwendung. Als Energielieferant deckt die Steinkohle 40 % des Weltbedarfs an Primärenergie. Darüber hinaus dient die Steinkohle als Ausgangsbasis für die Herstellung einer großen Zahl organischer Grundverbindungen und für die Kokserzeugung in der Metallurgie.

2) **Liptobiolithe (Wachskohlen)** weisen einen bes. hohen Harz- und Bitumengehalt auf. Das verhärtete Harz nennt man Retinit. Liptobiolithe mit 40 bis 70 % Bitumen bezeichnet man als Pyropissit.

3) Zu den **Sapropelkohlen (Faulschlammkohlen)** gehören **Dysodil (Papierkohle),** ein bitumen- und daneben diatomeenhaltiges, schiefriges, blättriges, grau bis braun gefärbtes Gestein mit 50 % Wassergehalt, 28,4 % Ballaststoffgehalt und 14,0 % flüchtigen Bestandteilen; **Gagat,** eine harte, spröde K. von wachsartigem Glanz; **Cannel-** und **Boghead-Kohle,** die eingelagert oder auch als selbständiges Flöz vorkommt und ein mattschwarzes, außerordentlich zähes und keinerlei Schichtung erkennen lassendes Material von muscheligem Bruch bildet. Beide Kohlearten weisen einen sehr hohen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, Gas und insbesondere schweren Kohlenwasserstoffen auf.

Lit. Agroskin: Thermische Kohleveredlung (Halle 1957); v. Alberti: Schwelfibel (Halle 1956); Dierichs u. Ludwig: Chemie der K. (2. Aufl. Berlin 1959); Fürth u. Munderloh: Braunkohle und ihre chemische Verwertung (2. Aufl. Dresden u. Leipzig 1951); Gothan: Die Entstehung der K. (Berlin 1952); Gumz u. Regul: Die K. (Essen 1954); Härtig u. Schmidt: K., Erdöl und Erdgas (Halle 1957); Kreulen: Chemie der K., Abhandlungen über Braunkohlen/Lignite (Leipzig 1962); Lehmann: Leitfaden der Kohlengeologie (Halle 1953); Lissner u. Göbel: Chemische Kohleveredlung (Leipzig 1961); Lissner u. Thau: Die Chemie der Braunkohle, 2 Bde (Halle 1953); Rammler u. v. Alberti: Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1963); Romovaček u. Šimanek: Chemie der K. (dtsch Leipzig 1962); Schuster: Laboratoriumsbuch für Untersuchungen fester, flüssiger und gasförmiger Brennstoffe und ihre Auswertung (Bd 1 Halle 1957); Thau: Leitfaden der Braunkohlen-Chemie (Halle 1949); Brennstoffschwelung (2 Bde Halle 1949/50); Chemische Kohleveredlung, Vorträge des Berg- und Hüttenmännischen Tages 1952 (Leipzig 1952); Chemische Kohleveredlung, Vorträge des 1. Freiberger Kolloquiums (Leipzig 1953); Chemische Kohleveredlung, Vorträge des Berg- und Hüttenmännischen Tages 1953 (Leipzig 1954); Chemische Kohleveredlung, Vorträge des 2. Kolloquiums 1954 in Freiberg (Leipzig 1954); Chemische Kohleveredlung, Vorträge des 3. Kolloquiums 1955 in Freiberg (Leipzig 1955); Technologie und Chemie der Braunkohlenverwertung (Leipzig 1962); Chemische Kohleveredlung, Sitzung des Arbeitsausschusses „Flüssige Brennstoffe und Wertstoffe aus Erdöl und K." 1961 in Markkleeberg (Leipzig 1962); Technologie der Gaserzeugung, Bd 1: Entgasung und Verkokung von Stein- und Braunkohlen (Leipzig 1964).

Kohlechemie, Sammelbegriff für Methoden der Aufklärung der Kohlestruktur und alle Prozesse, die der chemischen Veredlung der Brennstoffe, besonders der Kohle, dienen und sich mit der Weiterverarbeitung der daraus gewonnenen Produkte befassen; → Kohleveredlung.

Kohlendioxid, CO_2, das Anhydrid der Kohlensäure, fälschlich oft als Kohlensäure bezeichnet. K. ist ein farb- und geruchloses Gas, schwerer als Luft (Litergewicht 1,977 g bei 0 °C und 760 Torr), wird bei 20 °C durch einen Druck von 56,5 atm flüssig und kommt in Stahlflaschen in den Handel. Läßt man verflüssigtes K. aus

einer Stahlflasche ausströmen, so tritt durch rasches Verdampfen Abkühlung unter −57 °C ein, und das K. wird fest (Kohlensäureschnee). In Wasser ist K. gut löslich: 100 l Wasser lösen bei 20 °C bis 88 l K. Es kommt frei in der Luft vor, durch den Kreislauf des → Kohlenstoffs bleibt dabei der Gehalt an K. konstant. In der Hydrosphäre findet sich K. ebenfalls frei oder auch gebunden als Hydrogenkarbonat. Ferner ist K. in der Erdkruste in Form von Karbonaten und in Mineralquellen enthalten. Gasförmiges K. entströmt manchen Vulkanen und Fumarolen sowie den Mofetten; auch in Bergwerken, besonders in Kalibergwerken, können Gasausbrüche erfolgen.

Man gewinnt K. vor allem industriell als Kalkofen-Kohlendioxid aus Abgasen der Kalkbrennerei, als Magnesitofen-Kohlendioxid aus Abgasen der Magnesitbrennerei, als Koksofen-Kohlendioxid durch Verbrennen von Koks und als Gärungs-Kohlendioxid aus den Gärgasen der Brennereien und Brauereien. Aus Mineral- oder Gasquellen gewonnenes Quellen-Kohlendioxid ist sehr rein. Im Labor stellt man K. meist aus Kalziumkarbonat und Salzsäure dar. K. wird sehr vielseitig verwendet, z. B. zur Herstellung künstlicher Mineralwässer, als Kältemittel und Trockeneis, als Feuerlöschmittel, in Bierdruckapparaten, als Schutzgas zum Schweißen, zur Düngung in Gewächshäusern und in der Medizin.

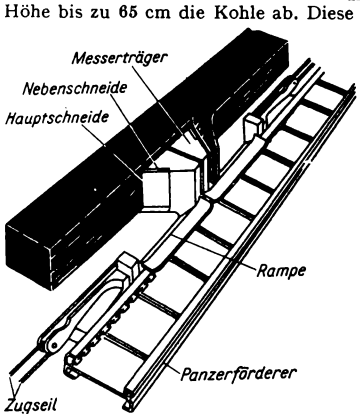
Kohlendisulfid, Kohlenstoffdisulfid, Schwefelkohlenstoff, CS_2, eine stark lichtbrechende, brennbare, farblose bis gelbliche, sehr giftige Flüssigkeit (Kp. 46,3 °C). Infolge schwefelhaltiger Verunreinigungen riecht K. widerlich. Durch Initialzündung zerfällt Kohlendisulfiddampf explosionsartig. Man gewinnt K. technisch durch Überleiten von Schwefeldampf über getrocknete Buchenholzkohle bei 900 °C. K. dient vor allem bei der Herstellung von Viskose zum Xanthogenieren des Zellstoffs, als Lösungsmittel, z. B. für Fette und fette Öle, Harze, Wachse, Kautschuk, Kampfer, Schwefel und etliche Salze, und zur Herstellung von Kohlenstofftetrachlorid.

Kohleneisenstein, → Siderit.

Kohlenfadenlampe, → Glühlampe.

Kohlengas, ein durch Entgasung von Stein- oder Braunkohle hergestelltes Brenngas. Bei unvermischtem K. beträgt die Verbrennungswärme 5000 bis 6000 kcal m^{-3} i. N.

Kohlenhobel, Bergbaumaschine zur kontinuierlichen Gewinnung von Kohle. Er ist ein hobelartiger Stahlkörper mit verstellbaren Messern, die Hartmetallschneiden tragen, wird an einem Seil oder einer Kette mit Hilfe eines Haspels am Kohlenstoß hin- und hergezogen und hobelt dabei in einer Dicke bis zu 40 cm und einer Höhe bis zu 65 cm die Kohle ab. Diese fällt auf einen neben dem K. verlegten Panzerförderer oder ähnliche Sonderkonstruktionen. Der **Radbod-Hobel** läuft nicht neben, sondern auf dem Fördermittel und hobelt daher nur bei der Bergfahrt. Der **Schnellhobel** wird mit größerer Geschwindigkeit als der normale K. bewegt und hat eine Schneide mit Metallzähnen. Der **Samson-Hobel** hat einen eingebauten Antrieb und kann daher auch in harter Kohle eingesetzt werden.



Kohlenhobel

Kohlenhydrate, Sacharide, organische Kohlenstoffverbindungen, die im allgemeinen die Summenformel $C_x(H_2O)_y$ besitzen, d. h., sie enthalten Kohlenstoff C und — im selben Verhältnis wie das Wasser H_2O — Wasserstoff H und Sauerstoff O, wozu noch andere Elemente treten können. Man faßt heute die K. nicht mehr als Hydrate des Kohlenstoffs auf, sondern als primäre Dehydrierungsprodukte mehrwertiger aliphatischer Alkohole. K. sind in jeder pflanzlichen und tierischen Zelle vorhanden und stellen mengenmäßig den größten Anteil der auf der Erde vorkommenden organischen Substanz dar. Zur Gruppe der K. gehören sämtliche Zucker-, Zellulose- und Stärkearten. Zusammen mit den Fett- und Eiweißstoffen bilden die K. die organischen Nährstoffe für Mensch und Tier. Man teilt die K. nach ihrer Molekülgröße in Mono-, Oligo- und Polysacharide ein. Die Mono- und Oligosacharide werden häufig als **Zucker** bezeichnet und durch die Endung -ose, z. B. Glukose, gekennzeichnet. Alle K. sind optisch aktiv (→ Stereochemie).

Die einzelnen K. werden nach E. Fischer durch die Projektionsformeln in ihrer Struktur dargestellt; dabei steht die Aldehydgruppe —CHO bei senkrechter Schreibweise oben, bei waagerechter Schreibweise rechts. Die Kohlenstoffatome werden so durchnumeriert, daß das Kohlenstoffatom der Aldehydgruppe bei Aldosen bzw. bei Ketosen das der Ketogruppe am nächsten stehende endständige Kohlenstoffatom die Stellungsbezeichnung 1 erhält.

Die Konfiguration der K. wird durch die Vorzeichen D- und L- ausgedrückt; sie haben mit der tatsächlichen Drehungsrichtung, die durch (+) und (−) gekennzeichnet wird, nichts zu tun. Als Bezugssubstanz wurde der D-Glyzerinaldehyd gewählt, von dem sich genetisch alle Zucker ableiten lassen.

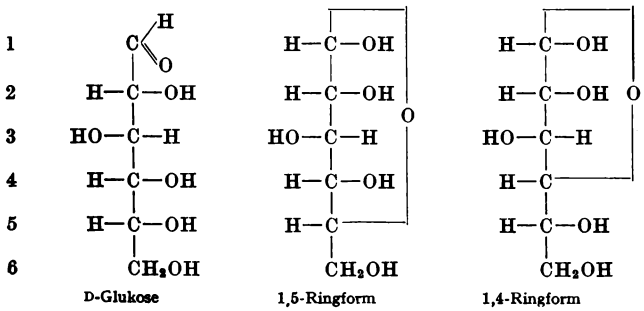
Wenn das am weitesten von der Aldehydgruppe entfernte asymmetrische Kohlenstoffatom in der Projektionsformel seine OH-Gruppe rechts trägt, so liegt ein D-Zucker vor, der sich vom D-Glyzerinaldehyd ableitet. Bei einem L-Zucker sitzt die entsprechende OH-Gruppe links; er leitet sich vom L-Glyzerinaldehyd ab.

1) **Monosacharide, einfache K.** oder **einfache Zucker** lassen sich nicht mehr in einfachere Zuckerarten spalten. Sie sind aliphatische Polyhydroxyaldehyde oder Polyhydroxyketone. Monosacharide mit einer Aldehydgruppe bezeichnet man als *Aldosen*, die mit einer Ketogruppe als *Ketosen*. Die Zahl der Sauerstoffatome wird durch Einflechtung des entsprechenden griechischen Zahlenwertes zum Ausdruck gebracht, z. B. Aldotriose, Ketohexose. Häufig sagt man kurz Triosen, Pentosen, Hexosen usw.

Als Aldotriose kann man den Glyzerinaldehyd und als Ketotriose das Dihydroxyazeton bezeichnen. Von Bedeutung sind bei den Monosachariden die *Pentosen* $C_5H_{10}O_5$ und besonders die *Hexosen* $C_6H_{12}O_6$. Die bekanntesten Aldopentosen sind die L-Arabinose, die D-Xylose und die physiologisch wichtige D-Ribose. Bedeutende Aldohexosen sind besonders die D-Glukose, die D-Mannose und die D-Galaktose. Die wichtigsten Ketohexosen sind die D-Fruktose und die Sorbose.

Fast alle natürlich vorkommenden Monosacharide besitzen eine unverzweigte Kohlenstoffkette. Alle reduzierenden Monosacharide zeigen in

wäßriger Lösung eine Drehwertänderung (*Mutarotation*), die auf die Bildung einer zyklischen Halbazetalform zurückzuführen ist. Bei einer Aldohexose kann der Ringschluß der CO-Gruppe mit den OH-Gruppen der C-Atome 4, 5 und 6 eintreten. Monosacharide in der 1,4-Ringform werden auch als *Furanosen*, in der 1,5-Ringform als *Pyranosen* und in der 1,6-Ringform als *Septanosen* bezeichnet.



Monosacharide sind weiße, geruchlose, kristalline Verbindungen, die teilweise einen süßen Geschmack besitzen und beim Erhitzen bräunen, bis Verkohlung eintritt.

Die Biosynthese der Monosacharide erfolgt durch die Assimilation der grünen Pflanzen: $6\,CO_2 + 6\,H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$. Die wichtigste chemische Methode zum Zuckeraufbau ist die Zyanhydrinsynthese. Biochemische Abbauprozesse sind vor allem die alkoholische Gärung und die Glykolyse.

2) **Oligosacharide** sind K., die durch Zusammenlagerung mehrerer Moleküle von Monosachariden unter Wasseraustritt entstehen. Nach Zahl der Bausteine spricht man von Di-, Tri-, Tetrasachariden usw., die sich bei Hydrolyse durch verdünnte Säuren oder Fermente wieder in Monosacharide spalten. Am bedeutendsten sind die Disacharide, zu denen z. B. die Sacharose, die Maltose und die Laktose gehören. Das wichtigste Trisacharid ist die Raffinose.

Mono- und Oligosacharide lassen sich reduzieren zu den entsprechenden Alkoholen (z. B. Hexosen zu Hexiten) und oxydieren zu ein- oder zweibasischen Säuren (z. B. Glukose zu Glukonsäure und weiter zu Zuckersäure). Mit Essigsäureanhydrid entstehen die Azetylderivate, aus Glukose z. B. die Pentaazetylglukose. Zur Abscheidung aus verdünnter wäßriger Lösung und Charakterisierung besonders wichtig ist noch die Phenylhydrazon- und Osazonbildung der Zucker bei der Einwirkung von Phenylhydrazin.

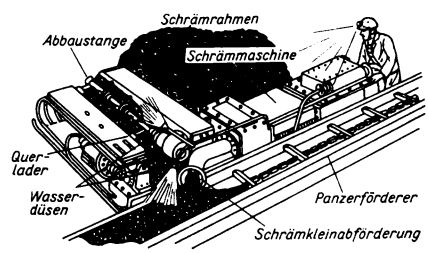
3) **Polysacharide** sind hochmolekulare, zuckerähnliche K. Ihre Riesenmoleküle entstehen im Prinzip nach der gleichen Verkettungsart wie beim Zusammentritt zweier Monosacharide zu einem Disacharid. Die einzelnen Polysacharide unterscheiden sich untereinander in der Art der Monosacharide, aus denen sie aufgebaut sind, in der Anzahl der Monosacharidreste und in der durch bestimmte Verknüpfungsart bedingten Struktur des Moleküls. Die empirische Zusammensetzung der Polysacharide entspricht der Formel $(C_6H_{10}O_5)_x$. Die meisten Polysacharide zerfallen bei der Hydrolyse mittels Säuren oder Fermenten in Hexosen; einige werden auch zu Pentosen gespalten.

Wichtige Polysacharide sind vor allem Zellulose, Stärke, Dextrine, Inulin, Glykogen und Chitin.

Den K.n kommt im pflanzlichen und tierischen Stoffwechsel eine außerordentlich große Bedeutung zu. Der größte Teil der K. wird in einem energieliefernden Prozeß (Dissimilation, Atmung) über Hexosen, Brenztraubensäure, Azetylkoferment A (aktivierte Essigsäure) zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Der Abbauprozeß führt über zahlreiche Zwischenstufen, die besonders im pflanzlichen Organismus als Ausgangsstoffe für andere lebenswichtige Kohlenstoffverbindungen (Fette, Aminosäuren, Purine, Nukleinsäuren u. a.) eingesetzt werden. Im tierischen Organismus sind die K. nur zu einem geringen Prozentsatz enthalten, da sie ständig ab-, auf- und umgebaut werden. Für die menschliche Ernährung sind vor allem Stärke, Glukose, Fruktose und Sacharose wichtig. Die Polysacharide müssen erst durch bestimmte Fermente in Hexosen gespalten werden, um von der Darmwand resorbiert und damit über die Blutbahn zu den verschiedenen Geweben transportiert werden zu können. Der größte Teil der K. wird auch hier zur Energiegewinnung veratmet. Ein besonders wichtiges Organ für den Kohlenhydratstoffwechsel ist die Leber. Hier wird Glukose in Glykogen umgewandelt, das gespeichert wird und eine wichtige Kohlenhydratreserve darstellt. Auch können die für den intermediären Stoffwechsel benötigten K. aus anderen Stoffen, z. B. aus Milchsäure, Brenztraubensäure und Aminosäuren, aufgebaut werden (Glukoneogenese). Das im Muskel gespeicherte Glykogen wird über Glukose zur Milchsäure abgebaut (Glykolyse). Dieser Vorgang ist für die Energieversorgung bei der Muskelkontraktion von Bedeutung. An allen Umwandlungen des Kohlenstoffwechsels sind zahlreiche Fermente und Hormone beteiligt.

Lit. Behrens u. Ringpfeil: Mikrobielle Polysaccharide (Berlin 1964); Elsner: Grundriß der Kohlenhydratchemie (Berlin 1941); Heneke: Zuckerchemie (Berlin 1967); Micheel: Chemie der Zucker und Polysacharide (2. Aufl. Leipzig 1956); Tollens u. Elsner: Kurzes Handb. der K. (Leipzig 1935).

Kohlenkombine (Tafel 21), der Gewinnung von Kohle dienende Maschine. Die K. führt drei Arbeitsgänge, Lösen, Zerkleinern und Verladen der Kohle, gleichzeitig aus. Durch einen Schrämrahmen mit umlaufender Schrämkette wird aus



Kohlenkombine „Donbaß"

dem Kohlenstoß ein 0,8 bis 1,5 m hoher, rechteckiger Block gelöst und durch eine Abbaustange mit Schrämscheiben zerkleinert. Die Mitnehmerkette eines Querladers gibt die zerkleinerte Kohle auf das Fördermittel, meist einen Panzerförderer, an dem die K. entlangfährt.

Kohlenmonoxid, Kohlenoxid, CO, ein farb- und geruchloses Gas. K. ist sehr giftig, weil es das den Sauerstofftransport ausführende Hämoglobin blockiert (bei Vergiftung sofort Sauerstoffatmung!). Bei etwa 700 °C verbrennt es an der Luft mit bläulicher Flamme zu Kohlendioxid. K. ist sehr reaktionsfähig, z. B. verbindet es sich mit Chlor zu Phosgen, mit Wasserstoff zu aliphatischen Kohlenwasserstoffen, Methanol und Isobutanol. Es entsteht aus Kohlendioxid durch Reduktion mit glühendem Kohlenstoff und bildet sich daher besonders, wenn Kohle bei ungenügender Luftzufuhr unvollkommen verbrennt. In

der Natur kommt es in vulkanischen Gasen vor. In der Technik wird K. in großer Menge in Form von Wassergas, Generatorgas und Mischgas erzeugt. Reines K. dient in der Metallurgie als Reduktionsmittel für Metalloxide und zur Gewinnung sehr reiner Metalle über die Karbonyle. Außerdem ist es Ausgangsstoff bei verschiedenen chemischen Synthesen.

Kohlensäure, H_2CO_3, eine schwache, nur in wäßriger Lösung bekannte Säure. Fälschlich wird auch Kohlendioxid oft als K. bezeichnet. Die Salze der K. sind die → Karbonate. K. entsteht durch Auflösen von Kohlendioxid in Wasser.

Kohlensäurediamid, svw. → Harnstoff.

Kohlensäuredichlorid, svw. → Phosgen.

Kohlensäurelöscher, → Handfeuerlöscher.

Kohlensäure-Wasserglas-Formverfahren, ein Verfahren zur schnellen Herstellung von Gießformen für den → Formguß ohne Verwendung von Trockenöfen. Es beruht auf der abbindenden Wirkung von Siliziumdioxid SiO_2, das sich durch Einwirkung von Kohlendioxid CO_2 (fälschlich als Kohlensäure bezeichnet), auf Natronwasserglas Na_2SiO_3 bildet. Dazu wird der Formsand mit Wasserglas gemischt, wobei sich die einzelnen Sandkörner mit einem etwa 3 μm dicken Wasserglasfilm überziehen. Nach dem Einformen wird Kohlendioxid durch die Form geblasen. Dabei bilden sich Soda Na_2CO_3 und amorphe Kieselsäure, die den Formstoff verklebt. Durch entsprechendes Dosieren des CO_2 können beliebige Teile des SiO_2 ausgefällt und damit die Eigenschaften des Binderfilms verändert werden.

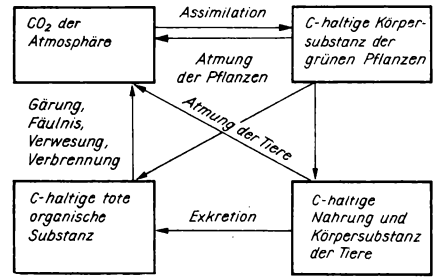
Lit. Gerstmann u. Grohmann: Das K.-W.-F. im Grauguß (Leipzig 1955).

Kohlenstaub, beim Abbau in der Lagerstätte oder durch Mahlen fester Kohle entstandene staubförmig zerkleinerte Kohle. Bei der **Kohlenstaubexplosion** in Kohlenbergwerken entzündet sich aufgewirbelter K. schlagartig und verpufft in Gegenwart des Luftsauerstoffs. Sie kann gefährlicher werden als eine Schlagwetterexplosion, weil sie nicht örtlich beschränkt bleibt. Zur Entstehung der Explosion bedarf es der Bildung einer dichten Staubwolke und einer kräftigen Flamme, die hineinschlägt; beides ist bei Abgabe eines Sprengschusses und bei einer Schlagwetterexplosion gegeben. Die Verhütung von Kohlenstaubexplosionen erfolgte früher durch Berieselung mit Wasser, heute dienen dazu Gesteinsstaubsperren (→ Gesteinsstaub) und Wassertrogsperren.

Über **Kohlenstaubfeuerung** → Dampfkessel.

Kohlenstoff, Symbol **C**, chemisches Element aus der IV. Hauptgruppe des Periodensystems, ein Nichtmetall; Ordnungszahl **6**, Massenzahlen der stabilen Isotope 12 und 13, Atomgewicht 12,01115, Wertigkeit meist IV, selten II, sehr selten III, F. über 3500 °C, Kp. 3850 °C.

Außer den stabilen Isotopen ^{12}C und ^{13}C kommt noch das radioaktive Isotop ^{14}C mit einer Halbwertszeit von 5760 Jahren in der Natur vor. Es wird bei der Radiokarbonmethode (→ phyikalische Altersbestimmung) ausgenutzt. Das Isotop ^{12}C dient neuerdings als Bezugselement für die Atomgewichte der chemischen Elemente. Man hat dadurch eine Übereinstimmung der bis dahin unterschiedlichen chemischen und physikalischen Atomgewichte erreicht. K. kommt in zwei Modifikationen vor, als farbloser, regulär (kubisch) kristallisierter **Diamant** und als grauer, hexagonal kristallisierter **Graphit**. Eine Abart des Graphits ist der schwarze K., der in Form von Ruß oder Aktivkohle vorliegen kann. K. kommt im freien Zustand (als Diamant und Graphit) und vor allem gebunden in Form von Karbonaten vor, die als Kalkstein, Kreide oder Dolomit ganze Gebirgszüge bilden. Als Kohlendioxid CO_2 ist K. in der Atmosphäre, im Wasser und in Gasaushauchungen enthalten. K. ist ein wesentlicher Bestandteil aller lebenden Organismen, er befindet sich in der Natur in einem ständigen Kreislauf. Durch chemische Prozesse haben sich aus den Organismen früherer Erdzeitalter große Lager von Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit gebildet. Auch in Erdöl, Erdwachs, Asphalt und Bernstein ist K. gebunden.



Kreislauf des Kohlenstoffs

K. nimmt unter den Elementen eine hervorragende Sonderstellung ein durch die Fähigkeit seiner Atome, sich miteinander in einfacher, zweifacher oder dreifacher Bindung in fast beliebiger Weise zu Ketten oder verschiedenen Ringsystemen zu verknüpfen und auf diese Weise die unübersehbare Zahl der organischen → Kohlenstoffverbindungen zu bilden, in denen K. stets vierwertig ist. Wichtige Vertreter der anorganischen Kohlenstoffverbindungen sind → Kohlendioxid, → Kohlenmonoxid, → Kohlensäure bzw. ihre Salze, die → Karbonate. Ferner ist K. kernphysikalisch außerordentlich bedeutsam, denn der wichtige energieliefernde Prozeß der Kernfusion im Inneren der Fixsterne, z. B. der Sonne, geht unter Beteiligung von Kohlenstoffkernen vor sich (**Kohlenstoff-Stickstoff-Zyklus, Bethe-Weizsäcker-Zyklus,** → Kernfusion).

Über Eigenschaften, Gewinnung und Verwendung des K.s → Diamant, → Graphit.

Kohlenstoff-14-Methode, → physikalische Altersbestimmung.

Kohlenstofftetrachlorid, Tetrachlorkohlenstoff, abg. **Tetra, Tetrachlormethan** CCl_4, eine farblose, süßlich riechende, stark lichtbrechende, nicht brennbare Flüssigkeit (Kp. 77 °C). Man erhält K. entweder durch Chlorierung von Methan oder durch Einwirkung von Chlor oder Dischwefeldichlorid auf Kohlendisulfid. Man verwendet es besonders als Lösungs-, Extraktions- und Verdünnungsmittel, auch zur Fleckenentfernung, zu Lederentfettungschemikalien, Gummiklebelösungen und Farbenbeizmitteln, ferner als Feuerlöschmittel und zur Herstellung zahlreicher organischer Chemikalien, Farben und Drogen.

Kohlenstoffverbindungen, chemische Verbindungen zwischen Kohlenstoff C und anderen chemischen Elementen. Man unterscheidet anorganische und organische K.

1) Die anorganischen K. umfassen einige sehr einfach gebaute K. ohne C—H-Bindungen, z. B. Karbide, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Kohlensäure und ihre Salze und Metallkarbonyle.

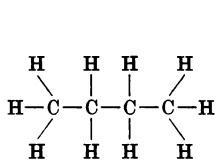
2) Die organischen K. bilden den Hauptteil der am Aufbau der lebenden Natur beteiligten Stoffe. Ihre außerordentliche Vielfalt erklärt sich aus der Fähigkeit von C-Atomen, stabile homöopolare Bindungen durch Vermittlung eines Elektronenpaares oder von zwei oder drei Elektronenpaaren (Ein-, Zwei-, Dreifachbindung) miteinander einzugehen (→ Bindung 1). Diese Fähigkeit ist, ebenso wie die Vierwertigkeit des Kohlenstoffs, eine Folge seiner Stellung im Periodensystem. Sie ermöglicht die Bildung längerer gerader oder verzweigter Kohlenstoff-

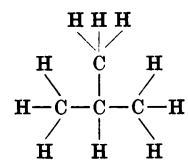
ketten sowie der verschiedenartigsten Kohlenstoffringsysteme.

Bei den **Kohlenstoffketten** besitzt z. B. das Äthan H_3C-CH_3 eine *Einfachbindung*, das Äthen (Äthylen) $H_2C=CH_2$ eine *Zweifach-* oder *Doppelbindung*, das Äthin (Azetylen) $H-C\equiv C-H$ eine *Dreifachbindung*.

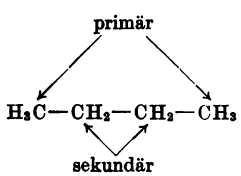
Die genannten Verbindungen heißen **Kohlenwasserstoffe**, da sie nur Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Durch Substitution eines H-Atoms oder mehrerer H-Atome durch andere Elemente, z. B. Halogene, Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, oder durch funktionelle Gruppen, z. B. die Hydroxylgruppe —OH, die Karboxylgruppe —COOH, die Karbonylgruppe >CO und die Aminogruppe $-NH_2$, sowie durch die Verbindungen dieser Derivate untereinander entsteht die unübersehbare Menge der K., von denen bis jetzt über 100 000 bekannt und in ihrer Struktur aufgeklärt sind.

Der einfachste Fall der K. ist das Methan. Methan gehört zu den gesättigten K., da das C-Atom völlig mit H-Atomen abgesättigt ist (CH_4). Methan ist das Anfangsglied der **azyklischen K.**, d. h. der K. mit offener Kette, die man auch als **aliphatische K.** oder **Aliphaten** bezeichnet. In dieser Reihe ist ab Butan mit 4 C-Atomen Isomerie möglich, da auch verzweigte Ketten gebildet werden können; d. h., mehrere Moleküle mit gleicher Bruttoformel unterscheiden sich in der Verknüpfung der Atome und ihrer räumlichen Lage zueinander, z. B.:

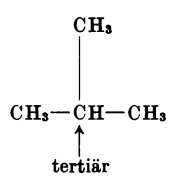

Butan


Isobutan

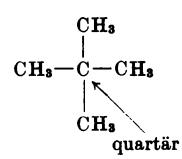
Man unterscheidet bei den C-Atomen primäre, sekundäre, tertiäre und quartäre. Primäre C-Atome sind nur mit einem anderen C-Atom direkt verbunden, sekundäre mit 2, tertiäre mit 3 und quartäre mit 4 anderen C-Atomen, z. B.:



Butan



Isobutan



2,2-Dimethylpropan (Neopentan)

K., die Mehrfachbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen aufweisen, bezeichnet man als ungesättigte K. Sie sind bestrebt, durch Addition anderer Atome bzw. Molekülgruppen in den gesättigten Zustand überzugehen, woraus sich ihre große Reaktionsfreudigkeit erklärt.

Treten in einem organischen Molekül mehrere Doppelbindungen auf, so bezeichnet man diese als a) *kumuliert*, wenn sie unmittelbar aufeinanderfolgen, z. B. im Allen $H_2C=C=CH_2$, b) *konjugiert*, wenn zwischen 2 Doppelbindungen eine Einfachbindung steht, z. B. im Butadien $H_2C=CH-CH=CH_2$, c) *isoliert*, wenn sich zwischen 2 Doppelbindungen mehr als eine Einfachbindung befindet, z. B. im Pentadien-(1,4) $H_2C=CH-CH_2-CH=CH_2$. Organische Moleküle mit vielen Doppelbindungen sind unter dem Begriff *Polyene* zusammengefaßt. Dazu gehören viele Naturfarbstoffe, z. B. Karotin, Bixin, Lykopin (Tomate) und Zeaxanthin (Mais).

Außer zu Kohlenstoffketten können sich die C-Atome auch zu ringförmigen Verbindungen, den **zyklischen K.**, vereinigen. Die Bildung von Fünf- und Sechsringen ist sehr bevorzugt, da diese Ringgröße einen energetisch und geometrisch begünstigten und spannungsfreien Zustand des Moleküls darstellt. Dies erklärt sich aus der räumlichen Anordnung der Substituenten am C-Atom, dessen Valenzen nach der Theorie von van't Hoff nach den Eckpunkten eines Tetraeders zeigen. Trotzdem gibt es auch drei-, vier-, sieben- und höhergliedrige Ringe. Formal kann man die Doppelbindung als Zweiring auffassen.

Die Ringverbindungen werden unterteilt in iso- und heterozyklische Verbindungen. Die Ringglieder der **isozyklischen (homozyklischen, karbozyklischen) K.** bestehen nur aus C-Atomen. Hierher gehören die **Zykloalkane (Zykloparaffine, Naphthene)**, deren Ring völlig gesättigt ist, die **Zykloalkene (Zykloolefine)** mit einer Doppelbindung oder mehreren Doppelbindungen im Ring und die **aromatischen K.** oder **Aromaten** mit einer besonders stabilen symmetrischen Anordnung der bindenden Elektronen. Der wichtigste Vertreter der Aromaten ist das Benzol. Zykloalkane und Zykloalkene werden oft gemeinsam als **zykloaliphatische** oder **alizyklische K.**, im Fall 6gliedriger Ringe auch als **hydroaromatische K.** oder **Hydroaromaten** bezeichnet. Ihr wichtigster Vertreter ist das Zyklohexan, von dem sich große Gruppen von Naturstoffen, z. B. die Terpene und Steroide, ableiten.

Treten mehrere Kohlenstoffringe so zusammen, daß sie gemeinsame Ringglieder haben, so spricht man von *kondensierten* oder *anellierten Ringsystemen*, z. B. Naphthalin (*bizyklisches Ringsystem*), Anthrazen und Phenanthren (*trizyklische Ringsysteme*).

In den **heterozyklischen K.** oder **Heterozyklen** sind ein oder mehrere Ringglieder einer isozyklischen Verbindung durch andere mehrwertige Atome (Heteroelemente, z. B. Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel) ersetzt. Wichtige heterozyklische K. mit einem Ring sind Furan, Thiophen, Pyrrol, Pyrazol, Imidazol, Thiazol, Pyridin, Piperidin und Pyrimidin, wichtige kondensierte Heterozyklen sind Indol, Chinolin und Purin. Von den Heterozyklen leiten sich zahlreiche wichtige Naturstoffe ab, z. B. Alkaloide, Nukleinsäuren, Fermente, Vitamine, Naturfarbstoffe und einige Aminosäuren.

Die Namen der K. sollen sowohl den Bau des Kohlenstoffskeletts als auch Art, Anzahl und Anordnung der Substituenten zum Ausdruck bringen (→ Nomenklatur).

Das Kohlenstoffskelett einer organischen Verbindung bleibt bei Substitutions- und Additionsreaktionen in der Regel erhalten. Energische Oxydation im Verbrennungsofen führt jede organische Verbindung in Kohlendioxid und Wasser, die Heteroatome z. T. in die Elemente, z. T. in Oxide oder andere Verbindungen über. Hierauf gründen sich die Methoden der organischen Elementaranalyse, die eine qualitative und quantitative Erfassung der am Aufbau einer Kohlenstoffverbindung beteiligten Elemente gestattet.

Lit. → Chemie.

Kohlenwasserstoffe, abg. **KW-Stoffe**, organisch-chemische Verbindungen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff, eine besonders einfache Klasse der → Kohlenstoffverbindungen. Zu den K.n mit kettenförmiger Anordnung gehören die **gesättigten K.** (**Grenzkohlenwasserstoffe**, → Alkane, Paraffine) und die **ungesättigten K.** (→ Alkene oder Olefine und → Alkine oder Azetylene), die K. mit ringförmiger Struktur umfassen die Zykloalkane, Zykloalkene und die aromatischen K. (Aromaten).

Kohleveredlung, zusammenfassende Bezeichnung für alle Prozesse, die der Veredlung der geförderten Rohkohle und ihrer physikalisch oder chemisch behandelten Erzeugnisse dienen.

1) Physikalische Veredlungsverfahren. Hierzu zählen die Aufbereitung und Brikettierung der Kohle.

2) Thermische Veredlungsverfahren. Beim Erhitzen von Substanzen pflanzlichen Ursprungs, z. B. Braunkohle, Steinkohle, Ölschiefer, Torf, Holz, unter Luftabschluß (trockene Destillation) findet eine Zersetzung dieser Produkte in Gase, flüssige Produkte und Kokse statt (→ Schwelung, → Verkokung).

3) Chemische Veredlungsverfahren. a) → Vergasung, b) → Hydrierung.

Ferner kann man durch Extraktion geeigneter Kohlen (Liptobiolithe) mit Benzol oder Benzol/Alkohol Rohmontanwachs gewinnen.

Kohleverflüssigung, → Hydrierung.

Kohlewertstoffe, durch Kohleveredlungsverfahren aus der Kohle gewonnene Erzeugnisse, z. B. Gas, Phenole, Teer, Koks, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, organische Stickstoff- und Schwefelverbindungen.

Koinzidenz, die Erscheinung, daß mehrere Gegenstände räumlich (in einer Fluchtrichtung) zur Deckung kommen oder mehrere Ereignisse zeitlich zusammenfallen. K. herrscht z. B. bei Übereinstimmung verschiedener Marken, etwa von Skale und Nonius oder der Marke in einem optischen Instrument mit einem Zielpunkt, in Doppelbild-Entfernungsmessern beim Zusammenfallen der beiden Teilbilder und beim gleichzeitigen Auftreten zweier Elementarteilchen bei Kernreaktionen. Als **Koinzidenzschaltung** bezeichnet man eine Schaltung, die einen Ausgangsimpuls gibt, wenn zwei oder mehrere Eingangsimpulse in einer Zeitspanne aufeinander folgen, die kleiner ist als die Auflösungszeit der Koinzidenzschaltung. Bei der **Antikoinzidenzschaltung** tritt der Ausgangsimpuls nur auf, wenn innerhalb der Auflösungszeit ein Eingangsimpuls erscheint. Das Prinzip der K. wird z. B. bei der Untersuchung der kosmischen Strahlung mit dem Zählrohrteleskop angewandt.

Kokain, ein giftiges Alkaloid, der Methylester des Benzoylekgonins. K. findet sich im Kokastrauch und kann synthetisch aus Benzoesäure, Methanol und Ekgonin hergestellt werden. Es ist ein sehr wirksames Lokalanästhetikum, das jedoch wegen seiner großen Toxizität heute nicht mehr injiziert wird.

Kokardenerz, svw. → Ringelerz.

Kokille, 1) eine Dauergießform aus Gußeisen oder Stahlguß. Sie dient insbesondere zum Abgießen von Stahlblöcken mit quadratischem Hohlraumquerschnitt (Herstellung eines → Blocks) oder mit rechteckigem Hohlraumquerschnitt (Herstellung einer → Bramme) und einem Fassungsvermögen von 0,1 bis 100 t Flüssigstahl. Die K. ist schwach konisch ausgeführt, um das Herausziehen der erstarrten Gußstücke (Strippen) zu erleichtern. Zum Gießen wird die K. auf eine in der Gießgrube liegende Gießplatte oder — bei mehreren K.n (Gespann) — auf eine stationäre Gespannplatte (Gießgrube) oder eine transportable Gespannplatte (Transportwagen, Tafel 27) aufgestellt.

2) eine Dauergießform für Formstücke in einem Stück oder geteilt. Sie besteht meist aus Gußeisen und wird verwendet bei Stücken mit großem Querschnitt oder zur Erreichung bestimmter Eigenschaften, z. B. großer Härte, wobei schnelle Abkühlung erforderlich ist.

3) ein Kühlelement für den Einbau in Sandgußformen und Kernen (→ Formguß) zur Wärmeabführung an bestimmten Stellen eines Gußstücks, um Wärmestauungen zu vermeiden.

Lit. Petritschenko: Der Kokillenguß (dtsch Leipzig 1953); → Gießen.

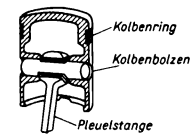
Kokon-Einspinnverfahren, Kokonverpackung, ein Verfahren zum zeitweiligen Korrosionsschutz während Transport und Lagerung. Um den zu schützenden Gegenstand wird aus flüssiger Phase eine Hülle (Kokon) aus Plasten gespritzt, die den Zutritt der Atmosphäre und damit die Korrosion verhindert. Das K. wird besonders im Überseeversand (z. B. für Maschinen) und für militärische Zwecke angewandt; es ist mit hohen Kosten verbunden.

Koks, der bei der → Verkokung und → Schwelung anfallende schwarze oder grauschwarze, feste, brennbare Rückstand. Der beim Spalten von Erdölrückständen anfallende **Petrolkoks** ist aschearm und wird deshalb zur Herstellung von Elektroden verwendet.

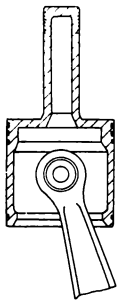
Kolben, 1) Maschinenbau: ein zylindrischer Maschinenteil in Verbrennungskraftmaschinen, Gas- und Dampfmaschinen, Pumpen und Verdichtern mit oszillierender Arbeitsbewegung, in Hydraulik- und Steuerungsanlagen und anderen → Kolbenmaschinen. Der K. überträgt die Gas- oder Flüssigkeitskräfte über Kolbenbolzen und Kolbenstange oder Pleuelstange auf die Kurbelwelle bzw. die Seitenkräfte kreuzkopfloser Kolbenmaschinen bei schrägstehender Pleuelstange auf die Zylinderlaufbahn. In Hydraulik- und Steuerungsanlagen werden zylindrische K. vorwiegend als Steuerorgane eingesetzt, wobei nur geringe Kräfte zu übertragen sind. K. haben ferner die Aufgaben, den Zylinderraum gegen Gas- oder Flüssigkeitsübertritt in das Kurbelgehäuse oder in gegenüberliegende Zylinder und gegen Ölübertritt aus dem Kurbelgehäuse in den Zylinderraum abzudichten. Bei Verbrennungskraftmaschinen und Kolbenverdichtern übernehmen die K. die Wärmeableitung an die Zylinderwand und damit an das Kühlmittel. Nur die K. großer Verbrennungskraftmaschinen werden direkt (mit Wasser oder Öl) gekühlt.

Ein K. besteht aus dem **Kolbenboden** mit anschließendem Dichtelementtragkörper (Kolbenringtragkörper), dem **Kolbenschaft** und den **Kolbenbolzennaben** oder dem **Kolbenstangenanschluß.** Die Abdichtung des K.s im Zylinder erfolgt durch **Kolbenringe** (geschlitzte Metallringe), Leder- oder Gummimanschetten.

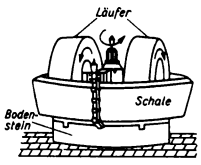
Man unterscheidet verschiedene Kolbenbauarten. 1) Für Verbrennungskraftmaschinen werden K. mit flachem oder dachförmigem Kolbenboden für Zweitaktmaschinen ausgeführt. Für hohe Wärmebelastung werden besonders konstruierte K. eingesetzt, z. B. **Röhrenkolben** (waagerechter Schnitt in Höhe der untersten Kolbenringnut), **Schlitzmantelkolben** (Kolbenschaft wird auf der Seite des geringsten Flächendruckes aufgeschnitten), **Autothermikkolben** und **Autothermatikkolben** (Invarstreifen werden einseitig mit einer Aluminiumschicht übergossen, so daß sich der Steg bei Erwärmung krümmt; es entsteht eine Bimetallwirkung, die Dehnung ist besonders klein). Um den Verschleiß herabzusetzen, sollen der Ringtragkörper sowie die Kolbenbolzenpartie des K.s die Zylinderlaufflächen nicht berühren, deshalb wird der K. konisch und oval oder ballig und oval gefertigt. Am unteren Ende des K.s sind ein oder mehrere Ölabstreifringe eingelegt. K. für Verbrennungskraftmaschinen bestanden früher aus Grauguß, heute werden sie vorwiegend aus Leichtmetallegierungen mit und ohne Zweimetalleinlagen gegossen oder geschmiedet hergestellt. Für hohe thermische Beanspruchungen werden **Zweimetallkolben** gefertigt (Boden, Ringtragkörper und Nabeninnenteil bestehen aus Aluminium, Laufbahn mit Nabenaußenteil aus Grauguß).



1 Kolben eines Verbrennungsmotors im Schnitt



2 Stufenkolben für Kolbenverdichter



Kollergang

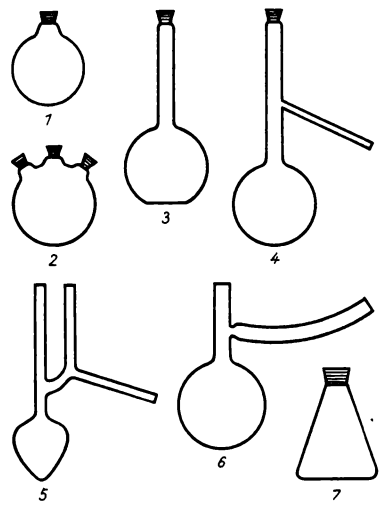
2) Für Gasmaschinen und Dampfmaschinen werden **Scheibenkolben** verwendet (bei hohen Drücken doppelwandig).

3) Für Verdichter verwendet man K. mit flachem Kolbenboden (für einstufige einfachwirkende Verdichter), **Scheibenkolben** (für doppeltwirkende Verdichter) und **Stufenkolben** (für mehrstufige Verdichter). K. mit flachem Boden entsprechen in der konstruktiven Ausführung und Länge den K. der Viertakt-Verbrennungskraftmaschinen, Scheibenkolben werden als Hohlkörper ausgeführt. Stufenkolben sind lang und schwer und neigen mitunter zum Verziehen, deshalb wird der Hochdruckkolbenteil mit kleinem Durchmesser manchmal am K. einstellbar angebracht.

K. für Verdichter werden aus Grauguß oder Leichtmetallegierungen gefertigt.

4) Für Flüssigkeitspumpen werden K. als Tauchkolben oder als Scheibenkolben, die auch als Ventilkolben ausgeführt werden können, in Verbindung mit Kreuzköpfen verwendet. **Tauchkolben (Plunger)** werden nach außen mittels Stopfbuchsen am Zylinder abgedichtet, der Zylinderinnenraum braucht nicht bearbeitet zu werden. **Scheibenkolben (Stangenkolben)** bestehen aus einfachen, seltener aus doppelten Scheiben.

2) Labortechnik: Bezeichnung für thermisch beständige Glasgeräte. K. werden z. B. zum Erhitzen von Flüssigkeiten und für Extraktionen verwendet. Form, Inhalt (bei Meßkolben durch Eichstrich), Länge und Weite des Halses, gegebenenfalls Schliff, sind genormt.



Kolben: *1* Kurzhalsrundkolben, *2* Dreihalsrundkolben, *3* Langhalsstandkolben, *4* Fraktionierkolben, *5* Claisen-Kolben (spitz), *6* Säbelkolben, *7* Erlenmeyer-Weithalskolben

Kolbenmaschine, eine Maschine, die durch periodische Hin- und Herbewegung eines Kolbens in einem Zylinder gekennzeichnet ist. K.n dienen als Kraftmaschinen (z. B. Dieselmotor, Ottomotor, Dampfmaschine, Gasmaschine) oder als Arbeitsmaschinen (z. B. Kolbenpumpe, Kolbenkompressor). Ein Kurbeltriebwerk formt dabei die Translationsbewegung in eine Rotationsbewegung um. Auf der Drehachse muß zum Ausgleich der ungleichförmigen Bewegung ein Schwungrad angebracht sein. Für große Drehzahlen sind Übersetzungsgetriebe notwendig, da sich die hin- und hergleitenden Massen sonst nicht beherrschen lassen. K.n besitzen bei kleinen Leistungen recht gute Wirkungsgrade; bei größeren Leistungen sind → Strömungsmaschinen günstiger.

Kolbentriebwerk, → Flugtriebwerke.

Kolchizin, ein sehr giftiges Alkaloid mit Tropolonstruktur. Es findet sich in den Samen der Herbstzeitlose, wirkt in geringer Menge schmerzlindernd bei Gichtanfällen und Rheumatismus und wird in der Pflanzenzüchtung zur Verdoppelung des Chromosomensatzes ohne Kern- und Zellteilung (Riesenwuchs) verwendet. Diese zellteilungshemmende Wirkung wird auch in der Medizin bei der Behandlung von Krebswucherungen ausgenutzt.

Koleopter, → Ringflügelflugzeug.

Kolessow-Drehmeißel, → Drehen. **Kolessow-methode,** eine → Neuerermethode.

Kollagene, → Proteine.

Kollationieren, → Buchbinden.

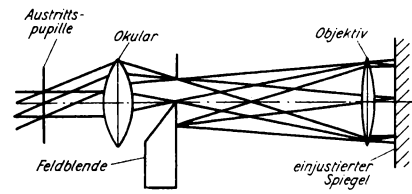
Kollektor, 1) Elektrotechnik: svw. → Kommutator.

2) Optik: eine Sammellinse zum Parallelmachen von Lichtstrahlen, z. B. die Linse vor der Mikroskopierleuchte.

Kollergang, eine Maschine (Mühle) für Sonderaufgaben der Zerkleinerungstechnik, z. B. zum Aufbereiten (Zerkleinern und Mischen) plastischer Stoffe. Der K. hat gewöhnlich 2 Mahlwalzen (Koller, Läufer) aus Basaltlava oder Stahl, die auf einer ebenen, kreisringförmigen Mahlbahn abrollen, wobei sich entweder das Walzensystem oder die Mahlbahn dreht. Das Mahlgut wird zwischen Kollern und Mahlbahn zerrieben und zerquetscht. Der K. wird vorwiegend in der keramischen Industrie verwendet (Aufbereiten von Ton, Lehm u. a.), er verliert immer mehr an Bedeutung. (Abb.)

Kollimator, Kollineator, ein optisches Hilfsinstrument zur Darstellung eines unendlich fernen Zieles in endlich fernem Abstand. Der K. besteht aus einer beleuchteten Marke (Strichplatte oder Blende mit sehr kleiner Öffnung) und einem mit der Marke durch ein Rohr starr verbundenen Fernrohrobjektiv. Die Marke steht in der Brennebene des Objektivs und wird durch dieses ins Unendliche abgebildet. Das aus dem Objektiv austretende Licht ist parallel und scheint von einem sehr weit entfernten Ziel, z. B. von einem Stern, herzukommen. Verwendet wird der K. z. B. zum Prüfen photographischer Objektive, zur Feststellung der Parallelität von Bohrungen, als Bestandteil von optischen Geräten, z. B. des Spektrographen.

Das **Autokollimationsfernrohr** ist eine Kombination von K. und Fernrohr. Ausführungsbeispiel: Von einem Beleuchtungsprisma, das bis zur Hälfte in die zwischen Objektiv und Okular stehende Blende ragt, wird eine Hälfte des in der Blende angebrachten Strichkreuzes durch das Objektiv auf einen dahinter angebrachten Spiegel geworfen. Wenn die Spiegelfläche genau senkrecht zur Achse des Autokollimationsfernrohres steht, wird die Abbildung des Fadenkreuzes vom Spiegel so reflektiert, daß sie mit dem durchs Okular sichtbaren, vom Beleuchtungsprisma nicht verdeckten Teil des Strichkreuzes zusammenfällt. Das Autokollimationsfernrohr



Strahlengang beim Autokollimationsfernrohr

wird als Justierinstrument verwendet, z. B. um festzustellen, ob eine Ebene (Spiegel) senkrecht zur Achse des K.s steht, und zur Prüfung der Güte ebener Flächen, auch als Bestandteil optischer Instrumente.

Kollineation, eine geometrische Abbildung des Raumes auf sich selbst, bei der unter Beibehaltung der Inzidenz stets Punkte in Punkte, Geraden in Geraden und Ebenen in Ebenen übergeführt werden; → projektive Abbildung.

Kollisionsschutzgerät, ein Bordgerät auf Schiffen, das benachbarte Fahrzeuge und Hindernisse anzeigt, um Kollisionen zu verhindern. Mit → Radar bei Rundsichtanzeige und absoluter Bewegungsdarstellung kann aus den Radarechozeichen eine Kollisionsgefahr erkannt werden. Mit zusätzlichen Einrichtungen, besonders mit Analogrechnern, lassen sich aus den Daten des Radarschirmbildes die zur Vermeidung einer Kollision notwendigen Ausweichmanöver bestimmen.

Kollodiumwolle, niedrignitrierte Zellulose mit einem Stickstoffgehalt von 10,6 bis 12,5 %. Der größte Teil der K. wird für die Herstellung von Zellulosenitratlacken, Zelluloid und Kunstleder verwendet. Eine Lösung von K. in Alkohol und Äther ist das **Kollodium,** das als Farbenbindemittel sowie zur Herstellung von Rohfilmen dient. Eine Lösung von K. in Azeton und Essigsäureestern ist der **Zaponlack.** In der Sprengstoffindustrie dient K. als Gelatinierungsmittel bei der Herstellung von Sprenggelatine sowie im Gemisch mit Schießbaumwolle als Hauptbestandteil der rauchschwachen Pulver.

Kolloide, kolloiddisperse Systeme, Aggregate oder Moleküle, die sich aus 10^3 bis 10^9 Atomen zusammensetzen und bei kugelförmig gedachter Gestalt einen Durchmesser von 10^{-7} bis 10^{-4} cm besitzen würden. Die K. nehmen eine Zwischenstellung zwischen den molekulardispersen und den grobdispersen Systemen (→ disperses System) ein. Sie lassen sich in drei große Gruppen einteilen, die weitgehend unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweisen, in Dispersionskolloide, Assoziationskolloide und Molekülkolloide.

1) Die **Dispersionskolloide** sind die typischen Vertreter des kolloiden Zustandes, in den jede kompakte Substanz durch geeignete Methoden (Dispergierungs- und Kondensationsmethoden) gebracht werden kann. Infolge der feinen Verteilung besitzen sie einen großen Überschuß an freier Oberflächenenergie, so daß jeder freiwillig in einem Dispersionskolloid ablaufende Vorgang eine Teilchenvergröberung (Koagulation) zur Folge hat. Bleiben während dieser Zusammenballung die einzelnen Partikeln erhalten, spricht man von *Flockung,* tritt dagegen eine völlige Vereinigung ein, von *Koaleszenz.* Man kann den metastabilen Zustand der Dispersionskolloide über längere Zeiträume erhalten, wenn man erreicht, daß durch eine gleichsinnige elektrische Aufladung der Teilchen (Dissoziation oder bevorzugte Ionenadsorption) eine elektrostatische Energiebarriere die Annäherung der Teilchen und damit die Flockung unmöglich macht. Die Koaleszenz kann man verhindern durch Aufbau von Adsorptionsschichten aus Lösungsmittelmolekülen um die Teilchenoberfläche oder durch Adsorption grenzflächenaktiver Stoffe, die bei ausreichender Bedeckung mechanisch stabile Schutzschichten bilden.

2) Unter **Assoziationskolloiden** versteht man kolloiddisperse Systeme, die beim Auflösen molekulardisperser Substanzen in einem geeigneten Lösungsmittel oberhalb einer bestimmten Konzentration, der kritischen Konzentration der Mizellbildung, spontan gebildet werden. Zu diesen Substanzen gehören besonders die → grenzflächenaktiven Stoffe. Die Eigenschaft, Assoziationskolloide zu bilden, beruht auf dem Bauprinzip solcher organischer Moleküle, die aus einem hydrophoben Teil (Kohlenwasserstoffgruppe) und einem hydrophilen Teil (polare Gruppen) bestehen. Im Unterschied zu den Dispersionskolloiden sind Assoziationskolloide thermodynamisch stabil, d. h., es tritt keine Teilchenvergröberung ein.

3) Die **Molekülkolloide** bestehen aus Molekülen kolloider Dimension. Im Unterschied zu den Dispersions- und Assoziationskolloiden, die durch Nebenvalenzkräfte verbunden sind, sind die Bausteine des kolloiden Teilchens (in diesem Fall mit Molekül identisch) durch Hauptvalenzkräfte miteinander verknüpft. Beispiele für Molekülkolloide sind die Lösungen von Eiweißstoffen, Zellulose, Kautschuk und synthetischen makromolekularen Stoffen.

K. und kolloidchemische Vorgänge spielen bei biologischen Prozessen und in der chemischen Technik eine wesentliche Rolle. Kolloiddisperse Systeme sind z. B. Blut, Protoplasma, Milch, Butter, Hautpflegemittel, Leime und andere Klebstoffe, verschiedene Arzneimittel und Reinigungsmittel, Latex. Kolloidchemische Prozesse sind z. B. der Wasch- und Färbereiprozeß, die Schmierung, Flotation, Emulsionspolymerisation, Entstaubung. Kolloide Vorgänge in den Böden sind für das Pflanzenwachstum wichtig. In der Atmosphäre finden sich ebenfalls kolloide Strukturen, die die Ursache der Wolkenbildung sind (Kolloidmeteorologie). Auch Gasdispersionen haben in der Technik große Bedeutung, z. B. wendet man Sauerstoffhydrosole bei der Leinöl- und Paraffinoxydation, Wasserstoffhydrosole bei großtechnischen Hydrierungen an.

Lit. Edelmann: Lehrb. der Kolloidchemie (Berlin, Bd 1, 2. Aufl. 1967, Bd 2 1964); Kuhn: Kolloidchemisches Taschenbuch (5. Aufl. Leipzig 1960); Lipatow: Physikalische Chemie der K. (dtsch Berlin 1953); W. Ostwald: Die Welt der vernachlässigten Dimensionen (12. Aufl. Dresden 1944); Stauff: Kolloidchemie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1960); Kolloidchemisches Taschenb. (5. Aufl. Leipzig 1960).

Kolloidmühle, eine Maschine zur Feinzerkleinerung weicher bis mittelharter Stoffe (flüssige, halbflüssige und pastöse Produkte, z. B. Lebensmittel, Drogen) im nassen Zustand. Die K. besitzt einen sich schnell drehenden gezahnten Rotor und einen gezahnten Stator, zwischen denen das Mahlgut vorwiegend durch Reibung und Schlag fein zerkleinert wird (bis auf 1 μm und weniger). K.n können auch emulgieren, dispergieren und homogenisieren.

Kolonel, ein → Schriftgrad.

Kolonne, eine turm- oder säulenförmige Apparatur zum Stoffaustausch und Wärmeübergang, die zur fraktionierten Destillation (**Destillations-** oder **Rektifikationskolonne**), Extraktion (**Extraktionskolonne**) und Sorption (**Sorptionskolonne**) eingesetzt wird. Die K.n bestehen meist aus einem hohlen, senkrechtstehenden Zylinder aus Metall oder Glas, der aus mehreren Teilen (Schüssen) zusammengesetzt wird und in dem sich geeignete Einbauten oder → Füllkörper befinden. Die Einbauten werden als Glocken- oder Siebböden ausgeführt, auf die alle anderen Bodentypen zurückzuführen sind.

Arbeitsweise. Die leichte Phase (z. B. Dampf, Gas, Flüssigkeit) steigt vom unteren Ende der K. nach oben, während die schwere Phase (meist Flüssigkeit) den umgekehrten Weg nimmt. Die aufsteigende Phase strömt durch die Öffnungen der Böden und bildet in einigem Abstand von ihnen eine Durchmischungsschicht aus, in der Stoffaustausch und Wärmeübergang vor sich gehen. Die Böden haben für die schwere Phase meist Zu- und Abläufe und Wehre, damit stets eine bestimmte Menge an Flüssigkeit auf dem Boden steht.

Die Wirksamkeit einer K. wird durch das Verhältnis Zahl der theoretischen Böden (*Trennstufenzahl*) zu Zahl der praktisch erforderlichen

Böden angegeben. Dieses Verhältnis ist von den Einbauten (Böden), Füllkörpern, von der Fahrweise (Belastung, ohne oder mit Rücklauf) und von der Art der strömenden Stoffe abhängig. Die Belastung einer K. ist die je Zeiteinheit durchgesetzte Menge einer Phase. Oberhalb einer bestimmten Belastung (*Belastungsgrenze, Staupunkt*) büßt jede K. ihre Trennwirkung ein. Wird eine K. mit Rücklauf betrieben, so ist das Rücklaufverhältnis (d. i. das Verhältnis der Rücklaufmenge zur Produktmenge) wichtig. Die Trennwirkung beginnt bei einem bestimmten minimalen Rücklaufverhältnis und steigt mit zunehmendem Verhältnis an.

Kolophonium, ein natürliches Harz, das als Destillationsrückstand des Terpentins oder durch Extraktion der Kiefernwurzelstöcke gewonnen wird. K. besteht hauptsächlich aus Abietinsäure und verwandten Harzsäuren. Es ist hart und spröde und wird für die Herstellung von Lacken, Anstrich- und Druckfarben, Klebstoffen, als Flußmittel beim Löten, zum Bestreichen des Geigenbogens verwendet.

Kolorimetrie, ein Verfahren der quantitativen Analyse, das auf dem Vergleich des Farbunterschiedes einer Lösung unbekannter Konzentration mit einer Lösung bekannter Konzentration beruht. Als Meßgeräte dienen **Kolorimeter.** Zur Feststellung gleicher Lichtintensitäten war man früher auf den Sinneseindruck beschränkt **(visuelle K.).** Heute bedient man sich meist lichtelektrischer Verfahren **(objektive K.)**

Lit. Kakác, Bohumil, Vejdělek: Handb. der K., 4 Bde (dtsch Jena 1962/66); Kortüm: K., Photometrie und Spektrometrie (Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962).

Kolposkop, ein optisches Gerät zur Untersuchung der Schleimhaut der Scheide und des Gebärmuttermundes. Es ermöglicht die Frühdiagnose des Gebärmutterkrebses. Das K. besteht aus einem stereoskopischen Mikroskop mit geringer Vergrößerung, eingebauter Beleuchtungsvorrichtung und geeignetem Stativ oder geeigneter Halterung am Untersuchungsstuhl. Mit dem **Photokolposkop** können die Beobachtungen sofort photographiert werden.

Kolumbit, ein Mineral, das wichtigste Niob- und Tantalerz, Mischkristalle von Niobit (Fe, Mn) $(NbO_3)_2$ und Tantalit (Fe, Mn) $(TaO_3)_2$; die reinen Endglieder kommen nicht vor; orthorhombisch, Tafeln oder Prismen, schwarz bis braunschwarz, Härte nach Mohs 6, D. 5,3 (Niobit) bis 8,1 g cm^{-3} (Tantal). Wenn der Tantalgehalt den Gehalt an Niob übersteigt, wird das Mineral als **Tantalit** bezeichnet, überwiegt der Niobgehalt, als **Niobit.** K. kommt in Granitpegmatiten und Seifen vor. Er wird zur Legierung von Stählen, als Elektrodenmaterial in Radioröhren sowie für die Herstellung einer Reihe chemischer Verbindungen verwendet.

Kolumne, → Setzen 1).

Kolur *m*, → astronomische Koordinatensysteme.

Koma *f*, 1) Astronomie: der Teil eines → Kometen. 2) Optik: ein → Abbildungsfehler.

Kombinator, → Grubber.

Kombinatorik, ein Gebiet der Mathematik, das die möglichen Zusammenstellungen und Anordnungen endlich vieler gegebener Elemente untersucht. Man unterscheidet dabei Permutationen, Kombinationen und Variationen.

1) **Permutationen** (Vertauschungen, Umstellungen) sind alle möglichen Anordnungen der gegebenen Elemente, jeweils in verschiedener Reihenfolge. Für die drei Elemente *a, b, c* bestehen z. B. folgende sechs Möglichkeiten: *abc, acb, bac, bca, cab, cba.* Allgemein gibt es für n verschiedene Elemente $n!$ (n-Fakultät) Permutationen.

2) **Kombinationen** sind die möglichen Zusammenstellungen der n gegebenen verschiedenen Elemente in Gruppen von je k Elementen ohne Beachtung der Reihenfolge (Kombinationen von n Elementen zur k-ten Klasse). Ihre Anzahl gibt der Binominalkoeffizient $\binom{n}{k}$ an (gesprochen: „n über k"), d. i. $\frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-k+1)}{1\cdot 2\cdot 3\dots k}$ oder kürzer $\frac{n!}{(n-k)!\,k!}$. Zum Beispiel gibt es für die 3 Elemente *a, b, c* zur 2. Klasse folgende drei Kombinationen: *ab, ac, bc.*

3) **Variationen** sind eine Verbindung von 1) und 2). Die Variationen von n Elementen zur k-ten Klasse sind Kombinationen, bei denen auch die Reihenfolge zu beachten ist, die also noch permutiert werden. Die Anzahl der möglichen Variationen ist gleich $n(n-1)\dots(n-k+1) = \frac{n!}{(n-k)!}$. Zum Beispiel gibt es für die 3 Elemente *a, b, c* zur 2. Klasse die Variationen *ab, ac, bc, ba, ca, cb.*

Bei der Berechnung der Anzahl der möglichen Permutationen, Kombinationen und Variationen ist außerdem noch zu berücksichtigen, ob mehrere gleiche Elemente vorhanden sind und ob Wiederholungen zugelassen sind. — Die K. tritt z. B. bei der Entwicklung von Binomen und Determinanten auf; besondere Bedeutung hat sie für die Wahrscheinlichkeitsrechnung und deren Anwendungen auf die Naturwissenschaften (insbesondere die Physik).

Kombine [englisch to combine ‚kombinieren'], eine Kombination verschiedener Maschinen. Die K. übernimmt mehrere Arbeitsvorgänge zugleich (kombiniert), z. B. die → Kohlenkombine; in der Landwirtschaft svw. → Vollerntemaschine.

Kombiwagen, → Karosserie.

Komet, ein diffus aussehender, oft mit bloßem Auge sichtbarer Weltkörper, der sich auf einer elliptischen, parabolischen oder hyperbolischen Bahn um die Sonne bewegt. Der K. besteht aus einem sternartig hellen *Kern*, der von einer rundlichen leuchtenden Hülle, der *Koma*, umgeben ist. Beide zusammen bilden den *Kopf*, aus dem sich der von der Sonne weggerichtete, gelegentlich fächerförmige, meist gekrümmte *Schweif* in den Raum erstreckt.

Die K.en mit einem Schweif sind Gebilde von riesiger Ausdehnung. Der Kern hat einen Durchmesser von der Größenordnung von 1 km bis zu 100 km, die Koma kann mehrfach größer sein als der Erddurchmesser. Der Schweif dehnt sich gelegentlich bis zu mehreren 100 Millionen km aus. Die Masse eines Kometenkerns von 10 km Durchmesser und einer mittleren Dichte von 1 g cm^{-3} wird auf etwa ein Zehnmilliardstel der Erdmasse geschätzt.

Über den Aufbau des Kerns existieren heute zwei Auffassungen. Nach der älteren besteht er aus einer etwa kugelsymmetrisch aufgebauten Wolke meteoritischer Partikeln der verschiedensten Größe und chemischen Zusammensetzung. Nach dem neueren, von Whipple aufgestellten Modell setzt sich der Kern überwiegend aus Eis zusammen, dem meteoritische Körper eingelagert sind. Bei Annäherung an die Sonne werden durch die Sonnenstrahlung Gase frei, und das Eis verdampft, wodurch die leuchtende Gaskoma entsteht. Durch den Strahlungsdruck der Sonne und deren Korpuskularstrahlung werden die Gase aus dem Kometenkopf hinweg in den Schweif getrieben und z. T. durch Photodissoziation in nichtleuchtende Moleküle weiter zerlegt.

Die Kometenkerne sind also in Sonnennähe einem Auflösungsprozeß unterworfen und werden allmählich in Meteoritenströme zerstreut, die zu periodisch wiederkehrenden Sternschnuppenfällen führen können.

Über den Ursprung der K.en gibt es zwei Gruppen von Theorien. Die eine Gruppe nimmt an,

daß sich die Sonne bei einem Durchgang durch eine interstellare Wolke die K.en eingefangen habe, die andere, daß die K.en bei der Bildung des Sonnensystems entstanden sind.

Man bezeichnet einen K.en mit der Jahreszahl seiner Entdeckung und dem Namen des Entdeckers.

Lit. Richter: Statistik und Physik der K.en (Leipzig 1954).

Kommandogerät, ein bei der Flakartillerie verwendetes Meß- und Rechengerät. Es ermittelt unter Berücksichtigung des Kurses des Luftzieles (Flugzeug, Rakete) und der Geschoßbahn ständig alle notwendigen Kommandos (Signale) zum Richten der Geschütze (z. B. Übermittlung des Rohrerhöhungswinkels, des Zünderwertes u. a.) mit elektronischen Anlagen. Zur Formierung des Kommandos haben die K.e meist mechanische oder elektrische Signalchiffriersysteme. Das K. ist auf einer Lafette fahrbar ausgeführt und durch Kabel mit den Geschützen verbunden. Die Eingangswerte kann das K. außer von einem eingebauten Entfernungsmesser auch von einer → Geschützrichtstation erhalten.

Kommandolenkung, → Fernlenkung.

Kommunikation, in der Informationstheorie die Mitteilung oder Übermittlung einer Botschaft oder → Nachricht. K. findet immer zwischen Sender und Empfänger statt, die über einen Kanal Nachrichten (Informationen) austauschen, oft wird die Informationstheorie als „mathematische Kommunikationstheorie" bezeichnet, so von Shannon, dem Begründer der Informationstheorie. Zur Unterscheidung der Begriffe gilt: K. ist die Übermittlung einer Nachricht, während der Begriff Information das bezeichnet, was übertragen wird. Die Shannonsche „mathematische Kommunikationstheorie" (Informationstheorie) ist eng mit den Bedürfnissen der Nachrichtentechnik verbunden, obwohl ihr Anwendungsbereich, wie sich heute zeigt, sehr viel weiter ist. Neben ihrer Anwendung in Physik, Biologie, Physiologie, Psychologie und anderen Wissenschaften ist besonders ihre Bedeutung für die Sprachwissenschaft und die Soziologie hervorzuheben. Faßt man K. aber im ursprünglichen, engeren Sinne auf, dann betrifft sie nur den Austausch mit Hilfe von Sprachzeichen, also den Bereich der zwischenmenschlichen K. Es ist sinnvoll, K. auf zwischenmenschlichen Zeichenverkehr, also auf den Austausch von Zeichen, der mit bestimmten Intentionen verbunden ist, zu beschränken. Man könnte daher sagen, daß K. Zeichenverkehr ist. Im Kommunikationsvorgang sind die *Kommunikanden* miteinander verbunden. Es lassen sich zwei Kommunikationstypen unterscheiden: die *zweiseitige, kooperative K.*, bei der Nachrichten zwischen den Kommunikanden ausgetauscht werden, die sich gegenseitig beeinflussen (Gespräch), und die *einseitige, nichtkooperative K.* (Zeitunglesen, Rundfunkhören u. a.). Hier zeigt sich ein weiterer Aspekt der K., der in der Organisation besteht. K. ist also eine Grundlage der Organisation. Schließlich ist K. eine soziale Funktion.

kommunizierende Röhren, oben offene, unten miteinander verbundene Röhren. Gleichartige Flüssigkeit steht in k.n R. infolge ihres gleichen Druckes in allen Schenkeln gleich hoch. Sind in den Schenkeln verschiedene, nicht mischbare Flüssigkeiten, so verhalten sich deren Höhen umgekehrt wie ihre Dichten. Sind die Querschnitte der k.n R. unterschiedlich und klein, sind durch → Kapillarität Abweichungen zu erwarten. (Abb.)

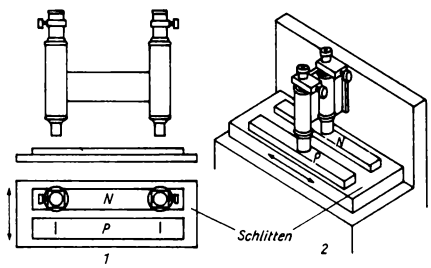
Kommutativgesetz, Gesetz der Vertauschung, ein Grundgesetz des Rechnens. Es besagt, daß man die Summanden in einer Summe bzw. die Faktoren in einem Produkt vertauschen kann, ohne daß sich das Ergebnis der Rechnung ändert: $a + b = b + a$, $a \cdot b = b \cdot a$. In gewissen, in der Algebra definierten Bereichen ist das K. nicht mehr erfüllt (→ hyperkomplexes System).

Kommutator, Stromwender, Kollektor, ein Verbindungselement zwischen den rotierenden Spulen und ihren ruhenden Zuleitungen bei einer Gruppe → elektrischer Maschinen, den **Kommutatormaschinen** oder **Stromwendermaschinen.** Der K. ist eine Walze, die als Gewölbe aus glimmerisolierten Kupferlamellen aufgebaut ist. Auf den Lamellen schleifen Bürsten, die mit den äußeren Zuleitungen verbunden sind. An jeder Lamelle sind der Anfang einer Spule und das Ende einer anderen Spule der Ankerwicklung **(Kommutatorwicklung)** angeschlossen.

Kommutierung, svw. → Stromwendung.

Kompaktbau, → Industriebau.

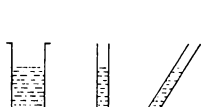
Komparator, 1) eine Einrichtung zur Längenbestimmung von Maßstäben durch Vergleich mit einem Normalmaßstab. Der K. (Abb.) besteht aus zwei Mikroskopen, die durch eine Brücke miteinander verbunden sind, und einem unter ihnen liegenden, in einer Richtung verschiebbaren Tisch (Schlitten). Auf diesem sind der zu prüfende Maßstab *P* und Normalmaßstab *N* so angebracht, daß sich während der Messung ihre gegenseitige Lage nicht verändert. Die Ziellinien der Mikroskope sind durch Strichkreuze oder ähnliche Vorrichtungen festgelegt. Beim **Transversalkomparator** liegt das Normal quer zur Verschiebungsrichtung des Schlittens, beim **Longitudinalkomparator** längs. Der Prüfling liegt jeweils parallel neben dem Normal. Beim Transversalkomparator bewirken kleine Kippungen des Schlittens, die beim Verschieben von einer Meßstellung in die andere auftreten können, wesentlich kleinere Meßfehler als beim Longitudinalkomparator. Beim Longitudinalkomparator ist der Meßfehler proportional der 1. Potenz des Kippwinkels (Fehler erster Ordnung), beim Transversalkomparator hängt er von der 2. Potenz des Kippwinkels ab (Fehler zweiter Ordnung). Die Abbesche Anordnung des Longitudinalkomparators vermeidet den Fehler erster Ordnung, indem Prüfling und Normal auf dem verschiebbaren Schlitten hintereinanderliegen.



Komparator: *1* Transversalkomparator (oben Seitenansicht, unten Draufsicht), *2* Longitudinalkomparator

2) eine Vergleichsvorrichtung, die der Präzisionsmessung oder dem Auffinden geringer Lageunterschiede dient, z. B. → Interferenzkomparator, Perflektokomparator (→ Perflektometer), → Stereokomparator, → Blinkkomparator.

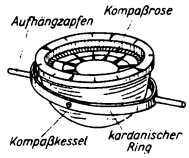
Kompaß, ein Gerät zum Anzeigen einer Nordrichtung, insbesondere zum Bestimmen des Kurses von Luft- und Wasserfahrzeugen. Nach der Wirkungsweise unterscheidet man Erdfeld-, Kreisel- und Astrokompasse.



kommunizierende Röhren

1) Der **Erdfeldkompaß** benutzt die Richtkraft des erdmagnetischen Feldes (→ Erdmagnetismus). Erdfeldkompasse werden eingeteilt in Magnet-, Induktions- und Elektronenkompasse.

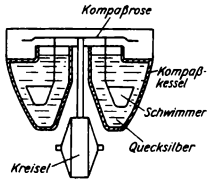
a) Der **Magnetkompaß** zeigt im ungestörten magnetischen Feld der Erde die magnetische



1 **Schwimmkompaß (Steuerkompaß)**

Nordrichtung an, die von der geographischen um die magnetische Deklination (Mißweisung) abweicht. Die Wirkungsweise des Magnetkompasses beruht darauf, daß sich die Kompaßnadel (Magnetnadel) in Richtung der Horizontalkomponente des erdmagnetischen Feldes einstellt. Beim **Marschkompaß** ist die Nadel oberhalb ihres Schwerpunktes auf einer feinen Spitze (Pinne) leicht drehbar im Mittelpunkt einer festen Rose gelagert, auf der die Himmelsrichtungen angegeben sind. Beim **Schiffskompaß** ist das Rosenblatt fest mit mehreren Magnetstäben verbunden, die unterhalb der Rose symmetrisch und parallel zu seinen N-S-Marken befestigt sind. Im Mittelpunkt der Rose befindet sich ein hohl geschliffener Edelstein (Hütchen), der auf einer Pinne ruht. Diese ist im Mittelpunkt des Bodens des Kompaßkessels in einen Pinnenträger eingesetzt. Oben ist der Kessel durch eine Glasscheibe abgeschlossen und bei den nur selten gebrauchten **Trockenkompassen** mit Luft gefüllt. Beim **Schwimmkompaß (Fluidkompaß)** ist der Kessel mit einer Wasser-Alkohol-Mischung (Festpunkt etwa −35 °C) gefüllt, die infolge des Auftriebs den Auflagedruck der mit einem Schwimmer verbundenen Rose vermindert und die Schwingung dämpft. Der Kompaßkessel hängt bei Schiffskompassen in zwei Kardanringen, die in den Kompaßstand im Ruderhaus (Steuerkompaß) oder auf dem Peildeck (Peilkompaß) eingehängt werden. Der **Steuerkompaß** hat innen an der senkrechten Wandung des Kompaßkessels um 180° versetzt je einen Steuerstrich, deren Verbindung längsschiffs ausgerichtet ist. Der **Peilkompaß** hat außer diesen Steuerstrichen noch zwei um 90° versetzte Marken; er ist mit einem um den Mittelpunkt des Deckels drehbaren Peilaufsatz (→ Diopter) ausgerüstet, mit dem Landmarken und Gestirne gepeilt werden. An Stelle des Peil- und Steuerkompasses verwendet man häufig einen als Peilkompaß aufgestellten **Reflexionskompaß**, dessen vorderer Rosenausschnitt mit dem Steuerstrich mittels einer Optik durch einen Tubus auf einen Spiegel in das Gesichtsfeld des Rudergängers im Ruderhaus projiziert wird.

In Luftfahrzeugen entstehen durch Neigungen (z. B. im Kurvenflug) und Beschleunigungen beim Magnetkompaß große Fehler, die seine Verwendbarkeit stark einschränken. Um diese Fehler zu beseitigen, kombiniert man in der Luftfahrt den Magnetkompaß mit einem → Kurskreisel und erhält so den **Kreisel-Magnetkompaß**, bei dem der Kurskreisel automatisch von einem Magnetkompaß überwacht wird.



2 **Kreiselkompaß (Einkreiselkompaß) im Schnitt**

b) Der **Induktionskompaß** wurde in der Luftfahrt entwickelt, weil der Magnetkompaß nur ein kleines Richtmoment besitzt und das drehbare Magnetsystem mehrere Fehler aufweist, die auch durch die Kombination mit dem Kurskreisel nicht beseitigt werden. Der Induktionskompaß beruht darauf, daß die in Sekundärwicklungen einer Dreiecksonde induzierten Spannungen von der Lage der Sonde gegenüber den Feldlinien des Erdmagnetfeldes abhängig sind. Die Plattform, auf der sich die Sonde befindet, muß durch einen Kreisel stets horizontal gehalten werden. Auch diese Kompasse werden mit Kurskreiseln zu **Kreisel-Induktionskompassen** kombiniert, die heute in der Luftfahrt weit verbreitet sind.

c) Beim **Elektronenkompaß** bestimmt man die Himmelsrichtung nach der Ablenkung, die ein senkrecht nach oben oder unten gerichteter Elektronenstrahl im Magnetfeld der Erde erfährt. Schwierigkeiten bereitet die Aufhängung der Elektronenstrahlröhre (Braunsche Röhre), da der Strahl genau vertikal verlaufen muß.

Bei allen Erdfeldkompassen wird die Anzeige verfälscht durch Störungen der erdmagnetischen Felder sowie durch Störungen, verursacht durch Eisenteile und elektrische Störfelder des Fahrzeuges (Deviation). Die letztgenannten Einflüsse kompensiert man meist mit Magneten, auf Schiffen außerdem mit Eisenmassen am K. Außerdem muß dafür gesorgt werden, daß die Kompaßnadel oder die Dreiecksonde genau waagerecht liegen bzw. der Elektronenstrahl genau vertikal gerichtet ist, damit nur die Horizontalkomponente des erdmagnetischen Feldes zur Wirkung kommt.

2) Der **Kreiselkompaß** wird nur auf Schiffen verwendet. Er beruht auf der Eigenschaft des → Kreisels, mit seiner Laufachse in die geographische Nordrichtung einzuschwingen und sie beizubehalten. Man verwendet beim Kreiselkompaß schnell rotierende symmetrische Kreisel mit zwei vollen und einem eingeschränkten Freiheitsgrad, d. h., die Kreisel können sich frei um ihre Laufachse und die hierzu senkrechte Präzessionsachse drehen. Die Bewegung um die zu diesen Achsen horizontale Achse ist dadurch beschränkt, daß der Aufhängepunkt des Kreisels etwas höher liegt als sein Massemittelpunkt. In der Ausführung unterscheidet man **Einkreiselkompasse** und **Zweikreisel-** oder **Kugelkompasse.** Aufbau einer Kugelkompaßanlage: Die Anlage besteht aus einem **Mutterkompaß**, der durch elektrische Fernsteuerung eine Anzahl kursanzeigende Geräte, die **Tochterkompasse**, betreibt. Im Kompaßhaus des Mutterkompasses ist kardanisch und federnd ein Kompaßkessel eingehängt, der oben durch eine Tragplatte abgeschlossen wird. In der Mitte der Tragplatte ist in Kugeln der Hals einer Hüllkugel gelagert. Kompaßkessel und Hüllkugel sind mit einer Tragflüssigkeit aus Destillat gefüllt, dem Glyzerin und ein Elektrolyt zugesetzt werden. Im Innenraum der Hüllkugel schwebt in der Tragflüssigkeit genau zentriert die vollkommen geschlossene Kreiselkugel. Sie enthält einen fest eingebauten Korb aus Leichtmetall. Die Kreisel selbst sind mit ihren Laufachsen horizontal in Kappen gelagert, die um die vertikalen Präzessionsachsen drehbar in Kugellagern des Korbes gehalten werden. Die Kappen sind mechanisch so miteinander gekoppelt, daß die Laufachsen der Kreisel stets gleiche Winkel mit der Verbindungslinie 0°···180° der Rose bilden. Die Kreisel sind Kurzschlußläufer von Drehstrommotoren. Ihren Ständerwicklungen werden die drei Phasen von 3 voneinander isolierten Leitflächen der Hüllkugel durch die Tragflüssigkeit und von drei den Leitflächen der Hüllkugel gegenüberliegenden, voneinander isolierten leitenden Flächen der Kreiselkugel zugeführt. Für das langsame Einschwingen in die Nordrichtung und die Einhaltung der Nordrichtung ist ein großer Kreiseldrall erforderlich, den man durch die große Masse der Kreisel und ihre hohe Drehzahl (15000 bis 20000 U/min) erreicht. Der resultierende Drallvektor der beiden miteinander gekoppelten Kreisel stellt sich bei ruhendem Schiff in die geographische Nordrichtung ein. Die in der Tragplatte drehbare Hüllkugel ist durch eine elektrische Kopplung an eine feste Lage zu der im Raum ruhenden Kreiselkugel gebunden. Bei Kursänderungen macht die Hüllkugel zunächst die Drehung des Kompaßkessels mit und setzt dabei infolge der Widerstandsänderung in der Tragflüssigkeit ein *Nachdrehsystem* in Funktion. Dieses besteht aus einem Zweiphasenmotor (Ferrarismotor), dessen eine Phase dauernd unter Spannung steht; die zweite erhält ihre Spannung, wenn die Hüllkugel bei Kursänderungen aus ihrer neutralen Lage zur Kreiselkugel abweicht. Der Ferrarismotor ist über ein Getriebe mit einem elektrischen *Drehfeldgeber* gekoppelt, der eine größere Anzahl elektrisch gleich gebauter Empfänger (Tochtergeräte) um genau den gleichen

Winkel nachdreht. Der eine Empfänger dreht die Hüllkugel im Mutterkompaß in die neutrale Lage zur Kreiselkugel zurück, die übrigen dienen als fernanzeigende **Tochterkompasse**, die an beliebigen Orten im Schiff aufgestellt werden können, z. B. als Steuerkompaß, Peilkompaß, als Kreiselrosen in Funkpeilern und Radargeräten. Die Empfänger der Steuer- und Peilkompasse drehen über ein Getriebe zwei konzentrische Rosenblätter (eine 360°-Rose und eine 10°-Rose), auf denen man Kurse auf $^1/_{10}°$ ablesen kann. Ein Empfänger befindet sich im *Kursschreiber*, der auf einem durch ein Uhrwerk gleichmäßig bewegten Papierband den gesteuerten Kurs laufend aufschreibt. Die Kreiselkugel benötigt zum Einschwingen in die Nordrichtung etwa $4^1/_2$ Stunden. Nach Anlassen der Kreisel müssen alle Tochtergeräte mit dem Mutterkompaß synchronisiert werden.

Auf dem fahrenden Schiff weicht der resultierende Drallvektor der Kreisel von der geographischen Nordrichtung ab. Die Abweichung, der *Fahrtfehler*, ist proportional der Nordkomponente der Schiffsgeschwindigkeit und umgekehrt proportional dem Kosinus der Breite des Schiffsortes. Der Fahrtfehler kann durch eine Steuerkette automatisch in allen Tochtergeräten kompensiert werden. Dabei werden der Kurs vom Kreiselkompaß und die Geschwindigkeit von der Fahrtmeßanlage automatisch, die geographische Breite von Hand in die Steuereinrichtung eingegeben. In dieser wird der Fahrtfehler elektrisch ermittelt, und über ein Stellglied werden alle Tochtergeräte berichtigt.

Das **Selbststeuer (Selbststeuerkompaß)** ist eine automatisch wirkende Verbindung zwischen der Kreiselrose und der Ruderanlage des Schiffes. Es stellt einen PD-Regler (→ Regler) dar, bei dem der Sollkurs von Hand eingestellt wird. Das Schiff, das in diesem Fall die → Regelstrecke darstellt, weicht unter der Einwirkung von Wind und Seegang vom Sollkurs ab. Die Abweichung wird ständig gemessen, und in der Regeleinrichtung wird eine Stellgröße gebildet, die sowohl die Größe des durch Seegang, Wind oder Strom verursachten Kursfehlers als auch die Kurswinkelgeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit der Drehung des Schiffes um die vertikale Achse) berücksichtigt. Die Stellgröße setzt die Rudermaschine in Tätigkeit, so daß bei möglichst geringer Beanspruchung der Maschine der Kursfehler geringer bleibt und das Schiff schneller wieder auf den Sollkurs zurückgeführt wird als bei Handsteuerung durch den Rudergänger. Magnetkompasse können in Verbindung mit der Rudermaschine als Selbststeuerkompasse gebaut werden, z. B. der dänische **Arkas-K.**

In Luftfahrzeugen wird der Meßwert des Mutterkompasses auf den → automatischen Piloten aufgeschaltet.

3) Die beschriebenen Kompasse versagen in Polnähe. Dort ermittelt man die Himmelsrichtungen mit dem **Astrokompaß** auf Grund der Messung des Standes von Himmelskörpern (Astronavigation).

Der **Funkkompaß** ist ein → Funkpeiler.

Kompatibilität, → Hochfrequenzstereophonie.

Kompensation, 1) allgemein der Ausgleich durch Gegenwirkung.

2) Mechanik: der Ausgleich der Längenänderungen eines Pendels infolge Temperaturschwankungen.

3) Elektrotechnik: a) Bei Gleichstrommaschinen (→ elektrische Maschine) wird die unerwünschte Verzerrung des Magnetfeldes, die durch Überlagerung des Feldes der Erregerwicklung und des Feldes der Ankerwicklung entsteht, durch eine besondere Wicklung beseitigt. b) In der Energieversorgung versucht man, die induktive Belastung der Netze durch Einschalten einer kapazitiven Belastung (→ Phasenschieber, → Leistungsfaktor) zu kompensieren, um mit den gleichen Übertragungselementen (Leitungen, Transformatoren) mehr Wirkleistung übertragen zu können. Umgekehrt kann natürlich auch eine kapazitive Belastung durch eine induktive Belastung kompensiert werden. c) In der elektrischen Meßtechnik findet die K. häufig Anwendung, z. B. um leistungslos Spannungen messen zu können oder um eine größere Meßgenauigkeit zu erzielen. d) In der Fernmeldetechnik werden unerwünschte Verzerrungen durch Kompensationsschaltungen ausgeglichen.

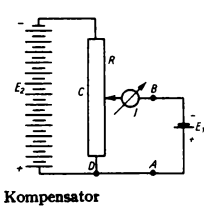
4) Geophysik: a) Eine zu messende Größe wird ausgeglichen, z. B. bei der magnetischen Feldwaage durch Verdrehen des Torsionsfadens und bei der stromlosen Messung in der Geoelektrik durch Anlegen einer Gegenspannung. b) Störende Größen, z. B. das Eigenpotential bei geoelektrischen Widerstandsmessungen, werden ausgeschaltet.

Kompensator, 1) Rohrleitungsbau: in Dampf- und Warmwasserleitungen ein schlangenförmig gewundenes Rohrstück zum Ausgleich der durch die Erwärmung hervorgerufenen Längenänderung der Rohre **(Kompensationsrohr, Lyra)**.

2) Optik: eine Vorrichtung zum Ausgleich von Lichtwegen, Gangunterschieden u. a. in optischen Instrumenten. Die K.en werden meist gleichzeitig zum Messen der auszugleichenden Größe benutzt. Feststehende und bewegliche **Planplattenkompensatoren** dienen zum Ausgleich der verschiedenen Weglängen von Teilstrahlengängen in Interferometern. Der feststehende K. gleicht die durch den Bau des Instruments gegebenen Lichtwegdifferenzen aus. Er kompensiert z. B. die Plattendicke des beweglichen K.s in Nullstellung. Die beweglichen Platten, deren Stellung an einer Teilung abgelesen werden kann, werden beim Messen betätigt. In Refraktometern zum Bestimmen von Brechzahlen, die mit weißen Lichtquellen arbeiten, dienen K.en zum Ausgleich der Dispersion, die eine zu messende Probe erzeugt. Bei Refraktometern dienen hierzu geradsichtige Dispersionsprismen nach Amici, die drehbar angeordnet sind. Beim Abbe-Refraktometer kann aus der Einstellung des K.s und der Brechzahl die Dispersion der Probe errechnet werden. K.en zum Ausgleich und zur Messung der Doppelbrechung werden an Polarisationsmikroskopen, spannungsoptischen Einrichtungen und ähnlichen Apparaten benutzt. Ihr wirksamer Teil sind drehbare oder kippbare Platten aus doppelbrechendem Material wie Quarz, Gips oder Glimmer, auch aus keilförmigen Stücken der gleichen Stoffe. Die Stellung dieser Teile im Strahlengang liefert das Maß für die kompensierte Doppelbrechung. Es gibt auch K.en mit festem Gangunterschied. Sie dienen zum Bestimmen des Charakters der Doppelbrechung.

3) Geodäsie: ein optisch-mechanisches Bauteil zur automatischen Horizontierung der Fernrohrzielachsen von → Nivellierinstrumenten sowie zur Stabilisierung der Kippachsenlage und der Ableseeinrichtung am Vertikalkreis von → Theodoliten.

4) Elektrotechnik: ein Gerät zur besonders genauen Messung elektromotorischer Kräfte nach der → Nullmethode. Eine Hilfsbatterie E_2 erzeugt in einem Widerstand R einen bestimmten Spannungsabfall. Das unbekannte Element E_1 schaltet man parallel zu einem Teil von R, so daß das Nullinstrument I keinen Strom mehr anzeigt. Dann ist der Spannungsabfall zwischen CD gleich der elektromotorischen Kraft (da kein Strom entnommen wird) des unbekannten Elementes. Schaltet man an AB erst eine bekannte Spannungsquelle (Normalelement) und dann die unbekannte, so läßt sich deren elektromotorische



Kompensator

Kraft aus dem Verhältnis der entsprechenden Teilwiderstände (*CD*) berechnen.

komplanar, in der gleichen Ebene liegend.

Komplanation, die Berechnung des Flächeninhaltes eines begrenzten Stückes einer gekrümmten Fläche, z. B. der Mantelfläche eines Rotationskörpers. Die K. ist im allgemeinen nur mit Hilfe der Integralrechnung möglich.

Komplementärfarben, → Farbe.

Komplementarität, die für die Quantenmechanik charakteristische, von Bohr zuerst erkannte Kopplung von je zwei Größen eines physikalischen Systems, die darin besteht, daß die Messung der einen die gleichzeitige Messung der anderen stört; → Heisenbergsche Unschärferelation. **Komplementäre Größen** sind alle kanonisch konjugierte Größen, ihr Produkt hat die Dimension einer Wirkung. Beispiele: Ort und Impuls, Drehwinkel und Drehimpuls, auch Zeit und Energie.

Komplementäre Betrachtungsweise in der Quantenphysik: Man kann einerseits Teilchen mit der Vorstellung von Wellen behandeln und andererseits allen Wellen entsprechende Teilchen zuordnen; → Dualismus von Welle und Korpuskel, → Quanten.

Komplementwinkel, → Winkel.

Komplexchemie, svw. → Koordinationslehre.

komplexer Widerstand, → Wechselstromwiderstand.

komplexe Zahlen, → Zahl.

Komplexometrie, Teilgebiet der Volumetrie, bei dem die zu bestimmende Ionenart in einen beständigen, löslichen Chelatkomplex übergeht. Als Komplexbildner werden vor allem Salze der Aminopolykarbonsäuren, die auch als Komplexone bezeichnet werden, verwendet. Die Erkennung des Äquivalenzpunktes erfolgt durch metallspezifische Indikatoren, die mit der zu bestimmenden Ionenart einen „Indikatorkomplex" bilden, der anders gefärbt ist als der freie Indikator und der weniger beständig sein muß als der bei der Titration gebildete Chelatkomplex. Mit Hilfe der K. können z. B. Mangan, Kobalt, Nickel, Kupfer, Zink, die Kationen der Seltenerdmetalle und Natriumhydroxid bestimmt werden.

Lit. Přibil: Komplexone in der chemischen Analyse (dtsch Berlin 1961), K., 4 Bde (dtsch Leipzig 1962–66); Schwarzenbach: Die komplexometrische Titration (4. Aufl. Stuttgart 1960).

Komplexone, ein Sammelbegriff für Aminopolykarbonsäuren, die mit mehrwertigen Metallionen stabile Komplexe bilden. Wichtige K. sind z. B. Nitrilotriessigsäure, abg. NTE (Wz. DDR: Chelaplex I, Wz. WD: Trilon A), Äthylendiamintetraessigsäure, abg. AeDTE (Wz. DDR: Chelaplex II, Wz. WD: Trilon BS), Dinatriumäthylendiamintetraazetat, abg. AeDTA (Wz. DDR: Chelaplex III, Wz. WD: Trilon B). K. werden besonders in der analytischen Chemie zur Bestimmung vieler Metalle, z. B. von Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, verwendet (komplexometrische Titration). In der Technik werden K. zur Wasserreinigung herangezogen. Neuerdings setzt man K. in der Therapie zur Behandlung von Schwermetallvergiftungen, besonders von Bleivergiftungen, und bei Aufnahme von Radionukliden ein.

Kompoundierung, in der Elektrotechnik 1) die Beeinflussung der Erregung von Gleichstrom-Nebenschlußmaschinen und Synchronmaschinen durch den Laststrom. Durch K. soll bei Generatoren unabhängig von der Belastung konstante Klemmenspannung erhalten, bei Motoren die Stabilität bei Überlastung verbessert werden. Kompoundierte Gleichstrom-Nebenschlußmaschinen tragen auf den Polen eine zusätzliche Reihenschlußwicklung, die vom Laststrom durchflossen wird. Kompoundierte Synchronmaschinen sind erregermaschinenlose Synchronmaschinen. Einen dem jeweiligen Belastungszustand entsprechenden Erregerstrom erhält man durch Zusammenfügen einer der Klemmenspannung und einer dem Laststrom proportionalen Wechselstrom- oder Wechselspannungskomponente mit nachfolgender Gleichrichtung.

2) die Verwendung von Füllmassen (Harze oder Lacke) bei der Isolierung von elektrischen Kabeln und Spulen für elektrische Maschinen.

Kompressibilität, Zusammendrückbarkeit; sie ist bei Gasen sehr groß (→ Boyle-Mariottesches Gesetz), bei festen und flüssigen Stoffen im allgemeinen verschwindend klein. Als Stoffkonstante ist die K. definiert durch den Quotienten: relative Volumenänderung dividiert durch Druckänderung bei festgehaltener Temperatur, genauer $\varkappa = -\frac{1}{V}\left(\frac{\Delta V}{\Delta p}\right)_T$, gemessen in $cm^2\,dyn^{-1}$ im CGS-System.

Kompression, 1) **Verdichtung,** physikalisch eine Verringerung eines bestimmten Volumens bei gleichzeitiger Erhöhung des Druckes. Speziell bei → Verbrennungsmotoren verdichtet man das Gas wegen des thermischen Wirkungsgrades so hoch wie möglich. Bei gemischverdichtenden Motoren (Ottomotoren) wird die obere Grenze durch die Klopffestigkeit des Kraftstoffes bestimmt, bei luftverdichtenden Motoren (Dieselmotoren) durch die festigkeitsmäßig zulässigen Höchstdrücke, deren Überschreitung zu starke Bauteile verlangen würde. Das **Verdichtungsverhältnis** ε, d. h. $\frac{\text{Verdichtungsraum} + \text{Hubraum}}{\text{Verdichtungsraum}}$, beträgt für Ottomotoren bei Benzinbetrieb 7,5 bis 10, für Rennmotoren bis 18, für Dieselmotoren 14 bis 22, für Gasturbinen 3 bis 12.

2) Verstärkertechnik: Verkleinerung der → Dynamik.

Kompressionsmodul, Zeichen M, eine Elastizitätskonstante, die das Verhalten eines isotropen Körpers unter allseitiger Zug- oder Druckbeanspruchung charakterisiert. Das Volumen V_0 eines solchen Körpers ändert sich proportional der einwirkenden Kraft F, es gilt das *Hookesche Gesetz*: $-\frac{\Delta V}{V_0} = \varkappa \cdot F$ (ΔV = Volumenänderung). Den Proportionalitätsfaktor $\varkappa$ bezeichnet man als Kompressibilität, seinen Kehrwert $\frac{1}{\varkappa} = M$ als K. Er ist ein Maß für die Volumenelastizität.

Die Gestaltselastizität wird durch den Schubmodul G gekennzeichnet. Bei der elastischen Dehnung oder Stauchung eines Körpers gilt der Elastizitätsmodul E in Verbindung mit der Poissonschen Zahl μ (→ Elastizität). Zwischen dem K., dem Elastizitätsmodul und dem Schubmodul gelten folgende Beziehungen:

$$M = \frac{E}{3(1-2\mu)} \text{ und } M = \frac{2G(1+\mu)}{3(1-2\mu)}.$$

Kompressionswellen, → Erdbeben.

Kompressor, svw. → Verdichter. **Kompressormotor,** → Verbrennungsmotor.

Kona, → Leder.

Kondensanz, → Wechselstromwiderstand.

Kondensation, 1) Physik: der Übergang eines Dampfes oder Gases in den flüssigen oder festen Zustand durch Abkühlung oder durch gleichzeitige Kompression und Abkühlung. Die K. kann am **Kondensationspunkt,** d. h. bei entsprechender Kondensationstemperatur und zugehörigem Druck, nur dann eintreten, wenn die kondensierte Phase (Feststoff oder Flüssigkeit) schon vorhanden ist oder wenn **Kondensationskeime/-kerne,** z. B. Staub, Kristalle, Ionen, anwesend sind, an denen die Tropfen- oder Kristallbildung (Kristallisation) einsetzen kann; andernfalls tritt **Kondensationsverzug** ein, d. h., das Gas wird unter die kritische Temperatur (→ kritische Daten) abgekühlt (unterkühlt),

ohne daß es kondensiert. Der Kondensationspunkt ist identisch mit dem Siedepunkt bzw. Sublimationspunkt. Eine plötzliche Änderung des Strömungszustandes eines sich entspannenden Dampfes infolge der K. nach Erreichen eines bestimmten Übersättigungszustandes wird als **Kondensationsstoß** bezeichnet.

In der Technik erfolgt die K. in → **Kondensatoren,** die entweder als Oberflächen- oder als Einspritzkondensatoren ausgeführt sind. Die K. des Wasserdampfes dient dabei zur Rückgewinnung destillierten Wassers (Kreislaufbetrieb).

2) Chemie: eine solche Reaktion, bei der sich zwei Moleküle unter Abspaltung eines dritten Moleküls, z. B. Wasser, Chlorwasserstoff oder Ammoniak, vereinigen. Eine K. ist z. B. die Veresterung $R'OH + RCOOH \rightarrow RCOOR' + H_2O$. Besondere Bedeutung besitzt die K. bei der Herstellung bestimmter Plaste, der Kondensationsharze (→ Polykondensation). — Häufig wird auch in der chemischen Fachliteratur die Knüpfung einer C—C-Bindung als K. bezeichnet, z. B. Aldolkondensation.

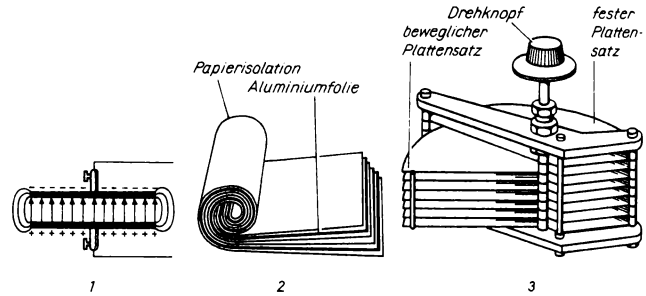
Kondensationsmaschine, eine Dampfmaschine oder Dampfturbine, bei der der Abdampf in einem Kondensator durch Kühlwasser niedergeschlagen wird. Die K. ergibt den besten thermischen Wirkungsgrad, dennoch ist sie wärmewirtschaftlich ungünstig, da die Verdampfungswärme bei Temperaturen von etwa 40 °C an das Kühlwasser abgegeben wird und nicht mehr nutzbar gemacht werden kann.

Kondensationswärme, → Verdampfungswärme.

Kondensator, 1) Elektrotechnik: ein Gerät zur Speicherung elektrischer → Ladungen. Der K. besteht im wesentlichen aus zwei flächigen elektrischen Leitern, die sich in einem vergleichsweise geringen Abstand gegenüberstehen und zwischen denen sich ein → Dielektrikum befindet. Zwischen der Ladung und der Spannung eines K.s besteht Proportionalität, der Proportionalitätsfaktor ist die → Kapazität. K.en stellen für Gleichstrom einen unendlich großen Widerstand dar. Bei Anlegen von Wechselspannung fließt durch den K. der → Verschiebungsstrom. Der → Wechselstromwiderstand des K.s ist der Kapazität und der Frequenz umgekehrt proportional. Der Strom durch den K. eilt der Spannung um 90° vor. Mit einer Spule bildet der K. einen elektrischen → Schwingkreis. In der Starkstromtechnik werden Leistungs- und Reihenkondensatoren zur Verbesserung des → Leistungsfaktors und Motorkondensatoren zum Betrieb von einphasigen Asynchronmotoren mit Hilfsphase eingesetzt. Die Schwachstromtechnik benutzt K.en in Schwingkreisen, weiter als Trenn-, Koppel-, Spannungsteiler- und Glättungskondensatoren.

Man unterscheidet feste und veränderbare K.en.

1) **Feste K.en** sind Wickel- und Elektrolytkondensatoren für große Kapazitätswerte, Platten- und Keramikkondensatoren für kleine Kapazitäten. **Wickelkondensatoren** (Abb.) werden aus zwei dünnen Aluminiumfolien mit dazwischenliegenden Kondensatorpapier- oder Kunststoffoliestreifen (Styroflex) als Dielektrikum gewickelt. Sie sind entweder in Metallbechern (Becherkondensatoren), Hartpapier- oder Keramikrohren (Rohrkondensatoren) oder Porzellanrohren (Sikatropkondensatoren) eingebaut und verlötet oder vergossen, oder sie sind gehäuselos (Gewaplast- und Duroplastkondensatoren). Bei Metallpapier- (MP-) Kondensatoren wird ein Zinkbelag durch Aufdampfen unmittelbar auf das Kondensatorpapier aufgebracht. Der Vorteil gegenüber anderen Wickelkondensatoren besteht in der bedeutend geringeren Stärke des Metallbelags, der bei einem Durchschlag an der Schadenstelle verdampft und damit einen bleibenden Kurzschluß verhindert. Außerdem sind diese K.en bei gleicher Kapazität und Spannungsfestigkeit wesentlich kleiner. In der Starkstromtechnik verwendete Papierwickelkondensatoren sind meistens in mit Kondensatoröl (Clophen oder Mineralöl) gefüllte Blechbehälter eingebaut. Der **Elektrolytkondensator** besteht aus einem Elektrolyten, in den zwei Metallelektroden (im allgemeinen Aluminium, für spezielle Zwecke Tantal) eintauchen. Das Dielektrikum wird von einer die Anode überziehenden, sehr dünnen Oxidschicht gebildet. Elektrolytkondensatoren sind im allgemeinen gepolt (unipolar), also nur für Gleichspannungen zu verwenden. Bei ungepolten (bipolaren) Ausführungen haben beide Elektroden eine Oxidschicht. Infolge der geringen Stärke des Dielektrikums und der Möglichkeit der Vergrößerung der Anodenoberfläche durch Aufrauhung gestatten Elektrolytkondensatoren, große Kapazitäten auf kleinstem Raum unterzubringen. **Plattenkondensatoren** (Abb.) bestehen im allgemeinen aus zwei Metallplatten als Elektroden mit dazwischenliegendem Dielektrikum (Luft, Glas, Glimmer oder Keramik). Luft-, Glas- und Glimmerkondensatoren werden vorwiegend im Senderbau und als Meßkondensatoren verwendet, da ihre Kapazität nur sehr wenig von Temperatur, Spannung und Frequenz abhängt und die Alterung ebenfalls sehr gering ist. Bei **Keramikkondensatoren** ist das Dielektrikum eine keramische Masse (Calit, Tempa, Condensa oder Epsilan), auf die die Metallelektroden (Silber) meist aufgebrannt sind. Die häufig als Dielektrika verwendeten Ferroelektrika (z. B. Epsilan) haben sehr hohe Dielektrizitätskonstanten bis zu $\varepsilon_{r_{max}} = 10000$ und ermöglichen die Herstellung von K.en kleinster Abmessungen. Nachteilig ist die Temperatur- und Spannungsabhängigkeit der Kapazität solcher K.en. Keramische K.en werden in Röhrchen-, Scheibchen-, Hütchen-, Topf- und Perlenform gefertigt.



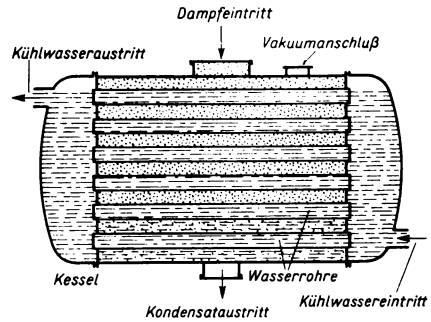
1 Plattenkondensator, *2* Wickelkondensator, *3* Drehkondensator

2) **Veränderbare K.en** gestatten eine stufenlose Veränderung der Kapazität. **Drehkondensatoren** (Abb.) bestehen aus zwei Sätzen paralleler Messing- oder Aluminiumplatten. Der eine Plattensatz (Stator) steht fest, der andere (Rotor) kann in die Zwischenräume des Stators hineingedreht werden. Nach der Art des verwendeten Dielektrikums unterscheidet man Luft- und Hartpapierdrehkondensatoren. Mehrfachdrehkondensatoren (mehrere Einfachdrehkondensatoren auf einer Achse) werden immer als Luftdrehkondensatoren gebaut. Der Verlauf der Kapazität in Abhängigkeit vom Drehwinkel wird durch den verwendeten Plattenschnitt bestimmt. Gebräuchlich sind halbkreisförmige, frequenzgerade und logarithmische (wellengerade) Plattenschnitte. Der Differentialdrehkondensator hat zwei Statoren und einen Rotor. Er wird als kapazitiver → Spannungsteiler verwendet.

Trimmer dienen als veränderbare K.en nur zur einmaligen Einstellung beim Abgleich. Der

Trimmer wird als keramischer Scheibentrimmer mit je einer etwa zur Hälfte metallisierten keramischen Stator- und Rotorscheibe oder als Rohrtrimmer mit zwei ineinander drehbaren Blechzylindern mit Kunststoffolie als Dielektrikum hergestellt. Der früher übliche Quetschtrimmer besitzt eine feste und eine federnde plattenförmige Elektrode mit Glimmer als Dielektrikum. Die Kapazität wird durch Veränderung des Plattenabstandes eingestellt.

2) Maschinenbau: eine Vorrichtung zum Niederschlagen des aus der Dampfturbine oder Dampfmaschine austretenden Abdampfes. Der **Oberflächenkondensator** besteht aus einem zylindrischen Kessel, der von Längsrohren aus Kupfer oder Messing durchzogen wird. In diesen Rohren fließt Kühlwasser (vom Kühlturm oder Fluß her), das die Verdampfungswärme des eingeleiteten Abdampfes aufnimmt, wodurch dieser zu Wasser kondensiert. Das erwärmte Kühlwasser kühlt sich beim Herabrieseln im Kühlturm wieder ab.



Oberflächenkondensator

Beim **Einspritzkondensator** wird der Abdampf durch eingespritztes Wasser niedergeschlagen, wodurch erheblicher Unterdruck entsteht. In dem niedergeschlagenen Dampf erhält man ein sehr reines und bereits angewärmtes Wasser **(Kondensat)**, das dem Dampfkessel über den Speisewasservorwärmer (→ Ekonomiser) wieder zugeführt wird. Beim **Luftkondensator** wird der Abdampf der Turbine in Kondensatorelemente (Rippenrohre) geleitet, die direkt durch Luft gekühlt werden. Damit entfällt der beim Oberflächenkondensator erforderliche Kühlkreislauf für das Kühlwasser.

Kondensatormotor, ein Einphasen-Asynchronmotor (→ elektrische Maschine) mit einer Hilfsphase, die unter Reihenschaltung eines Kondensators an die gleiche Spannung gelegt wird wie die Hauptphase.

kondensierte Ringsysteme, → Kohlenstoffverbindungen.

Kondensor, 1) bei Bildwerfern und Mikroskopen Anordnung von einer oder mehreren Sammellinsen oder Spiegelflächen. Der K. konzentriert die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen auf eine kleine Fläche: beim Diaskop in die Eintrittspupille des Projektionsobjektivs, beim Mikroskop auf das zu beleuchtende Objekt.

2) svw. → Kondensator.

Kondensstreifen, weiße, wolkenartige Streifen, die sich hinter in großen Höhen fliegenden Flugzeugen bilden. Sie entstehen durch Kondensation des in der Luft vorhandenen Wasserdampfes, wobei die in den Auspuffgasen der Flugtriebwerke enthaltenen festen Teilchen (Ruß) als Kondensationskerne wirken. K. können nur in solchen Luftschichten auftreten, die infolge ihres Feuchtigkeitsgehalts zur Wolkenbildung fähig sind.

Konditionieren, 1) Textilindustrie: das Bestimmen der legalen Handelsmasse von Faserstoffen und Fäden. Das K. erfolgt, indem man der nach längerer Einwirkung von 105 bis 110 °C festgestellten darrtrockenen Masse die für die verschiedenen Faserstoffe unterschiedliche *Reprise*, d. h. den handelsüblichen Feuchtezuschlag, hinzufügt. TGL 16800.

2) Müllerei: das Vorbereiten des gereinigten Getreides für den Mahlprozeß. Das K. erfolgt in **Konditionierapparaten.** Hier rieselt das Getreide eine 10 bis 15 m hohe, mit Heizkörpern und Belüftungskanälen versehene Trockensäule hinab und wird durch Zufuhr von Warmluft auf den für die Vermahlung günstigsten Feuchtigkeitsgehalt gebracht.

Konduktometrie, ein Verfahren der quantitativen Analyse, bei dem die Konzentration eines Elektrolyten in einer Lösung durch Messung der elektrischen Leitfähigkeit unmittelbar oder bei einer Titration bestimmt wird. Trägt man graphisch die gemessene Leitfähigkeit über dem Volumen an verbrauchter Lösung bekannter Konzentration auf, so erscheint am Äquivalenzpunkt ein Knick.

Konfiguration, 1) Geometrie: eine beliebige Figur oder irgendein System geometrischer Grundgebilde, wie Punkte, Geraden, Ebenen usw., z. B. die Lage von 4 Punkten auf einer Geraden.

2) Chemie: die räumliche Anordnung der 4 Atome oder Atomgruppen am Kohlenstoffatom (→ Stereochemie).

Konfluenz, in der Meteorologie eine Strömungssituation, bei der sich die horizontalen Temperaturgegensätze örtlich und zeitlich vergrößern. K. kann in der Atmosphäre sowohl bei richtungskonvergenter Strömung (→ Konvergenz) als auch bei richtungsdivergenter Strömung (→ Divergenz) eintreten.

Konformationsisomerie, → Stereochemie.

konforme Abbildung, eine winkeltreue Abbildung eines Gebietes (→ Punktmenge) auf ein anderes, d. h., zwei beliebige Kurven des einen Gebietes, die sich in einem seiner inneren Punkte unter einem gewissen Winkel schneiden, werden abgebildet auf zwei sich unter demselben Winkel schneidende Kurven des anderen Gebietes. Die Abstände je zweier Punkte bleiben dabei im allgemeinen nicht erhalten. Man nennt deshalb mitunter die k.n A.en „im kleinen ähnlich". Die k.n A.en werden in der Kartographie angewendet, wo es darauf ankommt, einen Teil der Erdoberfläche auf einen Teil einer Ebene, die Landkarte, abzubilden und dabei die Größe aller Winkel zu erhalten.

Besonders wichtig sind die k.n A.en von Gebieten der Ebene auf andere ebene Gebiete, deren Anwendungen vor allem in der Elektrostatik, in der Hydro- und Aeromechanik und der Elastizitätstheorie von großer Bedeutung sind. Durch eine k. A. kann man ein kompliziert gestaltetes Gebiet der Ebene auf ein Gebiet von einer hinreichend einfachen Form abbilden (z. B. auf eine Kreisscheibe oder eine Halbebene), was die Lösung vieler Aufgaben wesentlich erleichtert. Die ebenen k.n A.en werden vermittelt durch die analytischen Funktionen, d. h., das Bild eines Punktes $z = x + iy$ der komplexen z-Ebene ist der Punkt $w = f(z) = u + iv$ der komplexen w-Ebene. Eine Aussage über die Möglichkeit der k.n A. zweier Gebiete aufeinander liefert der *Riemannsche Abbildungssatz.* — Die Theorie der k.n A.en wurde begründet von Euler, Gauß und Riemann.

Konglomerat, grobklastisches Sedimentgestein, das aus abgerundeten Gesteinstrümmern (Geröllen) besteht, die durch ein kalkiges, kieseliges, toniges oder eisenhaltiges Bindemittel miteinander verkittet sind. Unterschied: → Brekzie.

Kongorot, ein rotbrauner Disazofarbstoff, der 1884 von P. Böttiger entdeckt wurde. K. entsteht durch Kupplung von tetrazotiertem Ben-

zidin mit zwei Molekülen Naphthionsäure (1-Naphthyl-amin-4-sulfonsäure). Es war der erste direktziehende Farbstoff, der aber heute wegen seiner Säureempfindlichkeit nicht mehr in der Textilfärberei verwendet wird; dagegen benutzt man ihn als Indikator (durch Säuren erfolgt Umschlag nach Blau), ferner als blutstillendes Mittel. **Kongopapier** ist ein mit einer 0,1%igen Kongorotlösung getränktes Filtrierpapier zum Säurenachweis.

Kongruenz, 1) Geometrie: Deckungsgleichheit, d. h. die völlige Übereinstimmung zweier Figuren in Größe und Gestalt; Zeichen: ≅. Figuren sind **kongruent**, wenn sie sich so aufeinanderlegen lassen, daß ihre Begrenzungen zusammenfallen. Alle Kongruenzbetrachtungen ebener Figuren lassen sich auf die K. von Dreiecken zurückführen. Von grundlegender Bedeutung für die Geometrie sind deshalb die 4 **Kongruenzsätze**, die hinreichende Bedingungen für die K. von Dreiecken enthalten: Zwei Dreiecke sind kongruent, wenn sie übereinstimmen 1) in den drei Seiten (sss), 2) in zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel (sws), 3) in einer Seite und zwei gleichliegenden Winkeln, und zwar a) den beiden anliegenden Winkeln (wsw) oder b) einem anliegenden und einem gegenüberliegenden Winkel (sww), 4) in zwei Seiten und dem der größeren Seite gegenüberliegenden Winkel (ssw).

2) Zahlentheorie: Zwei Zahlen a und b nennt man kongruent (restgleich) bezüglich einer dritten Zahl k (*kongruent modulo k*), wenn ihre Differenz $a - b$ durch k teilbar ist oder — damit gleichbedeutend — wenn die Division von a und b durch k den gleichen Rest ergibt. Man drückt dies aus durch die Schreibweise $a \equiv b \pmod{k}$, gelesen: a ist kongruent b modulo k. Zum Beispiel ist $17 \equiv 10 \pmod{7}$, dagegen sind 17 und 10 *inkongruent* nach dem Modul 6, Schreibweise: $17 \not\equiv 10 \pmod{6}$. Mit Zahlenkongruenzen kann man ähnlich wie mit Gleichungen rechnen, z. B. können K.en nach demselben Modul addiert, subtrahiert und multipliziert werden.

Königsstuhl, eine Mittelstütze, um die sich eine Platte bewegt, z. B. eine Drehscheibe oder eine Drehbrücke.

Königswasser, ein Gemisch aus drei Teilen konzentrierter Salzsäure mit einem Teil konzentrierter Salpetersäure. K. löst infolge seines Gehaltes an freiem Chlor und Nitrosylchlorid NOCl Gold (den „König der Metalle") und Platin auf.

konjugierte Doppelbindungen, → Kohlenstoffverbindungen.

konkav, hohl, gehöhlt, nach innen gekrümmt; z. B. Konkavspiegel (Hohlspiegel), Konkavlinse (Zerstreuungslinse), → Linse. Gegensatz: → konvex.

Konkordanz, 1) nicht gesetzliche, größte Einheit der Länge im typographischen Maßsystem. 1 Konkordanz = 4 Cicero = 48 typographische Punkte. Die K. wird vorwiegend bei der Angabe der Länge von Linien, Regletten und Stegen verwendet. Neuerdings drückt man auch diese Abmessungen häufig in Cicero aus.

2) Geologie: die gleichsinnige Lagerung von Gesteinsschichten zueinander, d. h., übereinanderliegende Schichten haben gleiches Streichen und Fallen. Gegensatz: → Diskordanz.

Konkretion, → Sekretion.

konservative Kräfte, in der Physik alle Kräfte, die in einem System wirken, in dem der Energiesatz der Mechanik (→ Energie) gilt, d. h. die mechanische Energie erhalten bleibt. Energieaufnahme und -abgabe sind reversibel. Dabei ist diese Arbeit (in Kraftfeldern) nur vom Anfangs- und Endpunkt, nicht aber von der Gestalt des Weges, längs dessen sie geleistet wird, abhängig. Eine k. Kraft läßt sich als → Gradient aus einer Funktion, dem Potential (→ Feld), herleiten, die nur von der Lage abhängt. Zu den k.n K.n gehören die Massenanziehungskraft, die Elastizität sowie elektrostatische und magnetostatische Kräfte. **Nichtkonservative (dissipative) K.** sind besonders die Reibung und der Widerstand eines reibenden Mediums, wie überhaupt alle Kräfte, die die → Entropie vergrößern (Energiedissipation).

Konservierung, svw. Haltbarmachung, umfaßt physikalische und chemische Maßnahmen zum Schutz vor Fäulnis, Gärung, Verschimmeln u. dgl. Das Verderben von Lebensmitteln kann verhindert bzw. verzögert werden durch physikalische und chemische Methoden. Zu den physikalischen Methoden zählen das *Kühlen* bei 0 bis +10 °C, das *Gefrieren* bei −10 bis −20 °C und das *Einfrosten* unterhalb −20 °C; das *Trocknen* an der Luft, in Trockenschränken (gegebenenfalls unter Vakuum), nach dem Gefriervakuumverfahren u. a.; das *Eindicken*, das → *Pasteurisieren* und das → *Sterilisieren*.

Chemische Methoden sind das *Salzen*, das einen Wasserentzug bewirkt (z. B. Salzheringe, Salzgemüse); das *Pökeln* von Fleisch, wobei meist mit Pökelsalz (Kochsalz mit Zusatz von 0,5% Natriumnitrit) gearbeitet wird, um dem Fleisch eine rote Farbe zu geben; das *Räuchern*, bei dem die K. nicht nur durch das Eintrocknen des Gutes, sondern auch durch die im Rauch vorhandenen keimschädigenden Stoffe wie Essigsäure und Formaldehyd erfolgt; das *Einsäuern* u. a. Da bei diesen Methoden häufig der Frischcharakter verlorengeht und die Haltbarmachung oft nur befristet und unbefriedigend ist, arbeitet man häufig mit chemischen **Konservierungsmitteln.** Sie wirken bereits in geringer Konzentration keimtötend oder -hemmend. Ihre Verwendung unterliegt in den einzelnen Ländern unterschiedlichen lebensmittelgesetzlichen Bestimmungen. Am gebräuchlichsten sind Ameisensäure, Benzoesäure, p-Chlorbenzoesäure, Sorbinsäure, p-Hydroxybenzoesäure und ihre Ester, Formaldehyd, Wasserstoffperoxid, Hexamethylentetramin und schweflige Säure.

Lit. Hirsch: Chemische K. von Lebensmitteln (2. Aufl. Dresden u. Leipzig 1956).

Konstantan, eine Kupfer-Nickel-Legierung mit etwa 60% Kupfer, 40% Nickel sowie geringsten Mengen Eisen und Mangan, deren elektrischer Widerstand weitgehend temperaturunabhängig ist. K. wird für Präzisionswiderstände und Thermoelemente verwendet.

Konstante, 1) allgemein: unveränderliche Größe, Festwert.

2) Mathematik: jede in einem Rechenausdruck vorkommende unveränderliche Größe bzw. eine bestimmte, feste Zahl, z. B. die Ludolfsche Zahl $\pi = 3{,}14159\ldots$ Gegensatz: Veränderliche (Variable).

3) Physik: eine unveränderliche physikalische Größe oder ein fester Zahlenwert in physikalischen Formeln. (Tab. S. 530)

4) Werkstoffkunde: → Materialkonstanten.

Konstellation, in der Astronomie die Stellung von Himmelskörpern zueinander, vor allem von Planeten zueinander und zur Sonne.

Konstellationsisomerie, → Stereochemie.

Kontakt, 1) Elektrotechnik: die Berührung stromführender Teile. Dadurch wird eine leitende Verbindung hergestellt, z. B. in Schaltern und Steckern, in denen durch Kontaktfedern aus Metallstreifen eine Berührung der zu verbindenden Teile herbeigeführt wird. Auch die zur Berührung bestimmten (Metall- oder Kohle-) Teile selbst (Steckerstifte, Drahtenden u. a.) werden K.e genannt. Bisweilen kurzzeitig unterbrochene K.e (Wackelkontakte) und unsaubere Kontaktstellen geben schlechten K., weshalb die Kontaktstellen ab und zu geprüft und gereinigt werden müssen. In bezug auf die Form unterscheidet

absoluter Nullpunkt	$T_0 = -273{,}15$ °C
Bohrsches Magneton	$\mu_B = 1{,}165 \cdot 10^{-29}$ Wbm
Boltzmannsche Konstante	$k = 1{,}3804 \cdot 10^{-16}$ erg grd^{-1}
	$= 1{,}3804 \cdot 10^{-23}$ W · s · grd^{-1}
Compton-Wellenlänge des Elektrons	$\lambda_{el} = 2{,}426 \cdot 10^{-10}$ cm
	$= 2{,}426 \cdot 10^{-12}$ m
elektrisches Elementarquantum (Elementarladung)	$e_0 = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C $= 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ A · s
	$= 4{,}803 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten
Faradaysche Konstante (elektrochemisches Äquivalent)	$F = 96493$ C $= 96493$ As
Gaskonstante	$R = 8{,}314$ · W · s · grd^{-1} · mol^{-1}
	$= 1{,}9865$ cal · grd^{-1} · mol^{-1}
	$= 8{,}314$ Joule · grd^{-1} · mol^{-1}
	$= 0{,}8478$ kp · m grd^{-1} mol^{-1}
Kadmiumwellenlänge (in Normalluft)	$\lambda_{Cd} = 6438{,}4696 \cdot 10^{-8}$ cm
	$= 6438{,}4696 \cdot 10^{-10}$ m
Influenzkonstante	$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ As · V^{-1} m^{-1}
Induktionskonstante	$\mu_0 = 1{,}256 \cdot 10^{-6}$ Vs · A^{-1} m^{-1}
Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 2{,}9979 \cdot 10^{10}$ cm · s^{-1}
	$= 2{,}9979 \cdot 10^{8}$ m s^{-1}
Loschmidtsche Zahl	$N_L = 6{,}023 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}
Molvolumen idealer Gase unter Normalbedingungen	$N_0 = 22{,}414$ l mol^{-1}
Plancksches Wirkungsquantum	$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ J s
	$= 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Ws^2
Ruhmasse des Elektrons	$m_e = 9{,}108 \cdot 10^{-28}$ g
	$= 9{,}108 \cdot 10^{-31}$ kg
Ruhmasse des Protons	$m_p = 1{,}672 \cdot 10^{-24}$ g
	$= 1{,}672 \cdot 10^{-27}$ kg
Ruhmasse des Neutrons	$m_n = 1{,}675 \cdot 10^{-24}$ g
	$= 1{,}675 \cdot 10^{-27}$ kg
spezifische Elektronenladung	$e/m_e = 1{,}759 \cdot 10^{8}$ C g^{-1} $= 1{,}759 \cdot 10^{11}$ As kg^{-1}
spezifische Protonenladung	$e/m_p = 9{,}5797 \cdot 10^{4}$ C g^{-1} $= 9{,}5797 \cdot 10^{7}$ As kg^{-1}
Gravitationskonstante	$\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2}
Rydbergkonstante	$R_\infty = 109737{,}3$ cm^{-1}
	$= 10973730$ m^{-1}
Stefan-Boltzmannsche Konstante	$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ Ws m^{-2} s^{-1} grd^{-4}
Wiensche Verschiebungskonstante	$\lambda_{max} \cdot T = 2{,}9 \cdot 10^{-3}$ m grd
Kleinster Bohrscher Bahnradius im Wasserstoffatom	$r_1 = 0{,}529 \cdot 10^{-10}$ m

Kontaktgifte

man Steck-, Schleif-, Roll-, Druck-, Flüssigkeitskontakte u. a. Unerwünscht ist K. zwischen stromführenden (Metall- oder Kohle-) Teilen und solchen, die nicht vom Strom durchflossen werden sollen, z. B. zwischen Zuleitung und Gehäuse bei elektrischen Geräten.

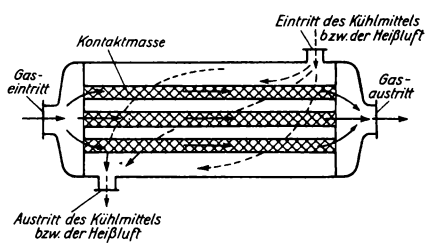
2) Chemie: svw. Feststoff-Katalysator, → Katalyse.

Kontaktgifte, 1) **Berührungsgifte,** chemische Substanzen, die zur Bekämpfung von Schädlingen, insbesondere von Insekten (*Kontaktinsektizide*), versprüht oder verstäubt werden und die Schädlinge bereits bei Kontakt (Berührung) töten. Zu den K.n gehören z. B. DDT, Hexachlorzyklohexan.

2) svw. Katalysatorgifte, → Katalyse.

Kontakthof, der Wirkungsbereich der Kontaktmetamorphose im Umkreis magmatischer Körper, → Metamorphose.

Kontaktofen, ein mit Kontaktmasse gefüllter Reaktionsofen zur Durchführung von Gasreaktionen. Der K. ist oft röhrenförmig. Die



Röhrenofen. ⟶ Weg des Gases durch die Rohre, - - → Weg des Kühlmittels bzw. der Heißluft um die Rohre

Kontaktmasse besteht aus einem Kontaktträger (Tabletten in Würfel-, Walzen- oder Kugelform mit großer spezifischer Oberfläche) und dem darauf gebundenen flüssigen Kontakt (Katalysator). Ein pulverförmiger Katalysator kann gleich zu Tabletten geformt werden. Metalle, z. B. Platin und seine Legierungen, werden in Form von Drahtnetzen als Katalysator verwendet. Die Zufuhr (bei endothermer Reaktion) bzw. Abführung (bei exothermer Reaktion) der Wärmemenge kann auf verschiedene Weise geschehen: 1) der Ofen wird von außen geheizt oder gekühlt; 2) es werden kalte oder heiße reaktionsträge Gase in den Ofen geblasen; 3) man baut mehrere Rohre kleinen Durchmessers, die gut gekühlt oder beheizt werden können, in den Ofen ein **(Röhrenofen)** und läßt in diesen die Reaktion verlaufen; die Kontaktmasse befindet sich hierbei in den Rohren.

Kontaktschalen, Haftschalen, kleine durchgebogene Linsen, die unmittelbar auf der Hornhaut des Auges getragen werden. Sie haften durch Adhäsionskraft auf dem Auge. K. dienen hauptsächlich der Korrektion von Fehlsichtigkeiten, besonders von solchen, deren Korrektion durch Brillen nicht möglich ist. Außerdem werden sie zur Behandlung bestimmter pathologischer Veränderungen und angeborener anatomischer Anomalien der Hornhaut und Regenbogenhaut des Auges angewandt. K. bestehen heute meist aus Polymerisationsprodukten.

Kontaktspannung, svw. → Berührungsspannung.

Kontaktverfahren, 1) Photographie: das Herstellen von Positivbildern (Kontaktabzüge) in Originalgröße des Negativs, → Kopieren.

2) Chemie: ein Verfahren zur Herstellung von → Schwefelsäure.

Kontinentalsockel, svw. → Schelf.

Kontinente, 1) im weiteren Sinne die großen zusammenhängenden Festlandmassen im Gegensatz zum Meer und zu Inseln. Im Aufbau der K. unterscheidet man die **Gipfelung** oder **Kulminationszone** (Höhen über +1000 m), die **Kontinentaltafel** (−200 m bis +1000 m), den **Kontinentalsockel** oder → Schelf, d. i. der unter den Meeresspiegel getauchte Rand der K. (0 bis −200 m), den **Kontinentalhang** oder die **Kontinentalböschung** als Übergang zu den

Tiefseeböden oder der **Tiefseetafel** (→ Meer) und das **Tiefseegesenke** mit den **Tiefseegräben** (unter −5700 m). Über die graphische Darstellung der verschiedenen Höhen- und Tiefenstufen → hypsometrische Kurve.

2) im engeren Sinne die sieben Erdteile: Europa, Asien, Afrika, Nordamerika, Südamerika, Australien (mit Ozeanien) und Antarktika.

Kontinuitätsgleichung, besagt, daß Flüssigkeiten und Gase verschiedene Querschnitte einer Leitung so durchströmen, daß immer die gleiche Menge in der Zeiteinheit hindurchfließt: $A \cdot v \cdot \varrho$ = konstant. Je größer der Querschnitt A ist, um so kleiner ist die Geschwindigkeit v. Da Flüssigkeiten praktisch inkompressibel sind, kann bei ihnen die Dichte ϱ konstant gesetzt werden. Entsprechende Beziehungen gelten auch für andere Vorgänge in der Physik.

Kontinuum, das lückenlos Zusammenhängende; in der Mathematik ursprünglich die Menge aller Punkte einer Geraden, weil diese kontinuierlich (stetig) aufeinanderfolgen. Da jedem Punkt einer Geraden eine reelle Zahl zugeordnet werden kann (und umgekehrt jeder reellen Zahl ein Punkt einer Geraden), bezeichnet man die Gesamtheit aller reellen Zahlen auch als **K. der reellen Zahlen.** Allgemein versteht man unter einem K. in einem euklidischen Raum eine zusammenhängende abgeschlossene und beschränkte → Punktmenge. In diesem Sinne ist die Zahlengerade (d. h. die Menge aller reellen Zahlen) kein K. Aber jedes abgeschlossene → Intervall $a \leqq x \leqq b$ auf ihr ist z. B. ein K.

Kontraktion, Zusammenziehung; in der Werkstoffprüfung die Einschnürung beim → Zugversuch.

Kontraststeuerung, Verfahren zum Ausgleichen zu großer Schwärzungsunterschiede im Negativ-Positiv-Prozeß. Beim *LogEtronic-Verfahren* wird eine Elektronenstrahlröhre als Kopierlicht verwendet, dessen transparenter Anteil über einen Multiplier den Elektronenstrahl je nach der Deckung des Negativs heller oder dunkler steuert. Bei neueren photochemischen Ve.fahren werden die hohen Schwärzen im Negativ blau, die niederen gelb getont oder entwickelt, so daß eine K. der Kopie durch gegensätzliche Filterwirkung eintritt. Bei der *Holokopie* werden durch Bleichen des Negativs die hohen Schwärzen durchsichtig und extrem feinkörnig. Man erreicht dadurch eine Kopie mit flacher geradliniger Gradationskurve.

Kontroller, eine Schaltwalze zum Anlassen (→ Anlasser), zur Drehrichtungsumkehr und zur Drehzahlstellung der Antriebsmotoren von elektrischen Fahrzeugen, Schiffswinden u. a.

Kontrollkasse, die → Registrierkasse.

Konturenschärfe, ein sensitometrischer Begriff bei der Prüfung und Bewertung lichtempfindlicher Photoschichten. Im Gegensatz zur subjektiv beeinflußbaren Auswertung des → Auflösungsvermögens ist die K. objektiv meßbar. Sie erweitert die Angaben zur Kennzeichnung und Unterscheidung der photographischen Materialien.

Konus, 1) Kegel. 2) ein kegelig geschliffener Zapfen oder Stift, an Bohr- und Fräswerkzeugen als **Schaft** bezeichnet.

Konvektion, 1) allgemein: die Strömung von Molekülen oder kleinen Teilchen in Flüssigkeiten oder Gasen. Die K. wird durch äußere Kräfte (elektrische Felder, Temperaturunterschiede, Pumpen) hervorgerufen. Zur K. gehört z. B. die → Wärmekonvektion.

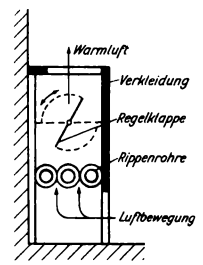
2) Meteorologie: die Vertikalbewegung von Luftquanten, die nach Kondensation des Wasserdampfes als Wolke mit vertikalem Aufbau sichtbar wird. Die K. wird entweder durch großräumige Labilisierung der Atmosphäre verursacht oder entsteht durch aktives Aufsteigen überhitzter Luft infolge starker Sonneneinstrahlung.

3) Elektrizitätslehre: → Konvektionsstrom.

Konvektionsraum, → Troposphäre.

Konvektionsstrom, der Strom, der durch einen Transport elektrischer Ladungen infolge eines gleichzeitigen Massetransportes entsteht (z. B. bei Bewegung von Ionen in Gasen, von geladenen Flüssigkeitstropfen und Staubteilchen). Seine Dichte beträgt $\varrho\, v$ (ϱ = Ladungsdichte, v = Teilchengeschwindigkeit). Im Gegensatz zum K. steht der Leitungsstrom, der durch die Bewegung von Elektronen bewirkt wird. Im engeren Sinne erfolgt beim K. die Bewegung durch nichtelektrische äußere Kräfte; im weiteren Sinne wird er auch im Gegensatz zum → Verschiebungsstrom gebraucht und umfaßt dann alle bewegten Ladungen.

Konvektor, ein Heizkörper aus Rippenrohren in einem schachtähnlichen Blechgehäuse oder hinter einem Wandschirm. Die von unten zuströmende Luft erwärmt sich am Heizkörper und strömt nach oben wieder ab. Durch den Schacht wird die Luftgeschwindigkeit um die Rippenrohre erhöht und deren Wärmeleistung je nach Schachthöhe erheblich vergrößert. Man verwendet K.en besonders für Einrohrdurchflußheizungen. Die **Konvektorenheizungen** (Dampf-, Warmwasser-, Gaskonvektorenheizungen) haben den Vorteil kurzer Anheizzeiten und geringer Anlagekosten; sie sind jedoch nicht so hygienisch wie Strahlungsheizungen, da durch die höheren Luftgeschwindigkeiten Staubteilchen aufgewirbelt werden.



Konvektor für Dampf oder Warmwasser

Konvergenz, 1) Optik: das Zusammenlaufen von parallelen Strahlen nach Durchlaufen einer Sammellinse.

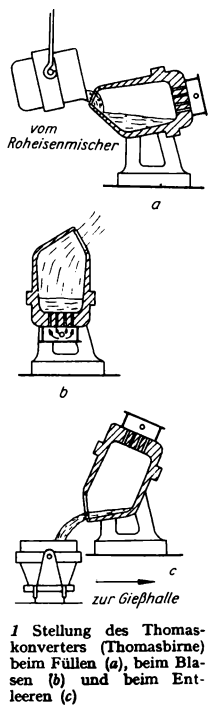
2) Analysis: bei einer unendlichen → Folge oder → Reihe das Vorhandensein eines → Grenzwertes. Gegensatz: → Divergenz. Ein **Konvergenzkriterium** ist eine mathematische Aussage, die es gestattet, über K. oder Divergenz einer Folge bzw. Reihe zu entscheiden.

3) Meteorologie: die K. des Stromfeldes bzw. der Strömung. Diese **Stromfeldkonvergenz** setzt sich zusammen aus **Richtungskonvergenz** (teilweise unrichtig als → Konfluenz bezeichnet) und **Geschwindigkeitskonvergenz.** Beispielsweise besteht in einem Strömungsdelta negative Richtungskonvergenz (= Richtungsdivergenz) und Geschwindigkeitskonvergenz. In der Bodenreibungsschicht eines Tiefdruckgebietes herrscht horizontale Strömungskonvergenz, in der eines Hochdruckgebietes negative Strömungskonvergenz (= Strömungsdivergenz).

Konvertaplan, → Konvertiplan.

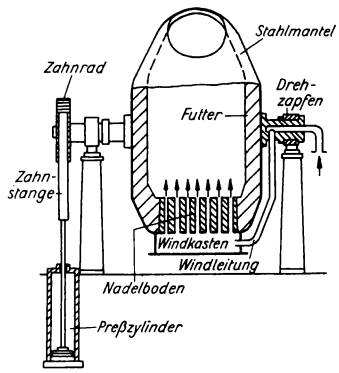
Konverter, 1) ein metallurgischer Schmelzofen zur Veredlung und Raffination von Metallen (Tafel 27). Der K. ist um die waagerechte Achse schwenkbar, birnenförmig, seltener zylindrisch (Trommelkonverter) und mit feuerfesten Steinen (→ Futter) ausgekleidet. Je nach dem angewendeten Schmelzverfahren wird der im K. enthaltenen Schmelze von unten, oben oder seitlich Luft oder Sauerstoff zugeführt. Luft bzw. Sauerstoff (Wind) mischen sich mit der Schmelze und oxydieren die Verunreinigungen (z. B. Eisenbegleiter, → Frischen). Die frei werdende Wärme genügt, um das Bad ohne Fremdbeheizung flüssig zu erhalten bzw. seine Temperatur zu erhöhen.

Man unterscheidet verschiedene Arten von K.n. 1) Der **Thomaskonverter (Thomasbirne,** für das Thomas-Verfahren, → Stahlerzeugung) hat basisches Futter, er wird von unten geblasen (bodenblasender K.). 2) Der **Bessemerkonverter (Bessemerbirne,** für das Bessemer-Verfahren, → Stahlerzeugung) hat saures Futter, er wird von unten geblasen. 3) Beim **Sauerstoff-Aufblas-**



1 Stellung des Thomaskonverters (Thomasbirne) beim Füllen (*a*), beim Blasen (*b*) und beim Entleeren (*c*)

konverter mit basischem oder saurem Futter wird reiner Sauerstoff (99,5 %) durch die Blasöffnung mit einer über dem Badspiegel stehenden Lanze zugeführt (→ Stahlerzeugung). 4) Der **Trommelkonverter** mit basischem oder saurem Futter hat zylindrische Form mit seitlicher Luftzuführung. K. nach 1), 2) und 3) werden fast ausschließlich bei der Stahlherstellung eingesetzt, K. nach 4) fast nur in der Nichteisenmetallindustrie. K. haben ein Fassungsvermögen bis zu 180 t Roheisen. **Kleinkonverter** arbeiten ausschließlich nach dem Bessemer-Verfahren und haben seitliche Luftzufuhr.



2 Stahlwerkskonverter

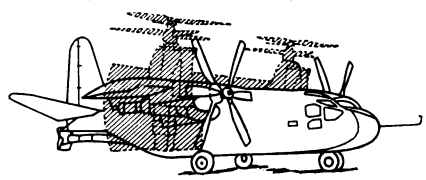
2) ein Spaltstofferzeuger, → Kernreaktor.

3) ein Wandler für die Umformung einer Qualität in eine andere, z. B. einer Energieart (Wärmeenergie) in eine andere (elektrische Energie) oder einer Strahlungsart (Gammastrahlung) in eine andere (Elektronenstrahlung).

Konvertierung, 1) **CO-Konvertierung,** die Umwandlung von Kohlenmonoxid CO mit Wasserdampf in Wasserstoff H_2 und Kohlendioxid CO_2. Die K. wird angewendet bei der Herstellung von Synthesegas für die Ammoniak-, Methanol- und Benzinsynthese, zur Gewinnung von Wasserstoff für Hydrierzwecke, ferner für die Entgiftung von Stadtgas.

2) → Digitalrechenautomat, Abschn. 3.

Konvertiplan, Convertiplan, Konvertaplan, Convertaplan, Umwandlungsflugzeug (Tafel 10), ein Luftfahrzeug, dessen Tragwerk und/oder Triebwerk für Kurzstart oder Senkrechtstart und -landung verändert werden kann. Einige K.e sind mit Tragflügeln, Propellerantrieb und einem angetriebenen Rotor oder Drehflügel (→ Rotorflugzeuge) versehen, der nach dem Senkrechtstart zum Vermindern des Luftwiderstandes eingezogen wird. Andere, als **Kippflügler** bezeichnete K.e haben um die Querachse des Flugzeuges schwenkbare



Konvertiplan. Die Tragflügel mit zwei Doppel-Propellerturbinen können geschwenkt werden

Tragflügel (*Schwenkflügel*) mit darauf angebrachten Propellerturbinen. Die Propeller haben bis zu 6 Blätter. Für den Start werden die Tragflügel senkrecht gestellt, so daß die Propeller als Hubschrauben wirken. Nach Erreichen einer bestimmten Höhe werden die Tragflügel allmählich in die Waagerechte gebracht, so daß die Propeller den Vortrieb und die Tragflügel den Auftrieb übernehmen; es erfolgt also eine Umwandlung vom strahl- zum flächengetragenen Luftfahrzeug. Bei anderen Ausführungen werden entsprechend nur die Triebwerke (meist Luftstrahltriebwerke) zum Start senkrecht gestellt nnd dann umgeschwenkt.

konvex, erhaben, nach außen gewölbt; z. B. Konvexspiegel, Konvexlinse; → Linse. Gegensatz: → konkav.

Konzentration, in der Chemie der Mengenanteil einer Komponente in einem festen Stoff, der Gehalt einer Lösung an gelöstem Stoff oder der Anteil eines Gases an einem Gasgemisch. Aus historischen und sachlichen Gründen werden verschiedene **Konzentrationsmaße** nebeneinander verwendet. Am häufigsten finden sich folgende:

A) für feste Stoffe: 1) **Masseprozent** (Masse-%) gibt die Anzahl Gramm des Stoffes a_1 in 100 g der Gesamtmasse a_{ges} an:

$$\text{Masse \%} = \frac{a_1}{a_{ges}} \cdot 100.$$

(An Stelle von Masseprozent findet man häufig noch die unrichtige Bezeichnung Gewichtsprozent, abg. Gew. %).

2) **Molprozent** (Mol %) gibt die Anzahl Mole des Stoffes m_1 in 100 Molen einer Mischung m_{Misch} an: $\text{Mol \%} = \frac{m_1}{m_{Misch}} \cdot 100.$

B) für Lösungen: 1) **Masseprozent:**

a) *Masse* % gibt die Anzahl Gramm des gelösten Stoffes a_1 in 100 g der betrachteten Lösung a_L an: $\text{Masse \%} = \frac{a_1}{a_L} \cdot 100$, z. B. enthält eine 10 %ige Natronlauge in 100 g Lösung 10 g Natriumhydroxid;

b) *g/100 g Lm* (Lösungsmittel) gibt die Anzahl Gramm des gelösten Stoffes a_1 in 100 g des Lösungsmittels a_{Lm} an: $\text{g/100 g Lm} = \frac{a_1}{a_{Lm}} \cdot 100$, z. B., wenn 10 g Natriumhydroxid in 100 g Wasser gelöst sind;

c) *g-atom/100 g Lösung, Mol/100 g Lösung* und *Val/100 g Lösung* geben die Anzahl Grammatom, Grammol und Grammäquivalent je 100 g Lösung an;

d) *g-atom/100 g Lm, Mol/100 g Lm* und *Val/100 g Lm* geben die Anzahl Grammatom, Grammmol und Grammäquivalent je 100 g Lösungsmittel Lm an.

2) **Volumenprozent** (Vol. %) gibt den Volumenteil des reinen Stoffes V_1 in 100 Volumenteilen der Lösung oder Mischung V_L an:

$$\text{Vol. \%} = \frac{V_1}{V_L} \cdot 100.$$

3) **Liter-Molarität** (oft nur **Molarität**) gibt die Anzahl Grammol des gelösten Stoffes je Liter Lösung an:

$c = \frac{n}{V} = \frac{a_1}{a_L} \cdot \frac{d}{M_1} \cdot 1000$, wobei c = Konzentration in Mol/l, n = Molzahl, V = Volumen in ml, a_1 = g gelöster Stoff, a_L = g Lösung, d = Dichte der Lösung M_1 = Mol. Gew. des gelösten Stoffes. In einer 1 molaren (1 m-) Natronlauge sind z. B. 40 g Natriumhydroxid in 1 l der Lösung enthalten.

4) **Kilogramm-Molarität** (auch **Molalität**) gibt die Anzahl Grammol des gelösten Stoffes je kg Lösungsmittel an:

$c' = \frac{a_1}{a_{Lm}} \cdot \frac{1000}{M_1}$, wobei c' = Konzentration in Mol/kg Lm, a_1 = g gelöster Stoff, a_{Lm} = g Lösungsmittel, M_1 = Mol. Gew. des gelösten Stoffes. In einer 1 molalen Natronlauge sind z. B. 40 g Natriumhydroxid in 1 kg reinem Wasser gelöst.

Bei sehr verdünnten Lösungen, Wasser als Lösungsmittel und Zimmertemperatur kann man c und c' nahezu gleichsetzen.

5) Das **Molverhältnis** gibt die Anzahl Mole des gelösten Stoffes auf 100 oder 1000 Mol Lösungsmittel an (Mol-Zahl = Gesamtzahl der Mole · 100).

6) **Normalität** (Grammäquivalent/l) gibt die Anzahl der Grammäquivalente an gelöstem Stoff je Liter Lösung an:

$N = \frac{M}{Z} \cdot \frac{1}{V}$, wobei N = Konzentration in Val/l, V = Volumen der Lösung in l, M = Mol. Gew. und Z = wirksame Wertigkeit des gelösten Stoffes; → Normallösung.

C) für Gase: 1) **Masseprozent** gibt die Masse eines Gases in 100 g der Gasmischung an;

2) **Volumenprozent** gibt den Volumenanteil in cm^3 eines Gases in 100 cm^3 der Gasmischung an;

3) **Molprozent** gibt die Anzahl Mol eines Gases in 100 Molen aller Gaskomponenten an.

4) **Partialdruck** ist der Druck, den jedes einzelne Gas einer Gasmischung ausübt:

$p = p_1 + p_2 = px_1 + px_2$,

wobei p = Gesamtdruck, p_1, p_2 = Partialdrücke, x_1, x_2 = Molenbrüche.

Ein weiteres Konzentrationsmaß für Lösungen, feste und gasförmige Stoffe ist der **Molenbruch** x_i des Stoffes i in einer Mischung. Er ist bestimmt durch den Quotienten Molzahl des Stoffes i in der Mischung/Gesamtmolzahl aller Stoffe in der Mischung, es gilt: $x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + \cdots}$, wobei n_i = Molzahl des Stoffes i in der Mischung, n_1, n_2, ... = Molzahlen aller Mischungskomponenten.

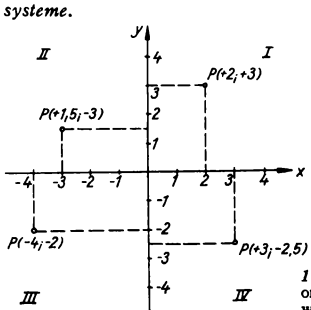
Man kann die verschiedenen Konzentrationsangaben ineinander umrechnen, speziell die Angaben von Volumenanteilen in Masseanteile, wenn die Dichten der betreffenden Stoffe bekannt sind.

Konzentrieren, → Eindampfen.

konzentrisch, Bezeichnung für Kreise oder Kugeln mit gemeinsamem Mittelpunkt, aber verschiedenen Radien. Gegensatz: exzentrisch.

Koog, → Deich.

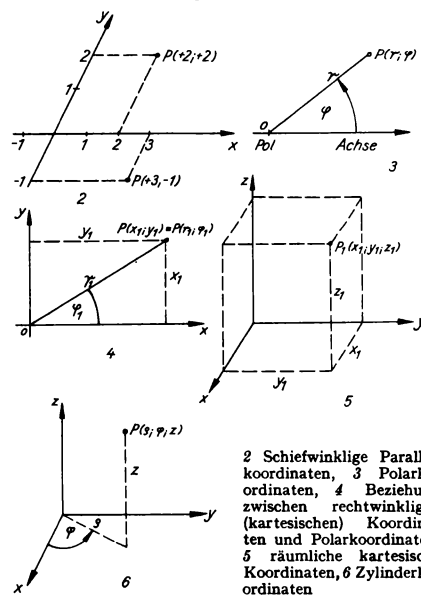
Koordinaten, 1) Mathematik: Zahlen (z. B. Strecken, Winkel, Bogenlängen), durch die die Lage eines Punktes in der Ebene oder im Raum bestimmt wird. Je nach Art der verwendeten K. unterscheidet man verschiedene *Koordinatensysteme.*



1 Kartesische Koordinaten (rechtwinklige Parallelkoordinaten)

Die Lage eines Punktes in der Ebene kann durch folgende K. bestimmt werden: 1) Ebene **rechtwinklige Parallelkoordinaten** oder **kartesische K.** (Abb. 1). Die Lage eines Punktes wird in bezug auf zwei sich rechtwinklig schneidende Geraden (*Koordinatenachsen*) festgelegt. Die waagerecht liegende Achse bezeichnet man im allgemeinen als *x-Achse* oder *Abszissenachse,* die senkrecht liegende als *y-Achse* oder *Ordinatenachse.* Der Schnittpunkt der Achsen 0 ist der *Koordinatenanfang, Nullpunkt* oder *Ursprung* des Koordinatensystems; er teilt jede der beiden Achsen in eine positive und eine negative Halbachse und dient als Ausgangspunkt für die Einteilung der Achsen in gleichgroße Einheiten. Das Achsenkreuz zerlegt die Ebene in vier Felder (*Quadranten*), die man im mathematisch positiven Drehsinn mit I, II, III, IV bezeichnet. Ein Punkt P der Ebene wird durch seine Abstände von den beiden Achsen festgelegt, wobei sein Abstand von der y-Achse den x-Wert (*Abszisse*) und sein Abstand von der x-Achse den y-Wert (*Ordinate*) angibt; Schreibweise: $P(x; y)$. Jedem Punkt der Ebene ist dann genau ein Zahlenpaar zugeordnet und umgekehrt.

2) Ebene **schiefwinklige Parallelkoordinaten** (Abb. 2). Die Koordinatenachsen stehen im Gegensatz zu den kartesischen K. nicht senkrecht aufeinander; die Längeneinheiten können auf beiden Achsen verschieden gewählt werden.



2 Schiefwinklige Parallelkoordinaten, *3* Polarkoordinaten, *4* Beziehung zwischen rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten und Polarkoordinaten, *5* räumliche kartesische Koordinaten, *6* Zylinderkoordinaten

3) **Polarkoordinaten** (Abb. 3). Die Lage eines Punktes P wird durch seinen Abstand r (*Radiusvektor* oder *Leitstrahl*) von einem festen Punkt O (*Pol*) und durch den Winkel φ (*Polarwinkel, Polwinkel, Anomalie, Azimut* oder *Winkelabszisse*) festgelegt, den die Strecke $\overline{OP}$ mit einer festen Geraden durch O (*Pol-* oder *Polarachse*) bildet; φ ist positiv, wenn er im mathematisch positiven Drehsinn gemessen wird. Wählt man als Pol den Nullpunkt und als Polachse die x-Achse eines rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystems, so bestehen zwischen den Polarkoordinaten r und φ eines Punktes P und seinen rechtwinkligen (kartesischen) K. die Beziehungen $x = r \cdot \cos\varphi$, $y = r \cdot \sin\varphi$ und umgekehrt $\varphi = \arctan\frac{y}{x}$, $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ (Abb. 4).

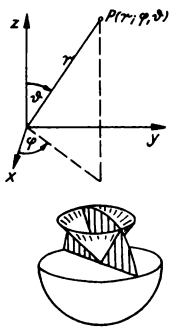
Die Lage eines Punktes im Raum kann durch folgende K. bestimmt werden: 1) **Räumliche (rechtwinklige) kartesische K.** (Abb. 5). Man verwendet drei sich in einem Punkte (Nullpunkt) schneidende aufeinander senkrecht stehende Geraden als Koordinatenachsen (x-, y- und z-Achse). Je zwei von ihnen bestimmen jeweils eine *Koordinatenebene* (xy-, xz- und yz-Ebene). Diese drei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen teilen den Raum in acht Teile, die *Oktanten.* Die K. eines Punktes P bezüglich dieses Systems sind die

Koordinatenmeßapparat

Längen der Lote von diesem Punkt auf die Koordinatenebenen, d. h. die Abstände des Punktes von den drei Ebenen. Die Schreibweise $P(x; y; z)$ bedeutet dann: x ist der Abstand des Punktes von der yz-Ebene, y sein Abstand von der xz-Ebene und schließlich z der Abstand von der xy-Ebene. Ist eine Koordinate eines Punktes P gleich Null, so liegt er in einer der Koordinatenebenen; sind zwei seiner K. Null, so bedeutet das, daß der Punkt auf einer der Koordinatenachsen liegt; sind alle drei K. gleich Null, dann handelt es sich um den Nullpunkt des Koordinatensystems. Der Punkt $P(0; 2; 0)$ z. B. liegt auf der y-Achse im Abstand 2 vom Nullpunkt. Die Lage eines Punktes $P(x; y; z)$ bezüglich eines räumlichen kartesischen Koordinatensystems kann man auch deuten als Schnittpunkt dreier zu den Koordinatenebenen parallelen Ebenen.

2) **Zylinderkoordinaten** (Abb. 6). In der xy-Ebene werden Polarkoordinaten ϱ und φ eingeführt und z als dritte Koordinate beibehalten. Die Koordinatenflächen sind hier eine Zylinderfläche und zwei Ebenen. Jeder Punkt P des Raumes ist durch drei Zahlen bestimmt: $P(\varrho; \varphi; z)$; ϱ und φ sind die Polarkoordinaten der Projektion des Punktes auf die xy-Ebene, z ist der Abstand des Punktes von der xy-Ebene.

3) **Kugelkoordinaten** (**räumliche Polarkoordinaten**, Abb. 7). Die Lage eines Raumpunktes P (mit den rechtwinkligen [kartesischen] K. x, y, z) wird dabei festgelegt durch die K. r, φ, ϑ, und zwar durch a) seinen Abstand r vom Nullpunkt O, b) den Winkel φ, den die Projektion der Strecke $\overline{OP}$ auf die xy-Ebene mit der x-Achse bildet ($0 \leqq \varphi < 2\pi$), c) den Winkel ϑ zwischen $\overline{OP}$ und der positiven z-Achse ($0 \leqq \vartheta < \pi$). Bei Verwendung von Kugelkoordinaten wird die Lage eines Punktes $P(r; \varphi; \vartheta)$ bestimmt durch den Schnitt einer Kugelfläche, einer Halbebene und eines geraden Kreiskegels. Zwischen den räumlichen kartesischen K. x, y, z und den Kugelkoordinaten r, φ, ϑ des Punktes P bestehen folgende Beziehungen (Abb. 8).

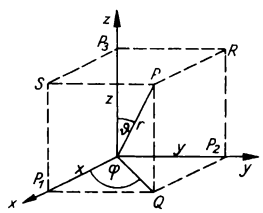


7 Kugelkoordinaten (räumliche Polarkoordinaten)

$$x = r \cdot \cos\varphi \sin\vartheta \qquad r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$y = r \cdot \sin\varphi \sin\vartheta \qquad \varphi = \arctan\frac{y}{x}$$

$$z = r \cdot \cos\vartheta \qquad \vartheta = \arccos\frac{z}{r}.$$



8 Beziehung zwischen räumlichen kartesischen Koordinaten und Kugelkoordinaten

Unter **Koordinatentransformation** versteht man den Übergang von einem Koordinatensystem in ein anderes. Die Beziehungen zwischen den K. eines bestimmten Punktes in einem System zu den K. desselben Punktes im anderen System drückt man in Form einer *Transformationsgleichung* aus. → Transformation.

2) Geographie: → Gradnetz.

3) Astronomie: → astronomische Koordinatensysteme.

Koordinatenmeßapparat, ein → astronomisches Instrument.

Koordinationslehre, Komplexchemie, Lehre von der Zusammensetzung, dem Aufbau und den Reaktionen von Verbindungen höherer Ordnung (*Koordinationsverbindungen*). Zu diesen Verbindungen gehören vor allem die Komplexverbindungen, außerdem Doppelsalze, Hydrate, Ammoniakate, organische Molekülverbindungen u. a. Sie entstehen durch stöchiometrische Vereinigung von Verbindungen 1. Ordnung, d. h. von einfachen binären Verbindungen, z. B. Methan, Ammoniak, Wasser, Fluorwasserstoff u. a., und den sich von diesen durch Substitution ableitenden Verbindungen. Die Komplexverbindung Kaliumhexazyanoferrat(II) $K_4[Fe(CN)_6]$ z. B. bildet sich aus Eisen(II)-zyanid $Fe(CN)_2$ und 4 Molekülen Kaliumzyanid KCN, das Doppelsalz Karnallit $KCL \cdot MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$ aus Kaliumchlorid KCl, Magnesiumchlorid $MgCl_2$ und Wasser H_2O. Ein deutlicher Unterschied zwischen diesen beiden koordinativen Verbindungen zeigt sich bei der elektrolytischen Dissoziation. Während das Doppelsalz in wäßriger Lösung in sämtliche möglichen Ionen dissoziiert (K^+, Mg^{++} und Cl^-), bildet das Komplexsalz nur K^+- und $[Fe(CN)_6]^{4-}$-Ionen und nicht oder nur in geringem Maße Fe^{2+}- und CN^--Ionen. Das unterschiedliche Verhalten ist auf die bei Doppelsalzen nur im Kristall wirksamen Bindungskräfte zurückzuführen. Ein strenger Unterschied zu komplexen Verbindungen ist jedoch nicht immer zu ziehen.

Im allgemeinen teilt man die Komplexverbindungen ein in Verbindungen mit komplexem Kation und solche mit komplexem Anion, ferner in Verbindungen mit gleichzeitig komplexem Anion und Kation und elektrochemisch neutrale Komplexverbindungen. Innerhalb des eigentlichen Komplexes, der symbolisch in eckige Klammern gesetzt wird, sind um ein Zentralatom oder -ion (bei den seltenen mehrkernigen Komplexen mehrere Zentralatome oder -ionen) neutrale Moleküle und/oder Ionen gruppiert. Letztere werden als *Liganden* bezeichnet. Als Zentralionen sind Ionen solcher Elemente geeignet, die einen kleinen Ionenradius haben, wie die meisten Nebengruppenelemente. Besonders gute Komplexkationen sind z. B. Cu^{2+}, Co^{3+}, Ni^{3+}, Fe^{3+}. Als Liganden treten vor allem die in der folgenden Übersicht aufgeführten Ionen bzw. Verbindungen auf.

Liganden

Formel	Benennung	Formel	Benennung
NH_3	Ammino-	O^{2-}	Oxo-
OH_2	Aquo-	O_2^{2-}	Peroxo-
F^-	Fluoro-	S^{2-}	Thio-
Cl^-	Chloro-	CO_3^{2-}	Karbonato-
OH^-	Hydroxo-	NO_2^-	Nitro-
CN^-	Zyano-		

Die Anzahl der Liganden, die Koordinationszahl, beträgt je nach Art des Zentralatoms vor allem 2, 4 und 6, seltener 8.

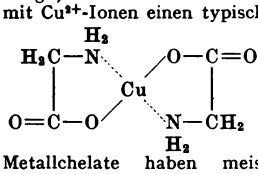
Räumliche Anordnung der Liganden in Komplexverbindungen mit den häufigsten Koordinationszahlen

Koordinationszahl	Raumanordnung	Beispiele
2	linear	$[Ag(CN)_2]^-$
4	tetraedrisch	$[Cu(CN)_4]^{3-}$, $Ni(CO)_4$, NH_4^+
	tetragonal (quadratischplan)	$[Ni(CN)_4]^{2-}$, $[Pt(NH_3)_4]^{2+}$
6	oktaedrisch	$[Co(NH_3)_6]^{3+}$

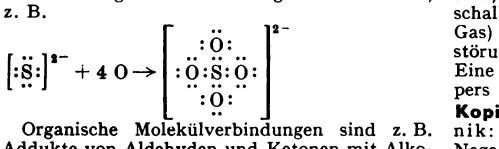
Zentralatom bzw. -ion und Liganden bilden zusammen den **Komplex.** Bei allen Komplexverbindungen liegen Bindungsverhältnisse vor, die nicht mehr mit dem klassischen Wertigkeitsbegriff vereinbar sind. Charakteristisch ist die bei ihnen vorliegende koordinative oder komplexe Bindung. Ihr Wesen besteht darin, daß die freien Elektronenpaare der Liganden dem Zentralatom bzw. -ion anteilig, d. h. in dessen Elektronenhülle eingebaut werden und somit sowohl dem

Ligand als auch dem Zentralion zugehören. (Wichtiger Unterschied zur homöopolaren oder unpolaren Bindung, bei der jeder Bindungspartner zum gemeinsamen bindenden Elektronenpaar je ein Elektron beisteuert.) Bildet sich dabei eine den Liganden und dem Zentralatom bzw. -ion gemeinsam zugeordnete neue, mit 8, 12 oder 16 Elektronen besetzte Hülle aus, so erhält man die sehr stabilen **Durchdringungskomplexe**, z. B. Kaliumhexazyanoferrat(II) $K_4[Fe(CN)_6]$ und Hexamminkobalt (III)-chlorid $[Co(NH_3)_6]Cl_3$. Wesentlich bei der Bildung von Durchdringungskomplexen ist die Tendenz, auf diesem Wege zu der Elektronenschale des nächsthöheren Edelgases zu gelangen. Bei den „normalen Komplexen" (**Anlagerungskomplexe**) besteht eine lockerere Bindung zwischen Zentralatom bzw. -ion und Liganden als bei Durchdringungskomplexen. Die zwischen beiden wirkenden Kräfte sind entweder Ionen-Ionen-Kräfte, wie bei $K_4[CdCl_6]$, oder Ionen-Dipol-Kräfte, wie bei $[Cu(NH_3)_4]Cl_2$. Komplexe, bei denen Ionen-Dipol-Kräfte wirken, sind z. B. Hydrate, Ammoniakate, Alkoholate und Ätherate.

Zu den Metallkomplexen gehören auch die **Metallchelate**. Bei ihnen ist das Zentralatom in zweifacher Weise an einen organischen Komplexbildner gebunden, einerseits durch Ersatz eines Wasserstoffatoms (Hauptvalenz), anderseits koordinativ an eine Dipolgruppe des organischen Restes. Dabei entstehen fünf- oder sechsgliedrige Ringe; z. B. bildet Aminoessigsäure (Glykokoll) mit Cu^{2+}-Ionen einen typischen Chelatkomplex:



Metallchelate haben meist Nichtelektrolytcharakter und sind oft so stabil, daß selbst mit den empfindlichsten Methoden freie Ionen des Zentralatoms nicht mehr nachweisbar sind. Sie spielen deshalb in der analytischen Chemie eine bedeutende Rolle zum Nachweis und zur Bestimmung vieler Elemente. Typische Anionenkomplexe bilden das SO_4^{2-}-, PO_4^{3-}- und ClO_3^--Ion. Hier treten das Sulfid-, Phosphid- und Chloridion als Zentralion auf, an das mehrere Sauerstoffatome als Ligand koordinativ gebunden werden, z. B.



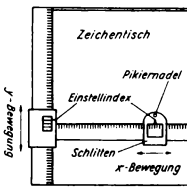
Organische Molekülverbindungen sind z. B. Addukte von Aldehyden und Ketonen mit Alkoholen oder Phenolen, Trinitrobenzol- oder Pikrinsäureaddukte mit zyklischen Kohlenwasserstoffen, Ätheraddukte mit Halogenverbindungen.

Bedeutung der K.: Komplexverbindungen spielen bei vielen Reaktionen und Prozessen in Wissenschaft und Technik eine große Rolle. So sind z. B. viele katalytische Prozesse komplexchemische Vorgänge; weiterhin werden Komplexe verwendet in der Farbstoffchemie, bei der Wasserenthärtung, bei der Auflösung von Zellulose in Schweitzers Reagens, in der Galvanotechnik, zur Metallaufbereitung, beim Gerben. Besondere Bedeutung haben die Komplexe bei der chemischen Analyse als Nachweis- und Bestimmungsreagenzien.

Lit. Grinberg: Einführung in die Chemie der Komplexverbindungen (dtsch Berlin 1955); Hein: Chemische K. (2. Aufl. Leipzig 1964); Jazimirski: Thermochemie von Komplexverbindungen (dtsch Berlin 1956); Martell und Calvin: Die Chemie der Metallchelatverbindungen (Weinheim/Bergstraße 1958); L. Pauling: Die Natur der chemischen Bindung (Weinheim/Bergstraße 1962).

koordinative Bindung, → Bindung 1), → Koordinationslehre.

Koordinatograph, in Geodäsie und Photogrammetrie ein Gerät zur Kartierung von Geländepunkten, deren Koordinaten auf Grund einer Vermessung, einer Berechnung oder Bildauswertung bekannt sind. Bei rechtwinkligen (kartesischen) Koordinaten verwendet man K.en, bestehend aus zwei Metallschienen, die so zueinander angeordnet sind, daß sich die eine rechtwinklig zur anderen bewegen läßt. Auf der beweglichen Schiene kann ein Schlitten mit einer Pikiervorrichtung verschoben werden, wobei man nach Einstellung des x- und y-Wertes des aufzutragenden Punktes diesen Punkt markieren kann. Schiene und Schlitten werden meist mittels Handkurbeln bewegt. Bei modernen K.en erfolgen Bewegung und Steuerung elektronisch. Bei Vorliegen von Polarkoordinaten verwendet man den **Polarkoordinatographen**, bestehend aus einer Einrichtung zum Absetzen des Winkels (oft in Form einer Gradeinteilung) und einem Entfernungslineal mit daran von Hand verschiebbarer Pikiereinrichtung.



Koordinatograph (stark schematisiert)

Kopale, → Harze.

Köper, Bezeichnung für alle köperbindigen Gewebe mit Diagonalstreifung (Köpergrat). **Köperbindung,** → Bindung.

kopernikanisches System, → heliozentrisches System.

Köpflader (Tafel 36), eine an einen Traktor angehängte oder aufgesattelte, meist mehrreihig arbeitende Zuckerrübenerntemaschine. Der K. köpft die noch im Boden stehenden Zuckerrüben und fördert die Köpfe mit Blatt auf einen nebenherfahrenden Wagen. Der Antrieb erfolgt von der Zapfwelle des Traktors. Beim dreireihigen K. werden die Rüben von *Köpfmessern* geköpft, die von angetriebenen *Tasträdern* auf die erforderliche Schnitthöhe geführt werden. Die Köpfe gelangen in einen *Schneckenförderer*, der sie einem *Wurfgebläse* zuführt. Darin werden die Köpfe mit Blatt zerschlagen und durch einen *Auswurfbogen* auf den nebenherfahrenden Wagen geblasen. Der Wagen muß mit Aufbauten versehen sein, um die Tragfähigkeit voll ausnutzen zu können.

Köpfroder, → Rübenvollerntemaschine.

Kopfwelle, ein kegelförmiger Verdichtungsstoß, der auftritt, wenn ein Körper sich mit Überschallgeschwindigkeit in Luft (oder einem anderen Gas) bewegt. Die K. wird bei kleinen Druckstörungen zum Machschen Kegel (→ Gasdynamik). Eine K. tritt auch bei der Bewegung eines Körpers auf der Wasseroberfläche auf.

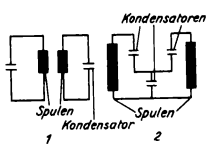
Kopieren, 1) Photographie und Kinotechnik: das Herstellen eines Positivs nach einem Negativ. Man unterscheidet zwischen Kontaktkopieren, Reflexkopieren und optischem K. Beim Kontaktkopieren werden Negativ und Positivmaterial (Photopapier, Positivfilm, Diapositivplatte) Schicht auf Schicht gelegt. Man benutzt zu diesem Verfahren den Kopierapparat, einen lichtdichten Kasten, der getrennt einschaltbare gelbe und weiße Lampen enthält. Die gelben Lampen werden beim Betrachten der Negative und Auflegen des Photopapiers (Kopierpapier) gebraucht, die weißen Lampen zur Belichtung. Nach oben ist der Kasten mit einer Spiegelglasscheibe abgeschlossen, auf die das Negativ gelegt wird. Verschiebbare Maskenbänder aus dünnem Stahlblech, über das Negativ geklappt, begrenzen den Ausschnitt und ergeben einen einwandfreien weißen Rand. Nach Auflegen des Kopierpapiers wird der am Gehäuse des Gerätes angelenkte Deckel heruntergeklappt und fest angedrückt. Im **Kopierrahmen** legt man das Negativ auf eine eingesetzte Glasscheibe, darauf das Papier und obenauf den Kopierrahmendeckel,

der durch zwei Federn gehalten wird. **Kopiermaschinen** werden in der Kinotechnik benötigt, um die in der Kamera aufgenommenen Kinonegative auf maschinellem Wege zu kopieren. Zur Herstellung von Photokopien, wie sie von Schriftstücken u. a. angefertigt werden, dient das **Photokopiergerät**, das im Prinzip dem Kopierapparat entspricht; die Kopierfläche ist dabei jedoch entsprechend den zu photokopierenden Originalen wesentlich größer. Einseitig beschriftete Originale (ohne Wasserzeichen) kann man unmittelbar auf Spezial-Photokopierpapier (Dokumentenpapier) kopieren. Das **Reflexkopieren** wird bei doppelseitig beschrifteten Originalen angewendet. Dabei durchdringt das Licht das Photokopierpapier von der Rückseite, ehe es die Vorlage trifft. Nach der Entwicklung erhält man in beiden Fällen ein Papiernegativ mit weißer Schrift auf schwarzem Grund, von dem beliebig viele Positive angefertigt werden können. Durch **optisches K.** werden Vergrößerungen oder Verkleinerungen hergestellt. Dabei wird das Bild des Negativs in einem Vergrößerungsapparat auf das Positivmaterial projiziert.

2) graphische Technik: das Übertragen von Bildern auf präparierte Metallplatten. Beim K. mit einem halb- oder vollautomatischen Präzisionsbelichtungsgerät **(Kopiermaschine)** wird für eine größere Anzahl Nutzen nur ein Negativ oder Diapositiv benötigt (*Maschinenkopie*). Bei der *Rahmenkopie* dagegen müssen die Kopiervorlagen mehrfach vorhanden sein, wenn Druckformen mit mehreren Nutzen entstehen sollen. Die beschichteten Platten werden mit den Negativen oder Diapositiven Schicht auf Schicht in einen Kopierrahmen gelegt, dessen Rückseite aus einer Gummidecke besteht. Die zwischen ihr und dem Deckglas befindliche Luft wird abgesaugt, worauf der Luftdruck alle aufeinanderliegenden Teile zusammenpreßt. Dann wird mit einer Bogenlampe belichtet. Das K. ermöglicht nur die Wiedergabe der Kopiervorlage in gleicher Größe.

3) Fertigungstechnik: frühere Bezeichnung für → Nachformen.

Kopiermaschine, 1) Filmtechnik: eine Einrichtung im Filmkopierwerk zur photographischen Umzeichnung von Bildnegativen oder -positiven auf Positiv- bzw. Negativfilm. Man unterscheidet **Schrittkopiermaschinen** (Leistung bis 30 Bilder/s) und **Durchlaufkopiermaschinen** (Leistung bis 4000 m/h), mit denen die Kopien entweder im Kontaktverfahren oder mit Hilfe einer zwischen beiden Filmstreifen befindlichen Abbildungsoptik hergestellt werden. Der Ausgleich der unterschiedlichen Dichten und Farbwerte der zusammengesetzten Original-Bild-Negative (Schnitt-Negative) wird durch eine Kopierlichtregelung bewirkt; dabei erfolgt die Änderung von Lichtintensität und -farbe mit Hilfe von Graufiltern und/oder Farbfiltern bzw. Blendenbändern (Bänder mit kreisförmigen Ausstanzungen, bei Farbkopien mit zusätzlichen Farbfiltern). Die Abstufung der Kopierlichtintensität und -farbe wird durch den Lichtbestimmer festgelegt. Moderne **Universalkopiermaschinen** ermöglichen eine vollautomatische Kopierlichtabstufung bei Schwarzweiß- und additiver Farbkopierung, außerdem beliebige Auf-, Ab- und Überblendungen unter Ausschaltung der sonst üblichen, die Qualität verschlechternden Duplikatvorlagen.



Kopplung

2) Photographie und graphische Technik: → Kopieren.

Koppel, das zwischen Antriebs- und Abtriebsglied eines → Kurbelgetriebes (Koppelgetriebes) liegende Glied, das zur Übertragung der Bewegung dient. Die K. hat keine direkte Berührung mit dem Gestell, zum Beispiel die Pleuelstange in der → Schubkurbel. Im engeren Sinne tritt die Koppel nur bei Getrieben der → Viergelenkkette auf. Allgemein ist die K. ein → Übertragungsglied. **Koppelkurven** sind die Bahnlinien, die Punkte der K. (Koppelpunkte) durchlaufen; sie werden verwendet, um vorgeschriebene Bewegungen durch Kurbelgetriebe zu verwirklichen (→ Geradführung). Mit Hilfe eines **Koppelkurvenzeichengerätes** lassen sich die Koppelkurven eines Getriebes aufzeichnen. Der **Koppelkurvenatlas** enthält eine Vielzahl von Koppelkurven, die durch Variation der Gliedlängen eines Getriebes erzielbar sind. Die Vorgabe von **Koppellagen** ist oft Ausgangspunkt für die Maßsynthese. **Koppelschleife** ist die alte Bezeichnung für eine spezielle → Kurbelschleife. Über **Koppelrastgetriebe** → Rastgetriebe.

Koppelfilter, svw. → Bandfilter.

Koppelgetriebe, svw. → Kurbelgetriebe.

Koppelnavigation, die Bestimmung des Standortes eines Luftfahrzeuges oder Schiffes und seine Führung bis zum Ziel durch Kopplung ermittelter Daten. Dazu wird der geflogene bzw. gefahrene Kurs mit der Flug- bzw. Fahrtgeschwindigkeit oder, wenn möglich, mit der Geschwindigkeit über Grund und der Flug- bzw. Fahrzeit unter Berücksichtigung von Wind- und Strömungseinfluß gekoppelt, d. h. graphisch oder rechnerisch verbunden. Als Ergebnis wird der Standort **(Koppelort)** des Fahrzeuges gewonnen.

Die K. hat in der Luftfahrt den Vorteil, daß sie, sofern Windgeschwindigkeit und -richtung hinreichend genau bekannt sind, ohne Inanspruchnahme von Bodenstellen durchführbar ist. Sie ist jedoch kein echtes autonomes Verfahren, da die Windgrößen erfragt werden müssen. Die klassische K. wird im wesentlichen manuell durchgeführt, wozu Navigationslineal und Windrechner erforderlich sind. Diese Methode wird vor allem in der Sportfliegerei angewendet. In den Luftfahrzeugen der Verkehrsluftfahrt werden weitgehend automatisch arbeitende Koppelgeräte benutzt, die aus elektromechanischen sowie elektronischen Bauelementen bestehen. Entsprechend der Grundgleichung des navigatorischen Dreiecks haben diese Geräte die Meßgrößen Kurs, Fahrt und Zeit fortlaufend zu erfassen und diese Werte in einem Analogrechner zur Weg- und Standortangabe zu verarbeiten. In der Seefahrt sind je nach Größe des Schiffes verschiedene Vorrichtungen und Hilfsmittel zum Koppeln in Gebrauch. Auf großen Schiffen erfolgt die Auswertung mechanisch mit einem Koppeltisch, der eine Verbindung des Kreiselkompasses mit dem Log, einer Uhr und einer Seekarte darstellt.

Dem Grundprinzip nach gehören auch die Doppler-Navigation (→ Funkortung) und die → Trägheitsnavigation zu den Verfahren der K., da sich das Ergebnis nur aus einer Berechnung in Verbindung mehrerer z. T. voneinander abhängiger Daten ergibt.

Koppelschleife, svw. → Kurbelschleife.

Koppelträger, → Träger.

Kopplung, 1) Nachrichtentechnik: die Verbindung zweier Schwingungskreise zur Energieübertragung. Die K. erfolgt entweder durch einander gegenübergestellte Spulen (**induktive** oder **magnetische K.**, Abb. 1), durch einen gemeinsamen Kondensator (**kapazitive K.**, Abb. 2) oder durch unmittelbare Verbindung **(galvanische K.)**. Je nachdem, ob die Übertragung mehr oder weniger vollständig ist, unterscheidet man **feste** und **lose K.** Die Form der Resonanzkurve gekoppelter Schwingkreise hängt von der K. ab, die Bandfilter nutzen diese Tatsache zur Verbesserung der Frequenzcharakteristik (Bandbreite, Selektivität) von Empfängern aus.

2) Landtechnik: → Gerätekopplung.

Kops, eine → Spule.

Korallenriffe, durch Korallen im Meer gebildete ungeschichtete Kalkablagerungen, die bis an oder über den Meeresspiegel ragen. K. befinden sich im Flachseebereich der tropischen Meere, d. h. in 4 bis 10 m (höchstens bis zu 40 m) Tiefe. Nach der Form der Bauten unterscheidet man: 1) **Korallenbänke,** breite Untiefen, die von Riffkorallen bewachsen sind; 2) **Saumriffe (Küstenriffe),** die in Küstennähe liegen und vom Festland meist durch einen schmalen Strandkanal (Lagune) getrennt sind; 3) **Wallriffe (Barriereriffe),** die weiter von der Küste entfernt und von ihr durch einen Strandkanal von größerer Breite und Tiefe getrennt sind; 4) **Atolle (Lagunen-, Kranzriffe),** ringförmige Riffe mit innerer Wasserfläche (Lagune), die durch Riffkanäle mit dem offenen Meer verbunden sind.

Kord, 1) ein Gewebe mit ausgeprägten Längsrippen. 2) → Zwirn.

Kordeln, Kordieren, ein Oberflächenwalzverfahren zum Aufrauhen von Werkzeughandgriffen oder Schrauben, Muttern, Knöpfen, Hebeln u. a. Das aus einer oder zwei gezahnten Rollen bestehende Kordelwerkzeug, die **Kordel,** wird gegen das Werkstück gedrückt; dabei hinterlassen seine Zähne Vertiefungen im Werkstück. Der Umfang des Werkstückes muß ein Vielfaches der Kordelteilung betragen, damit ein sauberes Muster entsteht. Im allgemeinen liegen bei der Kordel die Zähne unter einem Winkel von 30° zur Achse. Das K. wird meist auf Drehmaschinen vorgenommen, wobei die Kordelrollen an Stelle des Drehmeißels eingespannt sind.

Ein dem K. ähnliches Verfahren ist das → Rändeln.

Kordieren, svw. → Kordeln.

Korhartsteine, → feuerfeste Baustoffe.

Korn, 1) Photographie: → Körnigkeit.

2) graphische Technik: → Raster, → Lichtdruck.

Körner, ein Werkzeug aus Werkzeugstahl zum Ankörnen, d. h. dauerhaften Markieren von Punkten. Man unterscheidet **Anreißkörner** mit einem Spitzenwinkel von 30 bis 40°, die zum Ankörnen von Anrißlinien dienen, und **Bohrkörner** mit einem Spitzenwinkel von 60°, die nicht nur den Bohrungsmittelpunkt markieren, sondern auch ein Ansatzloch für die Bohrerspitze schaffen. **Doppelkörner** mit zwei Spitzen beschleunigen das Ankörnen. (Abb.)

Körnigkeit, die Erscheinung, daß eine photographische Vergrößerung wie in einzelne Kornteilchen aufgelöst und zerrissen wirkt. Die K. hängt nur mittelbar mit der Größe des Silberhalogenidkorns in der lichtempfindlichen Schicht zusammen, da man beim Entwickeln sowohl Größe als auch Form des Korns stark beeinflussen kann. Auch die Größe des entwickelten Silberkorns ist für die K. weniger maßgebend als die physiologische oder komplexe Wechselbeziehung zwischen Form und Größe der Körner und Form der Zwischenräume.

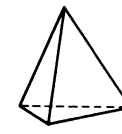
Korona, die äußersten, sehr dünnen Schichten der → Sonne.

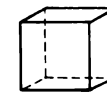
Koronaentladung, → Büschelentladung.

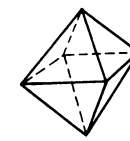
Koronograph, ein → astronomisches Instrument.

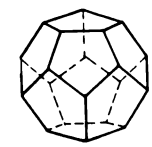
Körper, 1) Geometrie: ein allseitig von ebenen oder gekrümmten Flächen begrenzter endlicher Teil des Raumes. Ein K. ist dreidimensional. Durch ebene Flächen begrenzte K. heißen **Polyeder (Vielflächner):** Würfel, Quader, Prisma und Pyramide (mit Pyramidenstumpf). Von einer gekrümmten Fläche begrenzt ist die Kugel. Der Kegel wird von einer ebenen Grund- und einer gekrümmten Mantelfläche begrenzt, der Zylinder von zwei ebenen Grundflächen und einer gekrümmten Mantelfläche. Die Gesamtheit der Begrenzungsflächen eines K.s heißt seine *Oberfläche.* Der von der Oberfläche umschlossene Raumteil ist der Rauminhalt oder das Volumen des K.s und wird in einer bestimmten Raumeinheit gemessen.

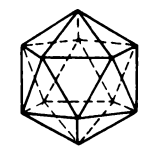
Eine wichtige Gruppe der Polyeder sind die **5 regelmäßigen Polyeder,** das sind K., die von kongruenten, regelmäßigen Vielecken begrenzt werden: **Tetraeder** (Vierflächner): von 4 gleichseitigen Dreiecken begrenzt; **Würfel, Hexaeder** (Sechsflächner): von 6 Quadraten begrenzt; **Oktaeder** (Achtflächner): von 8 gleichseitigen Dreiecken begrenzt; **Pentagondodekaeder** (Zwölfflächner): von 12 regelmäßigen Fünfecken begrenzt; **Ikosaeder** (Zwanzigflächner): von 20 gleichseitigen Dreiecken begrenzt. Der griechische Philosoph Plato setzte sie zum Aufbau des Kosmos in Beziehung; sie werden deshalb auch **platonische K.** genannt.


Tetraeder


Würfel


Oktaeder


Dodekaeder (Pentagondodekaeder)


Ikosaeder

2) Algebra: ein fundamentaler Begriff der modernen Algebra, der aber auch in anderen Zweigen der Mathematik verwendet wird. Ein K. ist eine Menge von Elementen, für die, analog zu den Grundrechenarten im Bereich der rationalen Zahlen, eine Addition und eine Multiplikation erklärt sind, die den üblichen Grundgesetzen der Arithmetik genügen. Sind also a, b und c Elemente der Menge, so ist für je zwei von ihnen, etwa für a und b, eindeutig eine Summe $a + b$ und ein Produkt $a \cdot b$ erklärt, die wieder der Menge angehören, und es gelten die folgenden Rechengesetze:

1) $a + b = b + a$ (Kommutativgesetz der Addition).

2) $a + (b + c) = (a + b) + c$ (Assoziativgesetz der Addition).

3) die Gleichung $a + x = b$ ist lösbar für beliebige Elemente a und b, d. h., in der Menge ist die Subtraktion stets ausführbar. Es existiert dann auch ein Nullelement 0 mit der Eigenschaft $a + 0 = a$ für alle a.

4) $a \cdot b = b \cdot a$ (Kommutativgesetz der Multiplikation).

5) $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$ (Assoziativgesetz der Multiplikation).

6) $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$ (Distributivgesetz).

7) die Gleichung $a \cdot x = b$ ist lösbar für beliebige Elemente a und b außer für $a = 0$, d. h., in der Menge ist die Division (außer durch 0) stets ausführbar. Es existiert dann auch ein Einselement e mit der Eigenschaft $a \cdot e = a$ für alle a.

Die Gesamtheit aller rationalen Zahlen ist ein K., ebenso die Menge aller reellen Zahlen sowie die aller komplexen Zahlen. Einen K. bildet auch die Gesamtheit aller Quotienten von Polynomen in einer Unbestimmten mit Koeffizienten z. B. aus dem K. der reellen Zahlen.

Es gibt auch K., die nur aus endlich vielen Elementen bestehen. Die Anzahl der Elemente ist dann gleich einer Primzahl oder gleich der Potenz einer Primzahl (→ Klasseneinteilung). Jeder K. enthält einen kleinsten Unterkörper. Dieser ist isomorph (→ Isomorphismus) entweder dem K. der rationalen Zahlen oder einem Körper aus p Elementen (p ist eine Primzahl). Im ersten Fall sagt man, der K. hat die *Charakteristik* Null, im zweiten hat er die Charakteristik $p (\neq 0)$. Die Erweiterung eines K.s zu einem umfassenden K. nennt man **Körpererweiterung.**

Sind in einer Menge, für deren Elemente eine Addition und eine Multiplikation erklärt sind, nur die Bedingungen 1) bis 6) erfüllt, so nennt man die Menge einen **Ring.** Ein Ring unterscheidet sich von einem K. also dadurch, daß in ihm die Division nicht notwendig ausführbar ist. Einen Ring bilden z. B. die Menge aller ganzen Zahlen, ebenso alle geraden Zahlen. Auch die Gesamtheit aller Polynome in einer Unbestimmten mit Koeffizienten aus einem Ring oder einem K. ist ein Ring (**Polynomring** in einer Unbestimmten). Jeder K. ist insbesondere auch ein Ring; denn für ihn gelten ja die Gesetze 1) bis 6). Ein nur aus endlich vielen Elementen bestehender Ring

Spitze gehärtet

Anreißkörner

ist der Restklassenring modulo einer natürlichen Zahl (→ Klasseneinteilung).

3) Physik, Chemie: ein von Masseteilchen (→ Korpuskel) ausgefüllter fester, flüssiger oder gasförmiger, begrenzter Raum. Manchmal wird in der Chemie auch der Stoff als solcher mit K. bezeichnet. Bei einem **starren K.** ist die gegenseitige räumliche Lage der Teilchen unveränderlich, bei einem **plastischen K.** kann sie durch eine Kraft, welche die Fließgrenze übersteigt, bleibend verändert werden, bei einem (ideal)-**elastischen K.** gehen die Teilchen nach Aufhören der Krafteinwirkung in ihre ursprüngliche Lage zurück. Ob ein K. sich starr oder plastisch verhält, hängt vielfach von der Schnelligkeit bzw. Zeitdauer der Krafteinwirkung ab, → Relaxation. Weiteres → Festkörper.

Körperfarben, → Farbe.

Körperschluß, eine leitende Verbindung zwischen den betriebsmäßig unter Spannung stehenden Teilen eines elektrischen Geräts mit den äußeren Metallteilen. Der K. kann durch mechanische Beschädigung der Isolation oder als Folge des Durchschlagens einer fehlerhaften Isolation entstehen. Bei Transformatoren und in elektrischen Maschinen kann der K. aus dem → Windungsschluß entstehen. Da die Berührung des betreffenden Geräts durch den K. gefährlich wird, müssen die äußeren Metallteile geerdet oder mit dem Nulleiter verbunden werden.

Korpus, ein → Schriftgrad.

Korpuskel, Partikel, kleinstes Masseteilchen, das den statistischen Gesetzen der → Quantentheorie gehorcht und eine von Null verschiedene Ruhmasse besitzt. K.n sind entweder Elementarteilchen oder aus solchen zusammengesetzte Teilchen (Atome, Moleküle). Gegensatz: Welle (→ Dualismus von Welle und Korpuskel).

Korpuskularstrahlung, Strahlung, die aus bewegten Korpuskeln besteht (z. B. Katoden- und Kanalstrahlung, Alpha- und Betastrahlung). Durch den → Dualismus von Welle und Korpuskel werden jedoch den Korpuskeln auch Welleneigenschaften zugeschrieben. Da die Teilchen der K. immer eine von Null verschiedene Ruhmasse haben, können sie deshalb nie die Lichtgeschwindigkeit erreichen, im Gegensatz zur Wellenstrahlung (elektromagnetische Wellen). K. kann, wenn sie aus elektrisch geladenen Teilchen besteht, durch elektrische und magnetische Felder abgelenkt werden. In Strahlungsrichtung wirkende elektrische Felder beschleunigen die Teilchen in ihrer Bahn; senkrecht zur Strahlungsrichtung wirkende lenken die Teilchen auf eine parabelförmige Bahn. Senkrecht zur Strahlungsrichtung wirkende magnetische Felder zwingen die Teilchen auf eine schraubenförmige Bahn.

Korrasion, Windschliff, Sandschliff, die Abscheuerung und Abschleifung von Gesteinsoberflächen durch vom Winde mitgeführte Sandkörner. Die Gesteine erhalten, besonders wenn sie sich aus Bestandteilen unterschiedlicher Härte zusammensetzen, Furchen, Rillen, bienenwabenähnliche löcherige Strukturen oder Steingitterstrukturen oder werden glattgeschliffen und poliert.

Korrelation, in der projektiven Geometrie eine lineare Transformation, die in der Ebene jeden Punkt in eine Gerade überführt und umgekehrt jede Gerade in einen Punkt sowie analog im Raum jeden Punkt in eine Ebene und umgekehrt.

Korrelationsrechnung, ein Teilgebiet der mathematischen Statistik, und zwar das Verfahren, den (kausalen) Zusammenhang zwischen Wertreihen, Merkmalen und Erscheinungen statistischer Massen zu ermitteln. Der Grad des Zusammenhangs wird ausgedrückt durch den **Korrelationskoeffizienten** r, der nach den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung bestimmt wird. Er bewegt sich in den Grenzen $-1 \leqq r \leqq +1$ und läßt sich nach der Formel berechnen:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})\,(y_i - \bar{y})}{+\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2}}$$

Dabei bedeuten x_i und y_i die zusammengehörigen Beobachtungswerte, $\bar{x}$ und $\bar{y}$ ihre Mittelwerte und n die Anzahl der Beobachtungen. Wenn r nicht wesentlich von Null abweicht, dann besteht keine Abhängigkeit, und wenn $r = \pm 1$ ist, dann besteht funktionale Abhängigkeit zwischen x und y. Ist r wesentlich größer als Null, dann besteht positive Abhängigkeit, d. h. je größer x, desto größer y (z. B. die Abhängigkeit des Bremsweges von der Fahrgeschwindigkeit bei Kraftfahrzeugen). Ist r wesentlich kleiner als Null, dann besteht negative Abhängigkeit, d. h. je größer x, desto kleiner y und umgekehrt (z. B. die Abhängigkeit der Niederschlagsmenge von der Temperatur). Die K. wird in den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft, Technik und Ökonomie angewendet.

Korrespondenzprinzip, das von Bohr aus der Erfahrung aufgestellte Prinzip zur Deutung quantenmechanischer Größen und Vorgänge. Das K. stellt einen Zusammenhang zwischen der älteren → Quantentheorie und der klassischen Physik her. Nach dem K. gehen mit wachsenden Quantenzahlen die Gesetze der Quantenphysik kontinuierlich in die der klassischen Physik über. Damit war man in der Lage, Aussagen über Intensität und Polarisation der Spektrallinien zu erhalten, die von der älteren Quantentheorie nicht gegeben werden konnten. Insbesondere lieferte das K. auch Auswahlregeln für die Spektrallinien, d. s. Regeln, die angeben, welche von den nach den elementaren Bohrschen Quantengesetzen möglichen Spektrallinien auch wirklich auftreten. Die Matrizenmechanik nach Heisenberg (eine der beiden Formen der modernen Quantenmechanik) läßt sich als Verschärfung des Bohrschen K.s nach der quantitativen Seite hin ansehen.

Korrinoide, → Vitamine.

Korrosion, 1) Werkstoffkunde: von der Oberfläche ausgehende Zerstörung von Werkstoffen durch chemische oder elektrochemische Reaktionen, im Unterschied zu Zerstörungen infolge von Kavitation, Verschleiß oder Erosion. Als **Korrosionsmittel** können Lösungen von Salzen, Säuren, Basen, feuchte und trockene Luft, Wasser und Gase sowie metallische und nichtmetallische Schmelzen wirken. In der Praxis tritt K. oft durch atmosphärische Einflüsse, wie Feuchtigkeit, agressive Dämpfe u. ä., ein.

Zur Bestimmung des Korrosionsverhaltens und zur Festlegung von Schutzmaßnahmen gegen K. (→ Korrosionsschutz) gibt es verschiedene **Korrosionsprüfverfahren**: Dauertauch-, Bewitterungs-, Wechseltauch-, Rühr-, Feuchtlager-, Sprüh-, Koch- und Druckgefäßversuche.

K. tritt besonders bei Metallen und mineralischen Baustoffen auf. 1) K. von Metallen. Das Korrosionsverhalten eines Metalls wird näherungsweise durch seine Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe bestimmt. Abweichungen davon beruhen auf Deckschichtenbildung, Polarisation oder Angriff oxydierender Stoffe. Die Auflösung der meisten technischen Gebrauchsmetalle (Eisen, Zink, Aluminium) in Wasser wird durch die beträchtliche Überspannung des entstehenden Wasserstoffs an dem betreffenden Metall verhindert. Die Anwesenheit von Stellen unterschiedlichen elektrochemischen Potentials auf einer Metalloberfläche führt zur Bildung kleiner galvanischer Elemente, der → Korrosionselemente. Die unedleren Bereiche

werden beschleunigt korrodiert. An Korrosionsformen unterscheidet man **ebenmäßige K., Lochfraßkorrosion** (punktförmige, tiefe Anfressungen), **Narbenkorrosion** (örtliche, flache Anfressungen), **Spaltkorrosion** (in Spalten, z. B. bei Nietstößen), **selektive K.** (bei bevorzugter K. eines Gefügebestandteiles), **interkristalline K.** entlang der Korngrenzen und **Kontaktkorrosion** an Verbindungsstellen verschiedener Metalle. **Spannungsrißkorrosion** tritt bei verschiedenen Legierungen (besonders Aluminium- und Magnesiumlegierungen, Messing und Stahl) bei gleichzeitiger Einwirkung statischer Zugspannungen und bestimmter Korrosionsmittel auf. Sie hat Zerstörung durch verformungslosen Bruch mit interkristallinem Rißverlauf (entlang der Korngrenzen) oder transkristallinem Rißverlauf (durch die Körner hindurch) zur Folge.

2) K. von mineralischen Baustoffen. Sie erfolgt a) durch Auslaugen (vorwiegend bei Naturgesteinen), b) durch Basenaustausch mit Lösungen unter Bildung leichtlöslicher Salze, c) durch Auskristallisieren voluminöser Salze, d) durch Ausblühen, d. h. Auskristallisieren leichtlöslicher Salze aus Salzlösungen, die infolge Kapillarwirkung in porigen Baustoffen aufgesaugt werden und dann verdunsten.

3) Die K. von hochpolymeren Stoffen ist relativ unbedeutend, da diese Stoffe eine hohe chemische Beständigkeit besitzen.

Lit. Klas u. Steinrath: Die K. des Eisens und ihre Verhütung (Düsseldorf 1956); Tödt: K. und Korrosionsschutz (2. Aufl. Berlin 1961).

2) Geologie: die chemische Zerstörung und Zersetzung (Auslaugung) des Gesteins durch eindringende Salz- und Süßwässer, wobei Süßwässer in Gebieten leichtlöslicher Gesteine (Salzgesteine und Kalke) besonders stark wirksam sind (→ Karsterscheinungen).

Korrosionselemente, die bei der elektrochemischen Korrosion eines metallischen Werkstoffes auftretenden galvanischen Elemente. Das Korrosionsmittel stellt dabei den Elektrolyten dar, während Anode und Katode aus Stellen unterschiedlichen elektrochemischen Potentials der Metalloberfläche gebildet werden, und zwar aus 1) Gefügebestandteilen heterogener Legierungen, 2) Deckschicht und Grundmetall, 3) verschiedenen Metallen (Einschlüsse), 4) Gebieten verschiedener mechanischer Spannungs- oder Verformungszustände, 5) gleichen Metallen in Elektrolyten verschiedener Konzentration (Konzentrationselemente), 6) gleichen Metallen in gleichen Elektrolyten verschiedener Temperaturen, 7) Stellen verschiedener Belüftung (Belüftungs-, Evans-Elemente). Sind die Anoden und Katoden sehr klein (kleiner als ungefähr 0,01 mm^2), spricht man von **Lokalelementen.**

Korrosionsinhibitoren, solche Inhibitoren, die bei Zusatz zu einem Korrosionsmittel die Korrosion zum Stillstand bringen oder wesentlich herabsetzen. Je nach dem Wirkungsmechanismus unterscheidet man zwischen **physikalischen K.** (rein physikalische Adsorption auf der Werkstoffoberfläche) und **chemischen K.** (Reaktion mit der Werkstoffoberfläche). Die Anwendung von K. ist sowohl in flüssiger als auch in gasförmiger Phase möglich.

Korrosionsschutz, der Schutz von Werkstoffoberflächen gegen → Korrosion. Man unterscheidet zwischen aktivem und passivem K. 1) Der **aktive K.** kann bewirkt werden a) durch Aufbereitung des Korrosionsmittels: Kesselspeisewasser-Aufbereitung, Anwendung von → Korrosionsinhibitoren; b) durch Veränderung des Werkstoffes (Legieren, z. B. Verwendung chromnickel-legierter Stähle im chemischen Apparatebau) und Verwendung reiner, möglichst gefügehomogener Werkstoffe; c) durch → katodischen Schutz oder → anodischen Schutz. Beim aktiven K. wird eine Verringerung der Korrosionsgeschwindigkeit erreicht, und zwar durch Entfernung korrosionsfördernder Bestandteile des Korrosionsmittels, durch Zusatz von Hemmstoffen, durch Erhöhung der Beständigkeit des Werkstoffes, durch Verminderung der Zahl der Korrosionselemente und durch Kompensation des fließenden elektrochemischen Korrosionsstromes.

2) Größere Verbreitung hat der **passive K.** durch Verwendung von metallischen und nichtmetallischen Überzügen als Trennschicht zwischen Werkstoff und Korrosionsmittel. Diese Überzüge müssen möglichst dicht, porenfrei und festhaftend sein. Dazu ist sorgfältige Oberflächenvorbehandlung, z. B. durch Sandstrahlen oder Beizen, notwendig. a) Metallische Überzüge. Überziehen mit schmelzflüssigen Metallen (Tauchalitieren, Feuerverzinken, Feuerverzinnen, Feuerverkadmen u. a.); Galvanisieren (galvanisches Verzinken, Verzinnen, Verkadmen, Vergolden usw.); chemisches Metallisieren durch Behandeln der Werkstücke mit Metallsalzlösungen und Reduktionsmitteln (stromloses Vernickeln, Versilbern); Aufspritzen von Metallen, meist Zink oder Aluminium, mittels Spritzpistole (Metallspritzen); Aufdiffundieren von Zink (Sherardisieren), von Chrom (Inchromieren) oder von Aluminium (Kalorisieren); Vakuummetallisieren (Aufdampfen hochschmelzender Metalle im Hochvakuum); Plattieren (z. B. von Aluminium-Kupfer-Magnesium-Legierungen mit Reinst- oder Reinaluminium). b) Nichtmetallische Überzüge. Glasartige Überzüge aus Silikaten (Email); Überzüge aus Oxidschichten (Brünieren bei Stahl, anodische Oxydation bei Aluminium, Magnesium und deren Legierungen); Phosphatüberzüge (Phosphatieren); organische Überzüge aus Fetten, Ölen oder Wachsen zum zeitweiligen K. bei Versand und Lagerung; Korrosionsschutzanstriche, bestehend aus Grundierung und Deckanstrichen. Als Grundierung dienten früher Bleimennige-Öl-Anstriche, heute verwendet man Grundierungen auf der Basis synthetischer Bindemittel (nachchloriertes Polyvinylchlorid, Alkydharze, Chlorkautschuk) mit Rostschutzpigmenten (Bleimennige, Zinkchromat). Neuerdings dienen zum K. auch Kaltzinkanstriche mit metallischem Zinkpulver (Kaltverzinkung) als Pigment. Der K. durch Plaste kann erfolgen durch Aus- oder Verkleiden mit Plasten, durch Aufspritzen (Flammspritzen) oder durch Wirbelsintern. Ein zeitweiliger K. wird erreicht durch Aufbringen von Transportlacken oder durch Eintauchen in Schmelzen plastischer Massen, die sich wie die Lacke wieder abziehen lassen, durch Verwendung des Kokon-Einspinnverfahrens, durch Einschlagen oder Einschweißen in Plastfolien bei gleichzeitiger Feuchtigkeitsbindung und durch Verwendung von Dampfphaseninhibitoren. Ein gewisser zeitweiliger K. läßt sich auch durch Brünieren, Phosphatieren sowie durch Rostumwandler erzielen.

Manche Metalle bilden mit der Zeit selbstschützende Korrosionsprodukte (Aluminium durch Oxidschicht, Kupferlegierungen durch Patina). Rost auf Eisen schützt jedoch nicht, da er porös ist.

Lit. Kopec: Leitfaden der Oberflächenbehandlung (dtsch Berlin 1960); Machu: Die Oberflächenvorbehandlung von Eisen- und Nichteisenmetallen (2. Aufl. Leipzig 1957); Schiller: Oberflächenschutz durch Anstrichstoffe (Leipzig 1960); Wiederholt u. Elze: Taschenb. des Metallschutzes (Stuttgart 1960); → Korrosion.

Kort-Düse, → Düse.

Kortikosteroide, Nebennierenrindenhormone, eine Gruppe von der Nebennierenrinde gebildeter Hormone, die zur Klasse der Steroide gehören. Man unterscheidet K., die vorwiegend auf den Mineralstoffwechsel einwirken **(Mineralokortikoide),** z. B. Kortexon und Aldosteron, und K.,

die den Kohlenhydratstoffwechsel durch Steigerung des Glykogengehaltes der Leber beeinflussen (**Glukokortikoide**), z. B. Kortison, Kortisol und Kortikosteron.

Korund, ein Mineral, α-Al_2O_3; trigonal, farblos (**Leukosaphir**), rot (**Rubin**), blau (**Saphir**), rötlichgelb (**Padparadscha**), rötlich bis grau, trüb (**gemeiner K.**), Härte nach Mohs 9, D. 3,9 bis 4,1 g cm^{-3}. K. kommt in tonerdereichen und kieselsäurearmen Eruptivgesteinen, in metamorphen Gesteinen und in Seifenlagerstätten vor.

Synthetischer K. wurde als erster Edelstein 1891 von Fremy und Verneuil erzeugt (→ Kristallzüchtung). Wegen seiner großen Härte wird er vor allem für Lagersteine, Zapfen u. a., für Uhren, Kompasse und andere Präzisionsinstrumente, für Schleifscheiben, Schneidwerkzeuge, Reibschalen, als Schleif- und Poliermittel, zur Herstellung hochfeuerfester Geräte und Steine verwendet. Die schön gefärbten und klaren Kristalle dienen als Schmucksteine. Eine Abart des K.s ist der → Smirgel.

Korvette, → Fregatte.

Koschenille, Cochenille, verschiedene Schildlausarten, die in ihrer Körperflüssigkeit einen roten Farbstoff, das **Karmin**, enthalten, das durch Extraktion mit Wasser gewonnen wird. Bis zur Entwicklung der Teerfarbstoffe war K. von großer Bedeutung für die Textilfärberei. Heute dient K. zur Herstellung von Schminken, in der Mikroskopie zur Färbung des Zellkerns und als Lebensmittelfarbstoff. Durch Ausfällen einer alkoholischen Lösung von K. mit Kaliumaluminiumalaun erhält man Karminlack.

Kosekans, Zeichen **cosec**, der reziproke Wert des Sinus, eine heute nur noch selten verwendete → Winkelfunktion.

Kosinus, Zeichen **cos**, eine → Winkelfunktion.

Kosinussatz, → Trigonometrie.

kosmische Geschwindigkeitsstufe, astronautische Geschwindigkeitsstufe, die Anfangsgeschwindigkeit, die ein Raumflugkörper zum Erreichen einer bestimmten Bahn im Weltraum mindestens benötigt, wenn er später nicht künstlich nachbeschleunigt wird. Die k.n G.n gehören zu den grundlegenden Daten der Astronautik, ihre Kenntnis ist Voraussetzung für den Start von Erdsatelliten und Raumsonden.

1) Soll ein Körper als künstlicher Satellit auf eine Ellipsenbahn um die Erde gebracht werden, so muß er mit mindestens 7,910 km/s, der **ersten k.n G.**, von der Erdoberfläche aufsteigen. Diese Geschwindigkeit reicht gerade aus, um die Erde in der Nähe ihrer Oberfläche zu umkreisen, wenn man vom Einfluß der Atmosphäre absieht.

2) Um auf einer Parabelbahn den Anziehungsbereich der Erde ganz verlassen zu können, muß eine Raumsonde mit mindestens 11,186 km/s, der **zweiten k.n G. (parabolische Geschwindigkeit, Grenzgeschwindigkeit)**, gestartet werden. Praktisch ebenso groß ist die Geschwindigkeit, mit der eine Sonde in eine Ellipsenbahn um die Sonne gebracht werden kann (für den Start eines künstlichen → Planetoiden).

3) Zum Verlassen des Sonnensystems kann man die Bahngeschwindigkeit der Erde ausnutzen, wenn man die Sonde parallel zu dieser Bahnbewegung beschleunigt. Sie muß dann eine zusätzliche Geschwindigkeit von mindestens 16,6 km/s erhalten. Das ist die **dritte k. G.**

4) Zum Verlassen des Milchstraßensystems unter Ausnutzung der Umlaufgeschwindigkeit der Sonne um das Zentrum des Systems ist die **vierte k. G.** von etwa 100 km/s erforderlich.

Alle diese Werte gelten unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes. Wenn man beim Start die Erdrotation ausnutzt, kann man bei allen k.n G.n noch maximal 0,465 km/s einsparen.

Entsprechende Werte kann man auch für den Start von anderen Himmelskörpern aus berechnen. Die erste k. G. ist gleich der Kreisbahngeschwindigkeit: $v_k = \sqrt{GM/r}$; G = Gravitationskonstante, M = anziehende Masse, r = Abstand von deren Zentrum. Die parabolische Geschwindigkeit ist $v_p = v_k \cdot \sqrt{2}$.

Kosmische Geschwindigkeitsstufen [km/s] beim Start von anderen Himmelskörpern aus

	1. k. G.	2. k. G.	3. k. G.
Mond	1,680	2,375	11,8
Merkur	2,96	4,19	20,3
Venus	7,27	10,28	17,8
Mars	3,56	5,03	11,2

Weiteres → Raumfahrt.

kosmische Kurzwellenstrahlung, svw. → Radiofrequenzstrahlung.

kosmische Strahlung, Ultrastrahlung, Höhenstrahlung, eine aus dem Weltraum kommende außerordentlich energiereiche Korpuskularstrahlung. Diese **Primärstrahlung** erzeugt in Wechselwirkung mit den Kernen der Moleküle der Erdatmosphäre Protonen, Mesonen, Hyperonen sowie Elektronen und Positronen, die als **Sekundärstrahlung** teilweise bis zur Erdoberfläche durchdringen.

Die k. S. ist für die Physik der Atomkerne und Elementarteilchen von großer Wichtigkeit, da in der Primärstrahlung vor allem hochenergetische Teilchen — bis 10^{18} eV (Elektronenvolt) — auftreten, die sämtliche Arten von Mesonen und Hyperonen erzeugen; dagegen erreicht man mit den größten bisher gebauten Teilchenbeschleunigern nur Teilchenenergien von maximal 10^{10} eV, so daß viele kernphysikalische Elementarprozesse noch nicht im Laboratorium hervorgerufen werden können. In der k. S. wurden unter anderem die Positronen und die Mesonen erstmalig aufgefunden, ferner das μ-Meson und die ersten Hyperonen.

Die Primärstrahlung besteht neben Protonen aus Alphateilchen und anderen Atomkernen oder hochionisierten Atomrümpfen bis etwa zur Ordnungszahl 26 (Eisen). Der Ursprung der Primärstrahlung der k.n S. ist noch nicht völlig geklärt. Ein kleiner Anteil stammt mit Sicherheit von der Sonne. Möglicherweise wird die k. S. in ihrer Gesamtheit durch ähnliche Vorgänge auf anderen Sternen oder auch bei Ausbrüchen von Supernovae verursacht.

Beim Eintritt in das Magnetfeld der Erde werden die Teilchen der Primärstrahlung wegen ihrer elektrischen Ladung nach den Polen zu abgelenkt, so daß die Intensität der k. S. am Äquator geringer ist als in höheren Breiten. Aus der Stärke der Ablenkung kann man die Teilchenenergien ermitteln. Die durch Zusammenstoß der Primärteilchen mit den Kernen der Luftmoleküle erzeugte Sekundärstrahlung trennt man nach der Durchdringungskraft der Strahlen in eine weiche, aus Elektronen (und Positronen) und Gammaquanten bestehende, und eine harte, vor allem aus Mesonen bestehende Komponente. Die *weiche Sekundärstrahlung* wird durch plötzliche Abbremsung der Primärprotonen ausgelöst. Es entstehen zuerst äußerst kurzwellige Photonen (Lichtquanten), die sich in Wechselwirkung mit vorhandenen Molekülen sofort in Elektron-Positronpaare umwandeln (→ Paarbildung). Jedes neu entstandene Teilchen erzeugt bei Zusammenstößen mit Molekülen neue Photonen, die sich wiederum zu Elektron-Positronpaaren umsetzen usw. So wächst die Zahl der Photonen sowie der Elektronen und Positronen kaskadenartig zu einem *Schauer* an, bis die Energie der Photonen zu gering geworden ist, weitere Elektronen und Positronen zu bilden. Die die *harte Sekundärstrahlung* bildenden Meso-

nenschauer entstehen beim Durchgang der Primärprotonen durch Atomkerne. Die Kerne emittieren dabei Mesonen oder lösen sich unter Freisetzung von Mesonen in mehrere Kernsplitter auf.

Mit Hilfe künstlicher Erdsatelliten läßt sich die k. S. untersuchen, dabei wurden bisher die → Strahlungsgürtel der Erde gefunden.

Kosmogonie, die Lehre von der Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper und aller anderen kosmischen Objekte, also des Sonnensystems (Sonne, Planeten, Monde, Planetoiden, Kometen, Meteoriten), der Einzel-, Doppel- und Mehrfachsterne, der Sternhaufen und Sternsysteme. Die kosmogonischen Theorien versuchen, den beobachteten Zustand einzelner Objekte als aus einem vorherigen Zustand entstanden zu erklären, wobei die Materie in diesem Zustand in physikalischer und chemischer Hinsicht möglichst einfach sein muß. Ein strukturloser, chaotischer Gasnebel wird als ein genügend einfacher Ausgangszustand angesehen. Ferner wird angenommen, daß in jedem Augenblick während der Bildung und Entwicklung der kosmischen Körper die bekannten physikalischen Gesetze Gültigkeit haben. Es ist sehr schwierig, viele verschiedenartige Einzelobjekte als aus einem einzigen gemeinsamen Anfangszustand entstanden zu erklären. Daher ist die K. des Sonnensystems schwieriger als die K. eines Einzelsterns oder Sternhaufens.

Während man die Entwicklung eines Sterns nach dem Einsetzen der Energieerzeugung durch Kernverschmelzungen weitgehend rechnerisch verfolgen kann, weiß man über die Entstehung der Sterne noch sehr wenig. Aus der Energieausstrahlung der heißen O- und B-Sterne läßt sich berechnen, daß sie wesentlich jünger sein müssen als z. B. die Sonne. Sie sind daher in kosmogonischer Hinsicht erst vor kurzer Zeit entstanden, und zwar, wie man heute allgemein annimmt, aus interstellarer Materie. Wenn eine Wolke interstellarer Materie eine genügend hohe Dichte erreicht, kann die Eigengravitation so groß werden, daß die Wolke kontrahiert. Sie kann auch in mehrere Teilwolken zerfallen, die einzeln kontrahieren. Bei der Kontraktion wird Energie frei, die eine Temperaturerhöhung verursacht. Hat die Temperatur eines solchen Protosterns im Innern einige Millionen Grad erreicht, setzen die Kernprozesse und damit die normale Sternentwicklung ein.

Die K. des Planetensystems ist bis jetzt noch nicht über das Stadium mehr oder minder guter Hypothesen hinausgelangt. Diese können in zwei Gruppen unterteilt werden: 1) Sonne und Planeten werden als gleichzeitig entstanden angesehen; 2) aus der bereits existierenden Sonne haben sich die Planeten nacheinander und einzeln abgesondert, oder die Planeten haben sich aus einer Materiewolke anderen kosmischen Ursprungs als die Sonne gebildet. Die Hypothesen der zweiten Gruppe sind weniger geeignet, die Beobachtungstatsachen zu erklären. Zur ersten Gruppe gehört die *Meteoritenhypothese* Kants, wonach sich die Sonne und die Planeten aus einer mächtigen Wolke kleiner frei beweglicher Teilchen (Meteoriten) durch Verdichtung gebildet haben. Zur zweiten Gruppe gehört die *Nebularhypothese* von Laplace. Danach entstanden die Planeten am Rande einer schnell rotierenden Gasmasse, der Ursonne, nacheinander, indem durch die Wirkung der Fliehkraft bei der Kontraktion der Ursonne Gasmassen abgeschleudert wurden. Außerordentlich unwahrscheinlich ist die *Planetesimalhypothese* von Jeans, wonach die Planeten bei einem fast streifenden Vorübergang eines anderen Fixsterns an der Sonne aus dieser in Form einer Flutwelle herausgelöst sein sollen.

Kosmologie, die Lehre vom Zustand und der Entwicklung der Welt als Ganzen. Die für die K. wesentlichen Beobachtungsgrundlagen beziehen sich auf die räumliche Verteilung und die Bewegung der extragalaktischen Sternsysteme, der größten einheitlichen Objekte im Kosmos. Es zeigt sich, daß die Sternsysteme in dem von der heutigen Astronomie überblickten Teil des Weltalls, abgesehen von einer Neigung zur Haufenbildung, ziemlich gleichmäßig verteilt sind. Die Verteilung der Materie ist in diesem Teil des Weltalls also näherungsweise homogen und isotrop. Von der räumlichen Bewegung der Sternsysteme läßt sich nur die radiale Komponente mit Hilfe des Doppler-Effektes nachweisen. Dabei zeigt es sich, daß mit wachsender Entfernung der Sternsysteme eine immer größere Verschiebung der Spektrallinien zu längeren Wellenlängen hin auftritt. Deutet man diese Rotverschiebung als gewöhnlichen Doppler-Effekt, so folgt, daß der überblickbare Teil des Weltalls expandiert. Aus der Homogenität, der Isotropie und der Expansion dieses Teils schließt man auf Homogenität, Isotropie und Expansion des Gesamtkosmos, wenn man wissenschaftlich begründete Aussagen über die raum-zeitliche Struktur des Gesamtkosmos machen will. Die wichtigsten Weltmodelle folgen dabei aus der Einsteinschen Relativitätstheorie. Dabei ergeben sich nach den Untersuchungen des sowjetischen Geologen Friedmann (1922) räumlich unbegrenzte, aber sowohl endlich geschlossene als auch unendlich offene Weltmodelle, die sowohl expandieren als auch kontrahieren können oder bei denen eine anfängliche Expansion in eine Kontraktion übergehen kann und umgekehrt. Die bei einzelnen kosmologischen Modellen auftretende Singularität in der zeitlichen Entwicklung wurde gelegentlich als „Entstehung der Welt" interpretiert, die seit der Singularität bis jetzt verstrichene, rechnerisch ermittelte Zeit als „Weltalter". Eine Extrapolation von dem augenblicklich beobachteten Zustand der Welt in einem Teilbereich auf einen Zustand der Welt als Ganzen in der Nähe der Singularität mit extrem anderen physikalischen Bedingungen ist außerordentlich unsicher. Man kann daher noch keinerlei gesicherte Aussagen über den Zustand des Weltalls in den Frühphasen der Entwicklung machen. Die Beobachtungen reichen auch noch nicht aus, um endgültige Aussagen über die tatsächlich im Kosmos verwirklichte Raumstruktur zu machen.

Kosmonautik, die → Raumfahrt.

Kosmos, svw. → Weltall.

Kotangens, Zeichen **cot,** eine → Winkelfunktion.

Kotonisieren, das Aufteilen der technischen Fasern von Flachs, Hanf und Ramie mittels chemischer und/oder mechanischer Verfahren in kürzere und feinere Fasern, teilweise Einzelzellen (Elementarfasern). Es entsteht Flockenbast, der in Mischung mit anderen Faserstoffen (Baumwolle, Viskosefasern) versponnen wird. Bei Flachs und Hanf werden Werg und Fasern aus minderwertigem Stroh (Wirrstroh, Öllein) kotonisiert, bei Ramie wird stets kotonisiert (oder degummiert).

kovalente Bindung, → Bindung 1).

Kovar, eine Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung mit 30% Nickel, 17 bis 30% Kobalt, Rest Eisen. K. hat den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Hartglas und dient als Einschmelzlegierung.

Kowaljowmethode, eine von dem sowjetischen Ingenieur Fjodor Lukitsch Kowaljow begründete → Neuerermethode zum Studium und zur Analyse der Erfahrungen und Arbeitsweisen der Aktivisten und Bestarbeiter. Die Aufgabe besteht darin, die besten Griffelemente aus verschiedenen, aber vergleichbaren Arbeitsvorgängen zu ermitteln. Diese besten Handgriffe werden

zu einer neuen, kontinuierlichen Bestarbeitsmethode, die alle überflüssigen Bewegungen vermeidet, zusammengesetzt. Diese Bestarbeitsmethode wiederum wird auf alle Werktätigen übertragen. Die daraus resultierende höhere Arbeitsproduktivität darf nicht mit größerer physischer Belastung erzielt werden.

kp, Kurzz. für → Kilopond.

kP, Kurzz. für Kilopoise, → Poise.

Kp., Abk. für Kochpunkt, → Sieden.

kpc, Kurzz. für Kiloparsec, → Parsec.

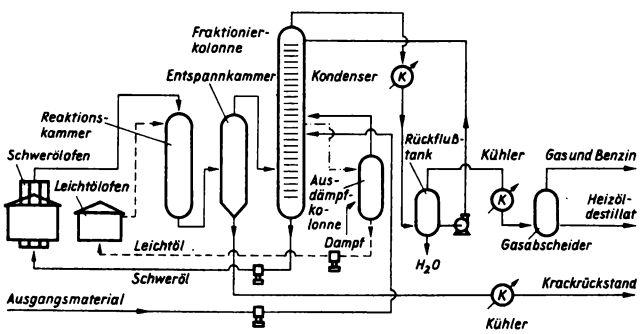
kpm, Kurzz. für → Kilopondmeter.

Kr, Symbol für → Krypton.

Kracken, Cracken [englisch to crack ‚spalten'], **Spaltverfahren,** in der Erdölverarbeitungstechnik (→ Erdölchemie) ein Verfahren zur Gewinnung von Benzin aus den höhersiedenden Bestandteilen des Erdöls (Gasöle und Rückstände). Durch Einwirkung hoher Temperaturen (zwischen 450 bis 650 °C) werden diese großen Kohlenwasserstoffmoleküle gespalten (gekrackt), d. h. zerkleinert. Dabei entstehen niedrigsiedende Kohlenwasserstoffe (Benzin) und außerdem Spaltgase (Krackgase), wie Wasserstoff, Methan, Äthan, Propan, Butan, Äthen, Propen und Buten, sowie Aromaten, die zusammen mit den Spaltgasen wichtiges Ausgangsmaterial für weitere Produkte sind (→ Petrolchemie). Der größte Teil der neugebildeten Kohlenwasserstoffe siedet im Benzinbereich. Der Gehalt an Alkenen und Aromaten bewirkt eine Verbesserung der Klopffestigkeit.

Das K. erfolgt entweder thermisch oder thermisch-katalytisch.

1) **Thermisches K.** Im wesentlichen unterscheidet man zwischen Prozessen, die in flüssiger Phase bei Drücken von 10 bis 70 at und Temperaturen bis etwa 500 °C ablaufen, und solchen, bei denen das Einsatzprodukt in weitgehend verdampftem Zustand (Dampf- oder Gemischtphase) bei niedrigeren Drücken Temperaturen bis zu 600 °C ausgesetzt wird. Die ältesten Flüssigphase-Verfahren bedienten sich großer Blasen (Burton, Clark u. a.) und arbeiteten diskontinuierlich. Eine grundlegende Verbesserung war durch die Einführung des Röhrenofens („Pipestill") möglich. Hierbei wird das Öl kontinuierlich in mit Ölfeuerung beheizten Edelstahlrohren auf Kracktemperatur unter Druck aufgeheizt. Bei der Entspannungsfahrweise wird dann das Reaktionsprodukt nach kurzer Reaktionszeit rasch entspannt, wobei es sich abkühlt. Dadurch werden die zur Koksbildung führenden Reaktionen weitgehend gebremst („eingefroren"), als Rückstandsprodukt fällt ein schweres, für Heizzwecke geeignetes Öl an. Bei der Verkokungsfahrweise hält man das im Röhrenofen aufgeheizte Einsatzprodukt in besonderen Kokskammern so lange auf Kracktemperatur, bis die Koksbildung (Petrolkoks) abgeschlossen ist.



1 Thermisches Kracken: Schema des Dubbs-Verfahrens

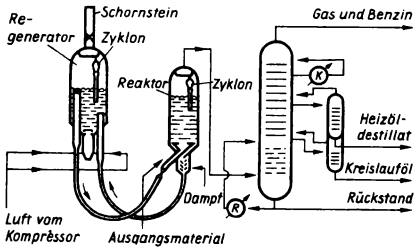
Nach diesem Prinzip arbeitet z. B. das *Delayed-Coking-Verfahren,* das auch in Zukunft bei der Erdölverarbeitung in der DDR eine gewisse Rolle spielen wird. — Eine Weiterentwicklung stellt das *Fluid-Coking-Verfahren* dar, bei dem die Spaltung schwerer Rohöle oder Rückstände in einer Wirbelschicht erfolgt. — Moderne thermische Verfahren, z. B. das *Dubbs-Verfahren* (Abb. 1), arbeiten zumeist mehrstufig, dabei werden die schwersten Anteile des Einsatzproduktes auf Koks und die leichten und mittleren Fraktionen selektiv auf Heizöl und Benzin gespalten (**Selektivkracken**). — Von Bedeutung sind neuerdings auch die thermischen Verfahren der Rückstandskrackung, die vor allem die Aufarbeitung schwerer Rückstände in Produkte geringerer Viskosität bezwecken („Visbreaking").

Die thermischen Krackverfahren sind heute weitgehend durch katalytisches K. abgelöst worden.

2) Das **katalytische K. (Catcracking, Katkracken)** arbeitet mit Katalysatoren bei Temperaturen von 460 bis 500 °C und Drücken von 0 bis 1,5 at. Im Gegensatz zum thermischen K. können mit Rücksicht auf die Schonung des Katalysators im allgemeinen nur saubere Destillate, nicht aber Rückstände verarbeitet werden (Ausnahme: Houdresid-Verfahren). Als Katalysatoren (Kontakte) verwendet man natürliche, und zwar Aluminiumsilikate vom Montmorillonit-Typus, oder synthetische, die z. B. aus Aluminiumoxid und Siliziumdioxid bestehen. Während des Krackprozesses schlägt sich Koks auf dem Katalysator nieder und vermindert die Aktivität. Durch Abbrennen des Kokses mit Luft bei Temperaturen von 600 bis 680 °C wird der Kontakt von Zeit zu Zeit regeneriert. Der Anfall an Koks und Gas ist beim katalytischen K. geringer als beim thermischen, die Benzinausbeute und -qualität sind auf Grund der besseren Lenkbarkeit und der schonenderen Bedingungen dagegen höher. Bei Einsatz von Gasölen fallen bis zu 55 % Benzin, 30 bis 40 % Krackgasöl und Krackheizöl sowie 10 bis 15 % Gase an.

Man unterscheidet 3 Arbeitsweisen: a) *Festbett* (Fixed-bed), erstmalig 1936 von Houdry angewandt. Der perlförmige Kontakt ist in 3 bis 4 Reaktionskammern (Reaktoren) fest angeordnet. Diese werden abwechselnd abgeschaltet und regeneriert (diskontinuierlicher Betrieb). b) *Bewegtbett* (Wanderbett, Moving-bed), 1940 ebenfalls von Houdry entwickelt. Der perlförmige Kontakt wird im Kreislauf bewegt und das Verfahren so kontinuierlich gestaltet. Nach der Arbeit im Reaktor wird der koksbeladene Kontakt im Regenerator abgebrannt und kehrt danach in den Reaktor zurück. Die bei der Oxydation des Kokses freiwerdende Wärme deckt den Wärmebedarf der Krackreaktion. Nach diesem Verfahren arbeiten der *Thermofor-Catalytic-Cracking-(TCC-)Process* und der *Houdriflow-Process.* Aus letzterem wurde das *Houdresid-Verfahren* entwickelt, das auch flüssige Rückstände zu kracken vermag. Der Durchsatz einer Bewegtbett-Anlage beträgt etwa 300 bis 1400 t je Tag. c) Das *Wirbelbett* (Fluid-bed, Abb. 2) bedeutet eine Verbesserung und Verfeinerung der Bewegtbett-Arbeitsweise durch Anwendung eines pulverförmigen Kontaktes (Korngröße 0,05 bis 0,2 mm). Dieser verhält sich unter geeigneten Bedingungen ähnlich wie eine Flüssigkeit (Fluid-Catalytic-Cracking) und ermöglicht leichteren Transport, gleichmäßigere Wärmeverteilung und gute Wärmeübertragung an das Spaltgut. Im Reaktor wird der Katalysator auf 510 bis 550 °C erhitzt und bringt das Spaltgut zum Verdampfen. Die Öldämpfe wirbeln den staubfeinen Katalysator durch die Reaktionszone, so daß das K. nach kurzer Zeit vollzogen ist. Das aus dem Reaktor austretende Öldampf-Katalysator-Gemisch wird

in einem Zyklon getrennt, der koksbeladene Katalysator in einen Regenerator übergeführt, in dem der Koks abgebrannt wird. Die Wärme der Regenerierungsabgase dient zur Dampferzeugung. Die Öldämpfe gelangen in eine Fraktionierkolonne, in der sie dann in Benzin, Gas, Heizöl, Kreislauföl und Rückstand zerlegt werden. Großanlagen haben einen Durchsatz von 13000 bis 14000 t je Tag. Beispiele sind das *Esso-Fluid-Catalytic-Cracking*, das *Kellogg-Orthoflow-Verfahren* und das *Shell-Two-Stage-Verfahren*.



2 Katalytisches Kracken: Schema des Wirbelbettverfahrens

3) Bei den drucklos oberhalb 600 °C geführten **Pyrolyseprozessen** wird die katalytische Dehydrierung neben dem Krackvorgang zur vorherrschenden Reaktion, so daß die Ausbeute von Alkenen und Aromaten im Vergleich zu den anderen Krackverfahren wesentlich gesteigert wird. Die Pyrolyse gasförmiger Kohlenwasserstoffe wurde ursprünglich in Röhrenerhitzern vorgenommen (z. B. Äthengewinnung aus Äthan, Propan, Butan), heute bevorzugt man die Anwendung fester Wärmeträger (hocherhitzte Steinkugeln), z. B. beim Pebbles-Heater-Prozeß und beim Thermofor-Pyrolyse-Prozeß (TPC-Prozeß), der außerdem auch für hochsiedende Erdölfraktionen verwendet werden kann. Flüssige Kohlenwasserstoffe werden im allgemeinen in Gegenwart von überhitztem Wasserdampf bei 600 bis 700 °C pyrolisiert. Wichtige Verfahren sind das 1951 entwickelte Shell-Pyrolyse-Verfahren zur Spaltung niedrig siedender Erdölfraktionen und der Kellog-Dampfpyrolyseprozeß. Im Hoechster Koker (1955) können Rohöle und Erdölrückstände verarbeitet werden, wobei Kokskugeln als Wärmehitzeträger eingesetzt werden. Im VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" dient ein Lurgi-Ruhrchemie-Sandkracker (LRS-Verfahren) zur Äthendarstellung. Bei diesem nach dem Wirbelschichtprinzip arbeitenden Verfahren dient hocherhitzter Sand als Wärmeüberträger. — Bei der Pyrolyse von Schwerbenzin, Petroleum oder Gasöl bei Temperaturen von 700 bis 1100 °C oder nach dem Catarol-Prozeß (1941) bei Temperaturen von 650 °C unter Verwendung von Kupfer als Katalysator erhält man hauptsächlich Aromaten (etwa 50 %).

Lit. Asinger: Chemie und Technologie der Monoolefine (Berlin 1957), Einführung in die Petrolchemie (Berlin 1960); Prinzler: Einführung in die Technologie des Erdöls (Leipzig 1961).

Krad, Abk. für → Kraftrad.

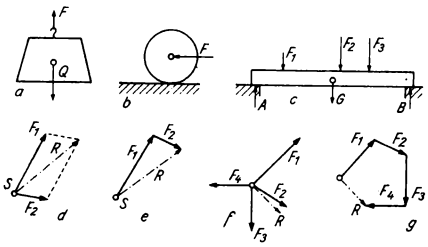
Kraft, Zeichen F, oft noch P, jede Einwirkung auf einen Körper, durch die er seine augenblickliche Bewegungsgröße (Impuls) nach Betrag oder Richtung ändert oder ändern könnte. Wichtige Kräfte sind in der klassischen Physik die **Gravitationskraft,** die **elektrischen Kräfte** und die **magnetischen Kräfte,** in der Atom- und Kernphysik außerdem die **Austauschkräfte.** Weiteres → Masse.

Die K. wird gemessen durch Impulsänderung in einer bestimmten Zeit (→ Newton); die Drehimpulsänderung in einer bestimmten Zeit ist ein Maß für das Kraftmoment (→ Drehmoment).

Die spezielle Formel Kraft = Masse · Beschleunigung hat bei Geschwindigkeiten, die klein gegen die Lichtgeschwindigkeit sind, ihre praktische Bedeutung behalten, obwohl die Relativitätstheorie lehrt, daß die Masse mit ihrer Geschwindigkeit zunimmt.

Die **physikalische Krafteinheit** ist im MKS-System das Newton (N), d. i. die K., die der (unveränderlichen) Masse von 1 kg die Geschwindigkeitsänderung von 1 m s^{-1} in 1 s erteilt (1 N = 1 m kg s^{-2}); im cgs-System ist die Krafteinheit das Dyn; 1 dyn = 10^{-5} N = 10^{-5} m kg s^{-2}. Die **technische Krafteinheit** ist das Kilopond (kp); 1 kp = 9,80665 N = 9,80665 m kg s^{-2}.

In der technischen Mechanik ist K. einer der wichtigsten Grundbegriffe. Unmittelbar wahrzunehmen ist sie in den Muskeln beim Heben oder Tragen einer Last, beim Überwinden eines Widerstandes u. a. (Abb. a und b). Nimmt man umgekehrt eine beschleunigte Bewegung oder eine Formänderung wahr, so läßt sich auf das Vorhandensein einer K. schließen. Eine K. kann also eine dynamische und auch eine statische Wirkung haben, z. B. freier Fall, Federwaage. Als **Volumenkräfte** bezeichnet man Kräfte, die an jedem Teilchen eines Körpers angreifen, wie die Erdanziehungskraft. **Flächenkräfte** sind Kräfte, die an einer Fläche eines Körpers angreifen; sie werden unterteilt in die tangential zur Fläche wirkenden Scherkräfte (→ Scherung) und die senkrecht zur Fläche wirkenden **Druckkräfte** (→ Druck). **Äußere Kräfte** sind Erdanziehungskraft, Lasten, Auflagerkräfte (Abb. c) sowie Reibungskräfte (→ Reibung). **Innere Kräfte** sind z. B. als Wechselwirkungskräfte in einem System vorhanden, in dem sie sich nach dem 3. Newtonschen Axiom aufheben. Außerdem unterscheidet man eingeprägte Kräfte und Reaktionskräfte (Zwangskräfte). **Eingeprägte Kräfte** oder „Kräfte physikalischen Ursprungs" lassen sich in ihrem Betrag ohne Kenntnis der durch sie hervorgerufenen Bewegung angeben und enthalten als Merkmale stets empirisch meßbare Konstanten (Gravitation, Gleitreibung, elastische Spannungen). **Reaktionskräfte** (auch „Kräfte geometrischen Ursprungs") treten nur in idealisierten Systemen auf (z. B. Kräfte, die den starren Körper zusammenhalten, oder der Druck in inkompressiblen Flüssigkeiten). Zu ihrer Kennzeichnung lassen sich keine physikalischen Konstanten angeben, und sie können erst nach Kenntnis des Bewegungsablaufs ermittelt werden. Gegenüber den eingeprägten Kräften leisten die Reaktionskräfte keine Arbeit.



Kräftedarstellungen: *a* Haltekraft F = Gewicht Q. *b* Kraft F überwindet den Fortbewegungswiderstand der Walze. *c* Äußere Kräfte (Lasten, Gewicht, Auflagerdrücke) an einem Träger auf zwei Stützen. *d* und *e* Zwei Kräfte und ihre Resultierende R (S Angriffspunkt der Kraft): Kräfteparallelogramm und Kräftedreieck (halbes Parallelogramm). *f* Vier Kräfte in einer Ebene an einem Punkt angreifend und ihre Resultierende. *g* Kräfteplan (Krafteck, Kräftepolygon) für die vier Kräfte von Abbildung *f*

Darstellung der K. Die K. ist ein Vektor, sie läßt sich also durch eine gerichtete Strecke (einen Pfeil) darstellen, deren Länge dem Betrag der K. und deren Richtung der der K.

entspricht. Greifen an einem Körper mehrere Kräfte an, so heißen sie **ebene Kräfte**, wenn sie in einer Ebene liegen, andernfalls **räumliche Kräfte**. Beliebig viele an einem starren Körper angreifende Kräfte lassen sich durch eine **resultierende K.** und ein resultierendes → Kräftepaar ersetzen. Die resultierende K. erhält man durch Vektoraddition der Einzelkräfte, die man zu diesem Zweck entlang ihrer Wirkungslinie entsprechend verschiebt.

Lit. → Mechanik.

Krafteck, svw. Kräfteplan, → Seileck.

Kräftepaar, in der Mechanik zwei gleich große Kräfte F mit entgegengesetztem Richtungssinn, deren Wirkungslinien in dem Abstand a parallel zueinander verlaufen. Infolgedessen heben sie einander nicht auf, sondern bewirken ein Drehmoment. Das K. wird durch sein → Moment gemessen: $M = F \cdot a$ (mkp). Gleichgewicht kann nur durch ein zweites Kräftepaar mit entgegengesetztem Drehsinn hergestellt werden ($F_1 a_1 = F_2 a_2$). Jedes Drehmoment kann durch ein K. ersetzt werden und umgekehrt.

Kräfteplan, → Seileck.

Kraftfahrzeug, abg. **Kfz.**, ein zwei- oder mehrrädriges oder mit Gleisketten (→ Gleiskettenfahrzeug) versehenes Landfahrzeug, das durch eigene Kraft angetrieben wird und nicht an Gleise gebunden ist. Man kann die K.e einteilen in 1) K.e zur Personenbeförderung: Kraftrad, Kabinenroller, Personenkraftwagen, Omnibus; 2) K.e für den Gütertransport: Lastkraftwagen, Zugmaschine, Sattelschlepper, Lastenroller, Elektrokarren und Dieselkarren; 3) landwirtschaftliche Traktoren; 4) Sonderkraftfahrzeuge: Feuerwehr-, Polizei- und Militärkraftfahrzeuge, Kühlwagen, Spezialfahrzeuge für den Behälterverkehr, Baumaschinen (z. B. Straßenwalzen), Amphibienfahrzeuge u. a.

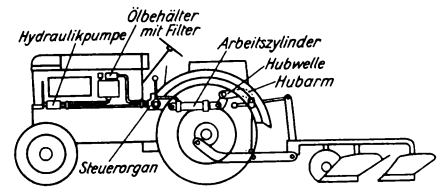
Der Antrieb von K.en erfolgt meist durch Verbrennungsmotoren (Otto- oder Dieselmotor), seltener durch Elektromotoren (→ Elektrostraßenfahrzeug), Gasturbinen (meist nur bei einigen Renn- und Sportwagen sowie einigen LKW) oder Dampfmaschinen (z. B. bei Straßenwalzen).

Lit. Dähn u. Hagedorn: Fachkunde Kraftfahrzeugschlosser und Kraftfahrzeughandwerker (5. Aufl. Berlin 1959); Herrmann: Neue Kraftfahrzeug- und Verkehrskunde (5. Aufl. Leipzig 1959); Jachmann u. Schroeter: Kraftfahrzeugkunde (2 Bde 6. Aufl. 1956/58); Schollain: Kraftfahrtaschenbuch (2. Aufl. Berlin 1959); Trzebiatowsky: Die K.e und ihre Instandhaltung (7. Aufl. 1957); Kraftfahrzeug- und Motorenkunde (Berlin 1954); K.e auf unseren Straßen (Berlin 1959); Schollain: Handb. der Kraftfahrzeuginstandsetzung (3. Aufl. Berlin 1967); Schnitzlein u. Pertzsch: Lexikon der Kraftfahrzeugtechnik (Berlin 1967); Lehrb. für den Berufskraftfahrer, Tl 1 Fahrzeug- und Motorenkunde (4. Aufl. Berlin 1967); Motor-Jahr (Berlin); Ztschr. Kraftfahrzeugtechnik (Berlin), Der deutsche Straßenverkehr (Berlin).

Kraftfeld, → Feld.

Kraftfluß, Feldfluß. K. durch eine Fläche A ist das Integral der Feldstärke E (oder einer entsprechenden Größe eines physikalischen Feldes) über A: $\iint_A (E \, \mathrm{d}a)$. Wenn z. B. die Fläche eben ist und der (überall konstante) Feldstärkevektor E auf ihr senkrecht steht, so ist der K. gleich dem Produkt aus Feldstärke und Fläche. Der Begriff des Kraftflusses wird hauptsächlich in Elektrizitätslehre und Magnetismus gebraucht, → magnetischer Fluß.

Kraftheber, ein Zusatzgerät zum → Traktor. Es ermöglicht insbesondere die Bedienung von Anbaugeräten (z. B. Mähbalken, Pflug), z. T. auch von Anhängegeräten, d. h. das Senken der Geräte auf Arbeitshöhe und das Hochheben derselben zum Wenden oder zur Transportfahrt. Auch das Heben und Senken der Auslegearme von Ladern wird mit Hilfe des K.s vorgenommen. Neben Traktoren sind vielfach auch selbstfahrende Maschinen mit K.n ausgestattet. Die Betätigung der K. erfolgt 1) durch menschliche Muskelkraft **(Handkraftheber)** mit mechanischer oder auch hydraulischer Kraftübertragung oder 2) durch den Motor des Fahrzeuges **(Motorkraftheber)**, und zwar a) mit mechanischer Kraftübertragung, z. B. von der Zapfwelle aus **(mechanischer K.)**, oder b) mit pneumatischer Betätigung **(pneumatischer K.)** nach dem Prinzip der → Druckluftbremse. Der pneumatische K. kann gleichzeitig zum Abbremsen von Anhängern, zur Betätigung von Kippern und zum Aufpumpen von Luftreifen verwendet werden; wegen des zur Verfügung stehenden niedrigen Druckes von 5 bis 6 at ist jedoch sein Arbeitsvermögen begrenzt. c) Bei den meisten Traktortypen wird heute der **hydraulische K. (Hydraulik)** benutzt, der die vielseitigsten Verwendungsmöglichkeiten aufweist. Eine vom Fahrzeugmotor angetriebene Pumpe saugt dabei aus einem Behälter Öl und drückt es unter hohem Druck über Leitungen in den Arbeitszylinder des K.s. Dadurch wird in dem Zylinder ein Kolben betätigt, der seinerseits über eine Hubwelle mit Hubarmen das Gerät hebt oder senkt. d) **Elektrische K.** erhalten ihren Antrieb durch Elektromotoren, deren Drehungen durch Übersetzungen in Hubbewegungen umgewandelt werden. Elektrische K. werden unter anderem zum Heben und Senken des Mähwerkes bei selbstfahrenden Mähdreschern verwendet. Die Leistung der hydraulischen K. erreichen sie jedoch nicht.



Hydraulischer Kraftheber

Kraftmaschine, eine Maschine zur Umwandlung einer Energieform, z. B. chemischer Energie oder Wärmeenergie, in eine andere, insbesondere mechanische Energie. K.n werden eingeteilt in 1) **Wärmekraftmaschinen:** Dampfkraftmaschinen (Dampfmaschine, Dampfturbine), Heißluftmotor, Verbrennungsmotor; 2) **Wasserkraftmaschinen:** Wasserrad, Wasserturbine; 3) **Windkraftmaschinen:** Windmühle, Windrad, Windturbine; 4) **Elektromotoren.** Gegensatz: → Arbeitsmaschine.

Kraftmeßdose, ein Gerät zur Messung von Druck- oder Zugkräften, ein Meßwandler. Die K. besteht aus einem dosenförmigen Gehäuse, in das ein Federkörper in Form eines Bügels, Ringes, Biegebalkens oder einer prismatischen oder zylindrischen Säule aus Stahl eingebaut ist. Der Federkörper wird durch die zu messende Kraft, die an einer an jeder Stirnseite der Dose herausragenden Kugel oder Zugschraube angreift, elastisch verformt. Die Deformation (Dehnung oder Stauchung) des Federkörpers kann mechanisch (mittels Feinzeigers), elektrisch (mittels Dehnungsmeßstreifens), magnetisch (induktiv) oder piezoelektrisch gemessen werden. Die gemessene Größe ist der Kraftwirkung proportional.

K.n werden verwendet als Normale zur Eichung von Kraftmeßeinrichtungen (Werkstoffprüfmaschinen u. a.) und als Meßelemente in Wägeeinrichtungen (Dosier-, Fahrzeug-, Gleiswaagen).

Kraftmesser, Dynamometer, ein Gerät zum Messen einer Kraft. Im einfachsten Fall ist der K. als **Federdynamometer** ausgeführt, bestehend

aus einer Schraubenfeder, die durch eine Zugkraft ausgedehnt oder durch eine Druckkraft zusammengepreßt wird. Diese Verschiebung wird an einer durch Vergleich mit Wägestücken nach Kilopond geeichten Skale abgelesen. Zur Leistungsmessung dient das **Bremsdynamometer.** Dabei wird eine Momentenmessung bei bekanntem, unveränderlichem Hebelarm auf eine Kraftmessung zurückgeführt; die gemessene Leistung wird in Reibungswärme umgesetzt, → Bremsleistung.

Kraftpaarung, svw. → Kraftschluß.

Kraftrad, abg. **Krad,** ein zweirädriges, einspuriges Kraftfahrzeug zur Personenbeförderung, das mit oder ohne Knieschluß (Reitsitz oder Sesselsitz) gefahren wird. Zu den Krafträdern zählen Motorrad, Motorroller, Moped und das Fahrrad mit Hilfsmotor. Aus Motorroller bzw. Motorrad wurde der Lastenroller entwickelt.

Lit. Heise: Krafträder (4. Aufl. Leipzig 1955); → Motorrad, → Motorroller, → Moped, → Kraftfahrzeug.

Kraftschluß, Kraftpaarung, die Sicherung steter Berührung eines unselbständigen (nicht formschlüssigen) → Elementenpaares durch eine Kraft, z. B. durch eine Feder. Kraftschlüssige Schraubensicherungen (z. B. Federring, Zahnscheibe, Gegenmutter) rufen zusätzliche Verspannungen (meist Axialverspannung) hervor. Bei Maschinenelementen stellt K. das Verbinden von Teilen mittels Reibung dar. K. wird hervorgerufen durch Kräfte, z. B. bei Riemen und Riemenscheibe, Rad und Schiene oder bei Preßverbindungen. Bei dem Kurvengetriebe wird durch Federkraft die ständige Berührung von Rolle und Kurvenscheibe gewährleistet. Gegensatz: → Formschluß.

Kraftstoffe, Treibstoffe, solche Brennstoffe, deren chemisch gebundene Energie durch Verbrennung mit Luft in Verbrennungsmotoren, Gasturbinen oder Strahltriebwerken in mechanische Arbeit umgewandelt werden kann.

Vergaserkraftstoffe, abg. **VK,** werden in Vergaser- (bes. Otto-) Motoren eingesetzt. Man verwendet dafür Flüssigkeiten, z. B. Benzin, Benzol und gelegentlich auch Alkohole, jedoch auch brennbare Gase. Die wichtigste Gebrauchswertforderung an Vergaserkraftstoff ist hohe Klopffestigkeit. Diese Forderung resultiert aus der Tendenz des Motorenbaues, durch steigende Verdichtung höhere thermische Wirkungsgrade zu erreichen. Hohe Verdichtung bewirkt aber bei der Verbrennung von paraffinhaltigem Vergaserkraftstoff im Otto-Motor einen teilweise zu schnellen Verbrennungsablauf, der zur Erscheinung des Klopfens führt. Benzol und aromatenhaltige Benzine sowie verzweigte und zykloparaffinische Benzine haben hohe Klopffestigkeit, die durch Zusatz von → Antiklopfmitteln noch verbessert wird. Die Bewertung der Klopffestigkeit geschieht mittels der → Oktanzahl. Otto-Motoren mit Verdichtungen von 7 : 1 bis 10 : 1 verlangen Oktanzahlen von 75 bis 100. Von Flugkraftstoffen für Kolbenmotoren, deren Bedeutung gegenüber den Turbinentreibstoffen stark zurückgeht, wird eine noch höhere Klopffestigkeit als für Kraftfahrzeug-Motoren verlangt. Außer hoher Klopffestigkeit werden von einem Vergaserkraftstoff gefordert: fast rückstandslose Verdampfbarkeit, ausreichender Dampfdruck im Winter (gutes Startvermögen) und nicht zu hoher Dampfdruck im Sommer (sonst Förderstörungen im Ansaugsystem durch Dampfblasenbildung), Abwesenheit von korrodierenden Schwefelverbindungen, Mineralsäuren, Wasser und festen Fremdstoffen, keine Ausscheidungen bis −20 °C.

Der weitaus wichtigste flüssige Vergaserkraftstoff ist *Benzin,* das etwa zwischen 45 und 200 °C siedet und heute fast ausschließlich aus Erdöl gewonnen wird. Es wird durch Mischen mit speziell hergestellten Hochleistungsbenzinen (→ Benzin, Punkt 4) oder durch → Reformieren sowie schließlich noch durch Zusatz von Antiklopfmitteln auf die benötigte Oktanzahl gebracht. Außer Antiklopfmitteln werden den Benzinen noch weitere → Additives zugegeben, die die Lagerbeständigkeit erhöhen und Korrosion, Glühzündung und Vergaservereisung verhindern sollen. Zu den flüssigen Vergaserkraftstoffen gehören auch die **Rennkraftstoffe,** d. s. Mischungen, die mit großer Sachkenntnis je nach Art und Länge der Rennstrecke sowie auf den Motor abgestimmt sein müssen bzw. vorgeschrieben sind. Sie enthalten im allgemeinen neben hochklopffesten Kohlenwasserstoffen (z. B. Benzol und Hochleistungsbenzine) bis zu 50 % Methanol und Äthanol, deren hohe Verdampfungswärmen gute Innenkühlung der Zylinder und dadurch erhöhte Füllung bewirken, sowie Rizinusöl als Schmierstoff.

Gasförmige Vergaserkraftstoffe zeichnen sich durch hohe Klopffestigkeit und sehr saubere Verbrennung aus. *Permanentgase,* d. s. methanhaltige Gase wie „trockenes" Erdgas, Stadtgas, Kokereigas, Klärgas, werden entweder in stationären Motoren verbrannt oder auf Fahrzeugen in Hochdruckstahlflaschen (200 at) mitgeführt. Generatorgas wird aus Koks, Holzkohle oder Holz im Fahrzeuggenerator erzeugt. *Flüssiggas,* d. i. ein Gemisch hauptsächlich aus C_3- und C_4-Kohlenwasserstoffen (Propan, Butan, Propen, Buten), gewinnt man aus „nassem" Erdgas, Raffinerieabgasen der Destillation oder Krackung, Hydrierabgasen und Fischer-Tropsch-Endgasen. Es wird in speziellen Stahlflaschen (8 at) mitgeführt.

Als **Turbinentreibstoffe (Düsentreibstoffe,** englisch **Jet propellants,** abg. **J. P.**) für Flugturbinen und Strahltriebwerke werden Kohlenwasserstoff-Fraktionen — meistens aus Erdöl, gelegentlich auch aus hydrierten Braunkohlen- oder Steinkohlenteeren — des Siedebereiches zwischen 150 und 250 °C verwendet. Sie sollen Stockpunkte bis −60 °C, einen Aromatengehalt von maximal 15 bis 20 %, gute Zündwilligkeit, rußfreie Verbrennung u. a. m. zeigen. Diese und andere Anforderungen je nach Verwendungszweck sind teilweise schwer miteinander zu vereinbaren. Am geeignetsten wären mehrkernige, alkylierte Zykloparaffine, deren Gewinnung bzw. Herstellung jedoch einstweilen zu teuer ist.

Gasturbinen für den stationären Betrieb sowie für Schiffs- und Lokomotivenantriebe werden mit billigeren Dieselkraftstoffen (s. u.) bis zu billigsten schweren Rückstandsölen gefahren. Die Turbineneintrittstemperaturen betragen bis zu 750 °C. Dabei besteht Gefahr von Koksablagerungen und von Heißkorrosion durch geringste Mengen von Vanadinpentoxid, besonders bei Anwesenheit von Alkalien, durch Bildung niedrigschmelzender Eutektika. Als Gegenmittel setzt man Dolomit u. dgl. zu. Weitere Additives werden gegen Sedimentation von Schlamm und gegen Tankkorrosion sowie zur Verbrennungsförderung eingesetzt.

Dieselkraftstoffe, abg. **DK,** sind im allgemeinen Erdölfraktionen, in der DDR auch Hydrierprodukte aus Braunkohlenteer und Fischer-Tropsch-Fraktionen innerhalb des Siedebereichs von 280 bis 350 °C. Der Beginn der Paraffinausscheidung soll je nach Klima und Jahreszeit nicht oberhalb −20 °C liegen. Weiterhin müssen möglichst geringe Koksablagerung, gute Zündwilligkeit, die durch eine hohe Zetanzahl ausgedrückt wird, und mäßiger Schwefelgehalt gewährleistet sein. Diese Anforderungen machen gegebenenfalls eine Entparaffinierung (Entfernung höher stockender Paraffine) durch Kühlung oder mittels Harnstoffs (Bildung abfiltrierbarer Addukte) und hydrierende katalytische Raffination bei Mitteldruck nötig. Die Zündwilligkeit kann durch

Zündbeschleuniger (Klopfpeitschen, z. B. Alkylnitrite und -nitrate) verbessert werden.

Weiteres → Raketentreibstoffe.

Lit. Eckardt: Betriebsstoffe für Kraftfahrzeuge (Leipzig 1965); Eckardt u. a.: Additives (2. Aufl. Leipzig 1967); Ost-Rassow: Lehrb. der chemischen Technologie, Bd 2 (27. Aufl. Leipzig 1965); Prinzler: Einführung in die Technologie des Erdöls (Leipzig 1961); Zerbe: Mineralöle und verwandte Produkte (Berlin 1952); TGL-Taschenbuch 20 bis 22, Mineralölprodukte, Bd 1/2.

Kraftstoffmesser, Benzinuhr, ein Meßgerät, das den Benzinvorrat im Tank eines Kraftwagens oder Flugzeuges mißt und anzeigt. Als Meßorgan dient ein Schwimmer, dessen Höhenlage im Tank von der Benzinmenge abhängig ist und auf mechanischem oder elektrischem Weg auf ein Anzeigeinstrument übertragen wird.

Kraftübersetzung, → Übersetzung.

Kraft-Verlängerungs-Diagramm, → Zugversuch.

Kraftwagen (Tafeln 2, 3), ein drei-, vier- oder mehrrädriges Landfahrzeug, das durch Maschinenkraft angetrieben wird und nicht an Gleise gebunden ist.

Arten. Der **Personenkraftwagen** (abg. **PKW**) und der → **Omnibus** (abg. **Bus**) dienen zur Beförderung von Personen, der → **Lastkraftwagen** (abg. **LKW**) zur Beförderung von Lasten. Als selbstfahrende Sondermaschine dient der K. zur Durchführung von Spezialaufgaben, z. B. zur Straßenreinigung. Der **geländegängige K.** kann auch in unwegsamem Gelände fahren; er besitzt Allradantrieb, Allradlenkung, Einzelradaufhängung, große → Bodenfreiheit, z. T. Stützrollen in Wagenmitte zum Schutz gegen Aufschlagen auf Bodenerhebungen oder auch Mittelräder (Mehrradwagen).

Aufbauprinzip. Der K. besteht in Normalbauweise aus dem Fahrgestell und dem Aufbau. I) Das **Fahrgestell** oder **Chassis** umfaßt das Fahrwerk und das Triebwerk. 1) Das Fahrwerk besteht aus einem verbindenden Traggerüst (Rahmen), den Rädern, deren Aufhängung (Achsen), der Federung, der Bremsanlage und der Lenkung.

a) **Rahmen.** Der verwindungssteife Rahmen bildet die Grundlage für das Fahrgestell und dient als Fundament für den Aufbau. Der Rahmen trägt Motor, Kupplung und Getriebe, die meist zu einem Block zusammengefaßt sind, und stützt sich über die Federung auf die Radachsen ab. Grundform ist der leiterförmige Rahmen aus offenen Profilträgern. Durch geschlossene Stahlblechprofile in Kasten- oder Rohrform, durch X-Verstrebungen usw. wird eine ausreichende Verwindungssteifheit erreicht. Bei dieser Bauweise wird der Aufbau als geschlossener Kasten lösbar über Gummipolster mit dem Rahmen verbunden. Beim *halbselbsttragenden Aufbau* ist der Karosserieboden mit dem relativ leichten Rahmen verschweißt (Plattformrahmen mit Mittel- oder X-Trägern), auf den der Aufbau als Haube aufgesetzt ist. Die Befestigung ist lösbar ohne elastische Zwischenlager. Im Großserienbau setzt sich immer mehr die *selbsttragende Ganzstahlkarosserie* durch. Hier werden Karosseriekörper und Boden mit eingeschweißten Profilträgern zu einem steifen Körper vereint, der auch die Antriebsteile usw. aufnimmt, ohne daß noch ein zusätzlicher Rahmen erforderlich ist.

b) **Räder.** Verwendet werden meist Scheibenräder, seltener (bei Sport- und Rennwagen) Speichenräder. Sie bestehen aus der → Felge, die die → Luftbereifung trägt, und der Radscheibe. Sie weisen charakteristische Radstellungsgrößen auf, z. B. Vorspur, Sturz, Spreizung und Nachlauf.

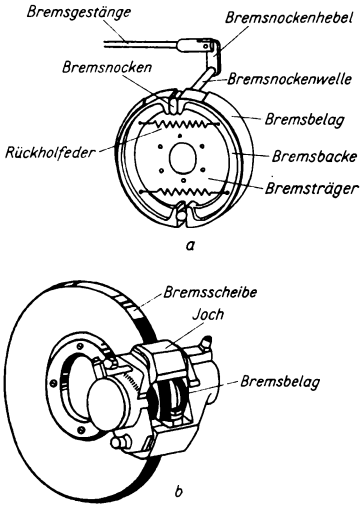
Bei einigen K. wird ein Fahrschemel verwendet; dabei sind Motor, Getriebe, Lenkung und Vorderachse zu einem Block vereinigt, der durch wenige Schrauben mit dem Rahmen verbunden ist. Vorteil: schneller und leichter Ausbau bei Reparaturen.

c) **Radaufhängung.** Die Räder sind beweglich zum Wagenkörper angeordnet und gegen diesen abgefedert. Ältere Kraftwagentypen besitzen **Starrachsen,** die die nebeneinanderliegenden Räder miteinander verbinden. Eine Sonderform der hinteren Starrachse ist die **Schwebeachse,** eine Starrachse mit aufrechten Federstützen zur Aufnahme der Querblattfeder; der Wagenkörper stützt sich etwa in Höhe des Schwerpunktes auf der Feder ab, wodurch das unangenehme Überneigen des Wagenkastens in Kurven verhindert wird. Günstiger für die Fahreigenschaften des K.s ist die **Einzelradaufhängung (unabhängige Radaufhängung),** wobei ein Rad beim Einfedern nicht das andere beeinflußt. Durch die geringeren unabgefederten Massen werden außerdem gegenüber der Starrachse geringere Kräfte auf den Wagenaufbau übertragen, durch die geringere Masseträgheit der gesamten Radaufhängung kann das Rad den Fahrbahnunebenheiten besser folgen (bessere Bodenhaftung). Man unterscheidet verschiedene Arten der Einzelradaufhängung. Bei der Kurbelachse kann das Rad, an ein oder zwei Kurbeln (Längslenker) aufgehängt, Schwingbewegungen um deren quer zur Wagenlängsachse am Wagenkörper liegende Drehachsen ausführen; keine Spur- und Sturzänderung beim Einfedern. Beim Doppelquerlenker wird das Rad an zwei parallel übereinanderliegenden, mit dem Wagenkörper gelenkig verbundenen Querlenkern (Dreieckslenker) geführt. Bei gleichlangen Querlenkern (Parallelogrammform) Radbewegung senkrecht zur Fahrbahn, bei ungleichlangen Querlenkern (Trapezform) Sturzänderung beim Einfedern. Die Spur ändert sich bei beiden Arten. Eine weitere Bauart ist die Kombination aus Querlenker und Querfeder. Bei der Pendelachse sind die beiden Achshälften in der Mitte mit dem Wagenkörper oder mit dem Ausgleichgetriebe (bei Antriebsachsen) gelenkig verbunden. Große Sturzänderung, deshalb für gelenkte Räder nicht zu verwenden. *Schrägpendelachse*: die Achshälften pendeln um zwei schräg zur Fahrzeuglängsachse liegende Achsen, geringere Sturz- und Spuränderung als bei der Pendelachse.

d) Zur **Federung** verwendet man Blatt- oder Schraubenfedern, auf Zug oder Scherung beanspruchte Gummifedern oder auf Verdrehung beanspruchte Stahlstäbe (Dreh- oder Torsionsstäbe). Neuerdings wird auch die Luftfederung angewendet, die teilweise als kraftübertragendes Zwischenglied mit einer Hydraulikanlage kombiniert ist (hydro-pneumatische Federung). Bei weichgefederten Fahrzeugen (meist mit Luftfederung oder hydro-pneumatischer Federung) wird vielfach die Niveauregulierung angewendet, die den Aufbau unabhängig von der Belastung in gleicher Höhe über der Fahrbahn hält. Zum raschen Abdämpfen der Fahrzeugschwingungen nach Fahrbahnstößen dienen → *Stoßdämpfer*, die zwischen dem Rahmen oder dem Aufbau und den unabgefederten Massen (Reifen, Räder, Radführung, Bremsen usw.) parallel zur Feder eingebaut sind. *Stabilisatoren* (hydraulische, Torsionsstabilisatoren) sollen die Kurvenneigung des Wagenkörpers gering halten. Prinzip: zusätzliche Versteifung der Federn der kurvenäußeren Räder.

e) **Bremsanlage.** Allgemein üblich ist heute die **Allradbremse,** wobei jedes Rad mit einer Bremse ausgestattet ist. Bei der **Innenbackenbremse** befinden sich im Innern einer Bremstrommel, die mit dem Rad oder der Achswelle verbunden ist und sich mitdreht, zwei bis vier feststehende Bremsbacken, die beim Betätigen der Bremsvorrichtung gespreizt und gegen die Bremstrommel gedrückt werden. Die Bremsbacken sind mit einem Reibbelag (→ Reibstoffe)

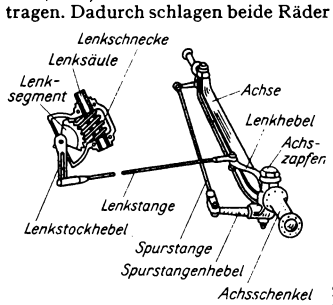
versehen. Die moderne **Scheibenbremse** hat eine ringscheibenförmige Bremsfläche, an die der Reibbelag angedrückt wird. Bei den Vollscheibenbremsen wird die stillstehende, mit Reibbelag belegte Scheibe wegen der besseren Wärmeabfuhr innen axial an ein umlaufendes Gehäuse angepreßt, das mit Kühlrippen versehen ist.



1 **Kraftwagenbremsen:** *a* **Innenbackenbremse,** *b* **Teilscheibenbremse**

Bei der Teilscheibenbremse wird die umlaufende Bremsscheibe von einem Joch umfaßt, in dem axial bewegliche Klötze aus Reibstoff auf Belagträgern sitzen. Diese Belagträger werden hydraulisch oder mechanisch mit beiderseits gleicher Kraft gegen die Scheibe gepreßt. Scheibenbremsen haben mehrere Vorteile, z. B. geringe Empfindlichkeit gegen Reibwertschwankungen und damit gleichmäßige Bremskräfte an den Rädern, leichte Auswechselbarkeit der Bremsbeläge, kein oder nur geringes Nachlassen der Bremswirkung (Fading) bei starker Erwärmung der Bremse. Nachteilig sind die wesentlich größere Belagbeanspruchung und die erforderlichen größeren Fußkräfte (oft Bremskraftverstärker erforderlich). – Die Betätigung der Bremsvorrichtung geschieht über Bremsgestänge oder -seile oder hydraulisch durch Niedertreten eines vor dem Fahrersitz angeordneten Fußhebels **(Fußbremse).** Die Fußbremse ist die Betriebsbremse, sie wirkt auf alle Räder. Bei den **hydraulischen Bremsen** wird vom Fahrer über das Bremspedal durch den Kolben im Hauptbremszylinder in der Bremsanlage (Rohrleitungssystem) ein Druck erzeugt, der sich infolge der Ölfüllung gleichmäßig auf die einzelnen in den Radbremsen untergebrachten Radbremszylinder verteilt und hier die Bremsbacken, -scheiben oder sonstige Bremsbelagträger betätigt. Bei **Druckluftbremsen** und **Saugluftbremsen** wird Über- oder Unterdruck in den Bremsleitungen und -zylindern benutzt, um die Bremsteile zu bewegen. Durch Einbau von *Bremskraftverteilern* soll erzielt werden, daß die von jedem Rad an die Fahrbahn übertragenen Bremskräfte proportional ihren jeweiligen Radlasten sind, womit eine möglichst vollkommene Ausnutzung der Fahrzeugmasse als Adhäsionsgewicht erreicht und ein vorzeitiges Blockieren, d. h. Rutschen einzelner Räder vermieden wird. Zur Erhöhung der Sicherheit wird die Bremsanlage bei schweren und schnellen K. in zwei voneinander unabhängige Bremskreise getrennt, so daß bei Ausfall des einen der K. mit dem anderen Bremskreis abgebremst werden kann. Solche **Zweikreisbremsen** sind in manchen Ländern für schwere K. gesetzlich vorgeschrieben. Die **Handbremse** wird durch Anziehen eines Handhebels betätigt, sie wirkt mechanisch über ein Gestänge oder Seile auf die Hinterräder und dient hauptsächlich zum Feststellen des Wagens. Zu diesem Zweck ist sie mit einer federbelasteten Klinkenstange versehen, die in ein Zahnsegment eingreift. Zur Unterstützung der Bremsen kann bei K. mit Verbrennungsmotoren (besonders Viertaktern) mit dem Motor gebremst werden **(Motorbremse).** Man läßt zu diesem Zweck den Motor bei eingeschaltetem niedrigem Gang im Leerlauf laufen; dadurch wird kinetische Energie des rollenden Fahrzeuges zur Deckung der Reibungsverluste des Motors einschließlich Ladungswechselarbeit verwendet.

f) **Lenkung.** Sie dient zur Änderung der Fahrtrichtung des K.s und ist fast ausschließlich als **Achsschenkellenkung** der Vorderräder ausgeführt. Nur in Sonderfällen, wo es auf große Wendigkeit des K.s ankommt, wird die **Vierrad-** oder **Allradlenkung** angewendet (alle Räder sind durch Lenkgestänge verbunden und lenkbar). Die Räder sind bei der Achsschenkellenkung nicht starr mit der Vorderachse verbunden, sondern auf Achsschenkel aufgeschoben, deren etwa senkrecht angeordnete Zapfen (Achsschenkelbolzen) drehbar in der Vorderachse gelagert sind. Entsprechend der Ausbildung der Achsschenkel an der Achse unterscheidet man bei Starrachsen Turmachse, Faustachse und Gabelachse. Das Schwenken der Achsschenkel geschieht durch Drehen des am oberen Ende der Lenksäule angeordneten Lenkrades. Hierbei wird über Lenkgetriebe und Lenkstockhebel (Antriebsglied des Lenkgetriebes) eine Lenkstange (Schubstange) vor- und zurückgezogen, die einen Achsschenkel um seinen Bolzen schwenkt. An den Verbindungsstellen der Lenkstange mit der ungefederten Vorderachse einerseits und dem Lenkstockhebel andererseits werden ausschließlich Kugelgelenke verwendet. Die Bewegung des einen Achsschenkels wird bei Starrachsen durch eine Spurstange, die die beiden Spurstangenhebel verbindet, auf den anderen Achsschenkel übertragen. Dadurch schlagen beide Räder im gleichen



2 **Schneckenlenkung**

Sinne ein. Arten der *Lenkgetriebe*: Bei dem **Schraubenlenkgetriebe** wird bei Lenkraddrehung die an der Lenksäule (Lenkrohr) befestigte Lenkschraube in der nicht drehbaren Lenkmutter gedreht; die Lenkmutter bewegt sich dadurch in der Längsrichtung und bringt über eine Welle den Lenkstockhebel zum Ausschlag. Eine Sonderbauart der Schraubenlenkgetriebe ist die **Kugelumlauflenkung.** Bei ihr sind am unteren Ende der Lenksäule schraubenförmige Gewindegänge eingefräst, in denen Stahlkugeln umlaufen. Dadurch wird die darübergeschobene Lenkmutter axial bewegt, die ihrerseits mit einem Zahnsegment in Eingriff steht und die Bewegung über dieses auf den Lenkstockhebel überträgt. Die

Kugeln rollen in einem schrägen Rücklaufrohr zurück und fädeln sich wieder in den entsprechenden Gewindegang ein (zwei Kugelkreisläufe). Vorteilhaft ist hierbei die Leichtgängigkeit der Lenkung infolge der Wälzlagerwirkung der Kugeln. Beim **Schneckenlenkgetriebe** wird eine im Lenkgehäuse gelagerte Schnecke gedreht, die ein eingreifendes Schneckenradsegment bewegt. Auf der Achse des Schneckenradsegmentes ist der Lenkstockhebel aufgekeilt. An Stelle des Schneckenradsegmentes findet man bei manchen Konstruktionen einen Rollenzahn. Bei der **Roßlenkung** ist nur noch ein in die Lenkschnecke eingreifender Rollenfinger vorhanden, der die Bewegung über einen Fingerhebel auf den Lenkstockhebel überträgt. Beim **Zahnstangenlenkgetriebe** bewegt das am unteren Ende der Lenksäule befestigte Zahnrad eine quer zur Wagenlängsachse geführte Zahnstange und die daran angelenkten Spurstangenhälften. — Die Lenkung muß ein einwandfreies Übertragen der Lenkbewegung vom Lenkrad auf die Räder gewährleisten, ohne daß deren einwandfreies Abrollen — auch beim Durchfedern — beeinträchtigt wird und sich Fahrbahnstöße am Lenkrad bemerkbar machen. Die Übersetzung im Lenkgetriebe ist so ausgelegt, daß bei geringem Lenkradweg vom äußersten rechten bis zum äußersten linken Lenkeinschlag nur ein geringer Kraftaufwand am Lenkrad erforderlich ist und dabei beim PKW etwa 2 bis 3, beim LKW 4 bis 6 Lenkradumdrehungen genügen. Bei schweren LKW und Omnibussen, vereinzelt auch bei schweren PKW, bei denen die Lenkkräfte zu groß werden, verwendet man **Lenkhilfen**. Man unterscheidet dabei zwei Ausführungen. Bei der hydraulischen Servolenkung gelangt bei Lenkraddrehung durch entsprechende Steuerung (Steuerventile) von einer durch den Motor angetriebenen Ölpumpe Drucköl zu einem am Lenkgestänge angebrachten Arbeitszylinder. Dadurch verschiebt sich dessen Kolben, der mit seiner Kolbenstange direkt auf das Lenkgestänge wirkt, wodurch die vom Fahrer aufzubringende Lenkkraft wesentlich verringert wird. An Stelle des Drucköles wird teilweise auch die für die Bremsanlage vorhandene Druckluft als Hilfskraft benutzt (pneumatische Lenkhilfe).

g) Die **Schmierung** am Fahrgestell kann erfolgen als *Einzelschmierung* der entsprechenden Schmierstellen (Schmiernippel); als *Gruppenschmierung*, wobei jeweils mehrere Schmiernippel an leicht zugängiger Stelle zusammengefaßt angebracht und mit den zugehörigen Schmierstellen durch Rohrleitungen verbunden sind; als *Zentral-* oder *Eindruckschmierung*, wobei eine vom Fahrer durch Pedaldruck betätigte zentrale Kolbenschmierpumpe Schmiermittel durch Rohrleitungen an alle Schmierstellen drückt. Bei modernen K. werden wartungsarme oder wartungsfreie Lager verwendet, die bei der Herstellung eine Dauerfüllung von Schmiermitteln erhalten.

2) Das Triebwerk besteht aus dem Motor mit den zu seinem Betriebe notwendigen Einrichtungen und den Kraftübertragungsgliedern, die das vom Motor erzeugte Drehmoment an die Triebräder weiterleiten (Kupplung, Wechselgetriebe, Wellen, Gelenke, Ausgleichgetriebe). Nach der Anordnung des Triebwerks unterscheidet man verschiedene Bauweisen von K. Bei der **Standardbauweise** wird das Drehmoment von dem zwischen den Vorderrädern aufgehängten Motor-Kupplung-Getriebeblock über Gelenkwelle, Ausgleichgetriebe und Radantriebswellen den Hinterrädern als Triebrädern zugeleitet. Bei modernen K. auch folgende Anordnung: Vorn liegender Motor treibt über eine leichte Gelenkwelle die Kupplung, das Getriebe und das Ausgleichgetriebe, die an der Hinterachse in einem Block zusammengefaßt sind. Beim **Frontantrieb** sind Motor, Kupplung, Wechselgetriebe und Ausgleichgetriebe zu einem Block (Fronttriebsatz) vereinigt, der zwischen den angetriebenen Vorderrädern angeordnet ist. Die Vorderräder sind Trieb- und Lenkräder, die Hinterräder reine Laufräder. Beim **Heckantrieb** ist der Hecktriebsatz über oder hinter der angetriebenen Hinterachse angeordnet. Beim **Vierrad-** oder **Allradantrieb** (für geländegängige Fahrzeuge) wird die Antriebskraft auf sämtliche Räder übertragen; dazu ist ein Verteilergetriebe zwischen Getriebe und den Antriebsachsen eingebaut. Mittels eines Hebels im Fahrerhaus kann z. B. bei Straßenfahrt über Schaltklauen und Schaltmuffe der Vorderachsantrieb wahlweise abgeschaltet werden.

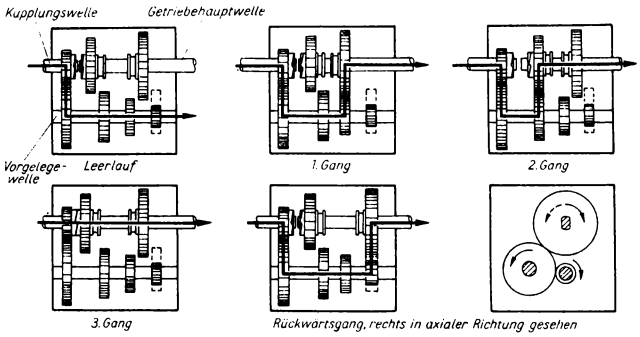
a) **Motor.** Er erzeugt die Antriebskraft und ist in der Regel ein → Verbrennungsmotor (Ottomotor, Dieselmotor) oder eine Kleingasturbine (→ Gasturbinenanlage). Die → Elektrostraßenfahrzeuge haben elektromotorischen Antrieb. Eine besondere Form des elektromotorischen Antriebes ist der → Gyroantrieb. Bei Antrieb durch Verbrennungsmotor wird die Leistungsabgabe des Motors über den Fahrfußhebel (Gaspedal) durch Mengenregulierung des Kraftstoff-Luft-Gemisches (beim Ottomotor) oder nur des Kraftstoffes (beim Dieselmotor) den jeweiligen Fahrwiderständen angepaßt. Über die Kühlung des Motors → Verbrennungsmotor. Die Abgase werden durch ein Leitungssystem (→ Auspuffleitung) abgeleitet. Der Zufluß des Kraftstoffes zum → Vergaser (bei Vergaser-Ottomotoren) oder zur → Einspritzpumpe (bei Dieselmotoren und sonstigen Einspritzmotoren) wird durch den Höhenunterschied zum Kraftstoffbehälter (Fallkraftstoff) oder durch eine kleine Membran- oder Kolbenkraftstoffpumpe bewirkt. Da Verbrennungsmotoren nicht selbsttätig anlaufen können, müssen sie durch ein von außen zugeführtes Drehmoment angelassen werden. Hierzu dient ein kleiner, vom Fahrersitz aus einschaltbarer → Anlasser. Im Notfall ist bei manchen K. das Anwerfen des Motors mit einer Andrehkurbel möglich. Bei laufendem Motor erzeugt eine meist über Keilriemen von der Kurbelwelle aus angetriebene → Lichtmaschine den von den verschiedenen Verbrauchern (Zündung, Beleuchtung, Fahrtrichtungsanzeiger u. a.) benötigten Strom und lädt die Batterie auf. Die Hauptaufgabe der Batterie ist, die für das Anlassen des Motors benötigte Energie zu liefern. Außerdem speist sie bei stehendem und langsam laufendem Motor sämtliche Verbraucher und gibt bei Belastungsstößen während der Fahrt (z. B. durch Hupe), wenn der Bedarf von der Lichtmaschine nicht voll gedeckt werden kann, zusätzliche Energie ab.

b) **Kupplung.** Um den Motor jederzeit vom Wechselgetriebe (s. u.) und von den Rädern trennen zu können, befindet sich zwischen Motor und Getriebe eine lösbare Kupplung. Sie ermöglicht das Anfahren und das Schalten der Getriebegänge. Aufbau der **mechanischen Kupplung (Reibungskupplung)**: Bei der Einscheibenkupplung wird in eingekuppeltem Zustand eine auf der Getriebeeingangswelle geführte und verschiebbare Kupplungsscheibe durch Federdruck mittels der Druckscheibe gegen eine meist auf der Kurbelwelle befestigte Gegenscheibe (meist Motorschwungrad) gepreßt. Durch Niedertreten eines Fußhebels (Kupplungspedal) wird die Druckscheibe angehoben und damit die Kupplung gelöst (es wird ausgekuppelt). Bei der Mehrscheibenkupplung werden mehrere solcher axial hintereinander angeordneter Kupplungspaarungen verwendet. Die Kupplungsscheiben sind mit einem Reibbelag versehen. Die **hydraulische Kupplung (Flüssigkeitskupplung)**, im Prinzip die Kombination einer Kreiselpumpe mit einer Turbine, verbindet An- und Abtrieb bei einer bestimmten Mindestdrehzahl des Motors selbst-

tätig, ohne daß der Fahrer ein Kupplungspedal bedienen muß. Ihr Vorteil besteht im weichen Eingriff und in der Dämpfung der von Motor und Triebwerk kommenden Schwingungen und Stöße (→ Strömungsgetriebe). Nachteilig ist, daß die hydraulische Kupplung immer mit Schlupf arbeitet. Manche modernen K. sind mit einem → Kupplungsautomat ausgerüstet, wobei das Kupplungspedal fortfällt.

c) **Wechselgetriebe.** Verbrennungsmotoren geben nur in einem bestimmten Drehzahlbereich Leistung ab. Diese Drehzahlen sind jedoch für einen direkten Antrieb der Fahrzeugräder zu hoch und die zugehörigen Drehmomente zu niedrig. Deshalb müssen von Verbrennungsmotoren angetriebene K. eine Einrichtung besitzen, die diese hohen Drehzahlen herabsetzt und das Drehmoment, bzw. die am Umfang der Triebräder zur Verfügung stehende Umfangskraft, erhöht. Diesem Zweck dient das Wechselgetriebe, mit dessen Hilfe das Übersetzungsverhältnis (das Verhältnis der Drehzahl der treibenden zur Drehzahl der getriebenen Welle oder das Verhältnis des Drehmomentes der Abtriebs- zu dem der Antriebswelle) in Stufen verändert und damit die an den Triebrädern zur Verfügung stehende Umfangskraft den stark unterschiedlichen → Fahrwiderständen (z. B. Steigungen) angepaßt wird. Arten des Wechselgetriebes: Bei den meist verwendeten **mechanischen Stufengetrieben** mit normalerweise 3 bis 6 Zahnradpaaren läßt sich das Übersetzungsverhältnis stufenweise ändern. Dagegen gestatten → **Strömungsgetriebe** (hydrodynamisch oder hydrostatisch) in gewissen Grenzen eine stufenlose Veränderung des Übersetzungsverhältnisses. Stufenlose mechanische Getriebe, z. B. Keilriemengetriebe, werden bei K. selten verwendet. K. mit häufigem Geschwindigkeitswechsel (Omnibusse) sind mit → **Differentialwandlergetriebe** ausgerüstet. — Man unterscheidet beim mechanischen Schaltgetriebe hauptsächlich zwei Schaltungsarten. Bei Schaltung durch *Schubzahnräder* sind die Schaltzahnräder auf der Getriebehauptwelle in Keilnabenprofil verschiebbar angeordnet. Durch Betätigen des Getriebeschalthebels, der am Getriebe (Mittelschalthebel), am Instrumentenbrett oder an der Lenksäule angebracht ist, wird direkt oder über ein Gestänge eine der im Getriebedeckel parallel zu den Getriebewellen geführten Schaltstangen mit daran befestigter Schaltgabel verschoben, die eine Nut in der Nabe des zu schaltenden Zahnrades umfaßt. Dadurch wird dieses bis zum Eingriff mit dem auf der Nebenwelle (Vorgelegewelle) befestigten Gegenrad verschoben. Bei der heute meist verwendeten Schaltung mit *formschlüssiger Kupplung* befinden sich die einzelnen Zahnradpaare in dauerndem Eingriff, wobei das Zahnrad auf der Getriebehauptwelle frei drehend gelagert ist; das Gegenrad sitzt fest auf der anderen Welle. Die Schaltgabel umfaßt eine Nut in der auf der Getriebewelle in Keilnabenprofil verschiebbaren Schaltmuffe (Schiebehülse). Bei Einschalten eines Ganges rückt deren Schaltverzahnung in die entsprechende Gegenverzahnung an der Nabe des Schaltzahnrades ein, wodurch dieses fest mit der Getriebewelle gekuppelt wird.

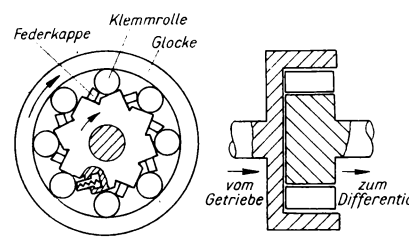
Die einzelnen Übersetzungsstufen der Wechselgetriebe werden als *Gänge* bezeichnet. Meist sind beim PKW vier, beim LKW mindestens 5 Vorwärtsgänge vorhanden. Jeder K. besitzt außerdem, da die Drehrichtung von Fahrzeugmotoren nicht umkehrbar ist, einen Rückwärtsgang. Entsprechend der Anzahl der Vorwärtsgänge spricht man von Drei-, Vier- oder Mehrganggetriebe. Im 1. Gang ist die Übersetzung am größten, d. h., an den Fahrzeugrädern steht bei kleiner Drehzahl und dementsprechend nur niedriger möglicher Fahrgeschwindigkeit eine große Umfangskraft zur Verfügung. Der 1. Gang wird daher zum Anfahren und an großen Steigungen benutzt. In den größeren Gängen wird jeweils eine höhere Fahrgeschwindigkeit erreicht. Im größten Getriebegang, beim 4-Ganggetriebe also im 4. Gang, sind Getriebeeingangs- und -abtriebswelle meist direkt gekuppelt; man spricht dann von direktem Gang (Übersetzung 1 : 1). Außer den Schaltstellungen für die einzelnen Gänge hat der Getriebeschalthebel auch eine Stellung für Leerlauf. Motor und Radantrieb sind dann auch bei eingerückter Kupplung voneinander getrennt.



3 Wechselgetriebe (Dreiganggetriebe) in den verschiedenen Schaltstellungen

Bei den **Synchrongetrieben** sind sämtliche Zahnradpaare dauernd in Eingriff. Das frei drehbar auf der Getriebehauptwelle sitzende Zahnrad des zu schaltenden Ganges wird jedoch, ehe es über Klauen kraftschlüssig mit der Welle gekuppelt wird, der Drehzahl der Welle durch die Synchronisier- oder Gleichlaufeinrichtung (kleine Reibungskupplung) angeglichen. Die sonst beim Schalten teilweise auftretenden Stoßbeanspruchungen der Zahnräder und des gesamten Triebwerkes werden dadurch vermieden, ebenso die möglichen Schaltgeräusche. Heute werden fast alle Getriebe mit Sperrsynchronisierungen ausgerüstet, die ein Einschalten des jeweiligen Ganges unmöglich machen, solange nicht Gleichlauf der Wellen erreicht ist.

Manche K., insbesondere solche mit Zweitaktmotoren, sind mit einem *Freilauf* ausgestattet. Dieser befindet sich am Getriebeeingang oder -ausgang und dient neben der Schalterleichterung der Einsparung von Kraftstoff beim Gaswegnehmen, da dann der K. bei Leerlaufdrehzahl des Motors (Drosselklappe geschlossen) rollt. Die einfachste Ausführung ist der Klemmrollenfreilauf, bestehend aus Freilaufstern mit Klemmflächen zur Aufnahme der Klemmrollen und aus der Glocke, die Freilaufstern und Klemmrollen umschließt. Glocke und Stern sitzen fest auf den Wellenstümpfen der geteilten Welle. Will die Drehzahl der vom Motor angetriebenen Glocke (Hauptwelle) größer werden als die des Sternes



4 Prinzip des Klemmrollenfreilaufes

Kraft-Wärme-Kupplung

(K. wird durch Gasgeben vom Motor gezogen), wird durch Einklemmen der Klemmrollen zwischen Stern und Glocke eine kraftschlüssige Verbindung hergestellt (Motordrehmoment wird auf Antriebsräder übertragen). Um ein schnelles, sicheres Greifen zu gewährleisten, sind zwischen Klemmrollen und Stern Federn eingebaut, die die Klemmrollen stets in Anlage halten. Schiebt der K. (bei Gefälle und beim Gaswegnehmen), so wird der Stern von den Antriebsrädern her schneller angetrieben als die Glocke, die Verbindung durch die Klemmrollen wird gelöst, und der K. rollt trotz eingerückter Kupplung ohne Antrieb vom Motor. Der Freilauf kann durch Hebelbetätigen gesperrt werden, um eine Motorbremsung zu erzeugen.

Eine weitgehende Bedienungserleichterung gewähren die **Vorwählgetriebe.** Bei ihnen wird der gewünschte Gang vom Fahrer durch Betätigung eines Hebels oder einer Druckknopfschaltung eingestellt, wonach der Schaltvorgang — pneumatisch, hydraulisch oder elektromagnetisch betätigt — im Getriebe beim Kuppeln selbständig abläuft. Vollkommen von den Schaltvorgängen entlastet wird der Fahrer durch die **Getriebeautomaten (automatische Getriebe).** Es handelt sich dabei um weiterentwickelte mechanische Schaltgetriebe, um Strömungsgetriebe oder um Kombinationen beider Getriebearten. Entsprechend dem jeweiligen Betriebszustand des Motors und den Fahrwiderständen wird bei diesen Getrieben die erforderliche Übersetzung automatisch eingestellt. Der eigentliche Schalthebel und Kupplungspedal fallen weg; der Fahrer regelt die Fahrgeschwindigkeit praktisch nur mit dem Gaspedal nach Einstellen eines Wählhebels.

d) **Gelenkwelle.** Vom Getriebe wird bei K. in Standardbauweise (s. o.) das Drehmoment über eine Gelenkwelle auf das Ausgleichgetriebe und von diesem auf die Triebräder übertragen. Die Gelenkwelle trägt an ihren Enden, mit denen sie mit der Getriebewelle sowie mit der Hinterachsantriebswelle verbunden ist, je ein Kreuz- oder Kardangelenk (Kardanwelle) oder elastische, gummierte Gewebescheiben (Hardyscheiben). Diese gelenkige Verbindung ist notwendig, da das Ausgleichgetriebe oft nicht zu den abgefederten Massen gehört und beim Durchfedern der Hinterräder gegenüber dem mit dem Rahmen verbundenen Getriebe schwingt. Bei schweren K. (Omnibussen und Lastkraftwagen) sind oft zwei Gelenkwellen hintereinandergeschaltet, so daß vier Gelenke und ein Zwischenlager verwendet werden müssen.

e) **Ausgleichgetriebe.** Das → Ausgleichgetriebe (Differentialgetriebe) hat mit seinem Kegelrad- oder Schneckenradpaar zunächst die Aufgabe, die rechtwinklig zur Gelenkwelle liegenden Triebradachsen (Antriebsräder) anzutreiben. Ferner soll es die Gelenkwellendrehzahl (mit entsprechender Erhöhung des Drehmoments) auf die Triebraddrehzahl in einer konstanten Zahnradübersetzung umformen (verringern). Außerdem enthält es in seinem Gehäuse noch Kegel- oder Stirnräder (Ausgleichräder), die es den Kraftfahrzeugrädern z. B. bei Kurvenfahrt, bei der das kurveninnere Rad einen kleineren Weg als das kurvenäußere Rad zurückzulegen hat, gestatten, diese Wegstrecken rollend zurückzulegen, was bei einer starren Verbindung der Triebwellen beider Antriebsräder nicht möglich wäre. Bei Geradeausfahrt drehen sich (gleiche Rolldurchmesser beider Räder vorausgesetzt) beide Antriebswellen gleich schnell; sobald aber, z. B. bei Kurvenfahrt, bei einseitigem Überfahren einer Bodenunebenheit oder bei verschieden stark abgefahrenen Reifen, das eine der beiden Antriebsräder schneller oder langsamer als das andere laufen muß, führen die Ausgleichräder noch eine zusätzliche Bewegung aus, wodurch die Drehzahl des einen Hinterrades gegenüber der Drehzahl des Ausgleichgetriebegehäuses ebensoviel erhöht wie die des anderen erniedrigt wird. Manche (z. B. geländegängige) K. können die Wirkung des Ausgleichgetriebes sperren, → Ausgleichsperre.

Bei K. mit Starrachse unterscheidet man zwei Achsarten. Bei der *Banjoachse* sind die beiden Achshälften fest mit dem Ausgleichgetriebe verbunden; die Achswellen sind in der Achse gelagert. Bei der *De-Dion-Achse* ist das Ausgleichgetriebe am Wagenkörper befestigt, die Achswellen sind mit dem Ausgleichgetriebe und den Rädern gelenkig verbunden. Die Radführung übernimmt eine starre Verbindung zwischen den Rädern (eigentliche Starrachse). Bei einzeln aufgehängten Triebrädern und Doppelgelenkachsen ist das Ausgleichgetriebe am Rahmen oder Wagenkörper befestigt; die Achswellen sind dann wegen der Schwingbewegungen, die sie beim Durchfedern der Räder ausführen, als Gelenkwellen ausgebildet.

II) Der **Aufbau** oder die **Karosserie** umkleidet das Fahrgestell formgebend und ist dem Verwendungszweck des K.s angepaßt; weiteres → Karosserie.

Für alle K. ist Ausrüstung mit → Horn, → Scheinwerfer, → Fahrtrichtungsanzeiger, Scheibenwischer, Bremslicht und Rücklicht sowie Rückstrahler vorgeschrieben. Zum Komfort moderner K. gehören zugfreie Innenraumentlüftung, Heizung oder Klimaanlage, Scheibenwaschanlage, verschließbare Motorhaube und Kraftstoffeinfüllöffnung, Lenkschloß, verstellbare Vordersitze mit verstellbaren Rückenlehnen, Lichthupe u. a. Bei der Ausrüstung mit Rundfunkgeräten ist gute Entstörung der gesamten elektrischen Anlage des K.s Voraussetzung für einen einwandfreien Empfang. Außerdem ist gesetzlich die Entstörung der Zündanlage wegen der Störung des Fernseh- und Rundfunkempfangs vorgeschrieben.

Lit. Kümmet u. Rauch: Die Auto-Elektrik (14. Aufl. Leipzig 1959); von Peter: Der K. (18. Aufl. Braunschweig u. Berlin 1957); Reiche: Das Buch vom Auto (2. Aufl. Berlin 1965); Lehrb. für den Berufskraftfahrer (Berlin, Teil 1 Fahrzeug- und Motorkunde (4. Aufl. Berlin 1967); Die elektrische Anlage des Kraftfahrzeuges (4. Aufl. Berlin 1967); → Kraftfahrzeug.

Kraft-Wärme-Kupplung, die spezielle Schaltung einer Kraftanlage zur gleichzeitigen Deckung des Kraft- und Wärmebedarfs, die eine umfassende Ausnutzung der Brennstoffwärme ermöglicht. Bei getrennter Kraft- und Wärmeversorgung erfolgt die Krafterzeugung in einem Kondensations-Dampfkraftwerk, wobei etwa 60 % der vom Brennstoff entbundenen Energie als wertlose Abwärme an die Umgebung abgegeben werden; zur Wärmeversorgung muß zusätzlich die der geforderten Wärmemenge entsprechende Brennstoffmenge verbrannt werden. Wird die Wärme bei verhältnismäßig niedriger Temperatur benötigt (z. B. zur Raumheizung, für Kochzwecke), so geht hierbei der Energieinhalt des Brennstoffes nahezu restlos verloren. Bei der K. dagegen dient der im Dampfkessel erzeugte Dampf hohen Druckes und hoher Temperatur zunächst dem Antrieb der Kraftmaschinen (meist Turbinen) und wird dann bei dem benötigten Druck oder der geforderten Temperatur den Kraftmaschinen entnommen, um den Wärmebedarf decken zu können.

Lit. Pauer: Einführung in die Kraft- und Wärmewirtschaft (2. Aufl. Dresden 1964).

Kraftwerk, Elektrizitätswerk (Tafel 38), eine Anlage zum Erzeugen von Elektroenergie durch Umwandlung der in anderen → Energieträgern enthaltenen Energie. Die Umwandlung erfolgt in Generatoren, die z. B. von Dampf-, Wasser- oder Gasturbinen angetrieben werden. Nach der

Art der im K. als Umwandlungsenergie eingesetzten Energieträger unterscheidet man → Wärmekraftwerk (Dampf-, Gasturbinenkraftwerk, → Kernkraftwerk u. a.), → Wasserkraftwerk und → Windkraftwerk, nach der Dauer der Belastung Grundlast-, Mittellast- und Spitzenlastkraftwerke. Als Großkraftwerke gelten K.e großer Leistung, im allgemeinen etwa ab 100 MW (Megawatt).

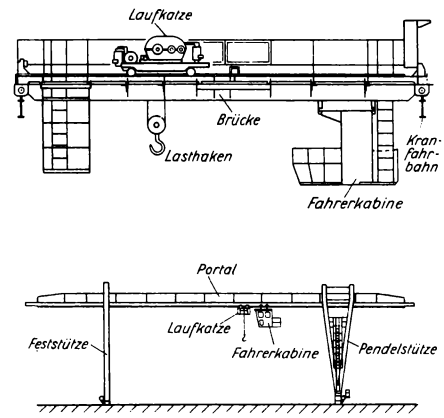
Lit. Hildebrand: Wirtschaftliche Energieversorgung, Bd 1 (Leipzig 1965); Handb. des Energiemaschinenbaus (Leipzig 1958); Handb. für den Kraftwerksbetrieb — Turbinenbetrieb (Berlin 1959).

Kragplatte, eine im Mauerwerk eingespannte oder im Stahlbetonbalken eingebundene, frei ausladende Platte, z. B. Balkonplatte.

Krallensonde, eine Strömungssonde. Die K. besteht aus 2 bis 5 krallenförmig gebogenen Röhrchen. Sie dient je nach Anzahl der Krallen zum Messen des Gesamtdruckes (Summe aus dynamischem und statischem Druck), des statischen Druckes sowie des Vektors der Strömungsgeschwindigkeit nach Größe und Richtung. Messung und Eichung erfolgen wie bei der → Kugelsonde.

Kran (Tafeln 13, 14, 26, 43), ein Fördermittel zum unstetigen Transport von Einzellasten. Das charakteristische Merkmal der K.e ist die Hubvorrichtung, eine Winde oder eine Laufkatze. Grundsätzlich kann man unterscheiden zwischen Brücken-, Portal-, Ausleger- und Kabelkran.

1) Der **Brückenkran** (Abb. 1) besteht aus einer parallel- oder kreisverfahrbaren Brücke, die je nach Spannweite und Tragkraft aus einem Walzprofilträger, einer Fachwerkkonstruktion aus Walzprofilen oder einer Blechträgerkonstruktion aufgebaut ist, und einer darauf verfahrbaren → Laufkatze, deren → Winde die Lasten heben oder senken kann. Brückenkrane bestreichen eine rechteckige Arbeitsfläche, indem die Kranbrücke längs und die Laufkatze quer dazu verfahrbar ist. Brückenkrane behindern die Arbeitsfläche nicht, da sie auf einer hochgelegenen Fahrbahn laufen. Sie werden in Werk-, Montage- und Maschinenhallen sowie auf Lagerplätzen eingesetzt. Nachteilig ist, daß wegen der zu beachtenden Anfahrmaße (Strecke zwischen Kranbrücke oder Laufkatze und Wand) die Arbeitsfläche kleiner ist als die Fläche unter der Kranbahn oder der Halle, die Eigenlast im Verhältnis zur Nutzlast relativ groß ist und die Kranteile schwer zugänglich sind. Die einfachste Bauart des Brückenkranes ist der **Handlaufkran** mit Handantrieb der Hubwinde und des Brückenfahrwerkes durch Kettentriebe. Handlaufkrane werden von Flurhöhe aus bedient, sie sind veraltet. Die Tragkraft beträgt bis zu 20 Mp (Megapond). Der **Hängekran** zeichnet sich durch seine leichte Bauweise aus. Der Brückenträger besteht aus Walzprofilen, die Fahrbahn für die Kranbrücke besteht ebenfalls aus Walzprofilen, die an die Deckenkonstruktion angehängt sind. Die Laufkatze ist meist ein → Elektroflaschenzug mit Fahrwerken. Hängekrane sind besonders für die Mechanisierung geeignet, die Tragkraft beträgt in der Regel bis zu 3,2 Mp, seltener bis 10 Mp. Beim normalen Brückenkran oder **Laufkran** besteht das Brückentragwerk aus einer Fachwerk- oder Blechträgerkonstruktion, die Laufkatze wird außer mit der Haupthubwinde meist noch mit einer Hilfshubwinde geringerer Tragkraft ausgerüstet. Die Tragkraft beträgt im allgemeinen bis zu 100 Mp, in Sonderfällen bis zu 500 Mp. Durch Abwandlung der Laufkatze ergeben sich Brückenkrane mit Drehlaufkatze sowie **Stapelkrane** zur Bedienung von Lagerräumen. Bei Stapelkranen befindet sich an der Laufkatze eine drehbare Säule, an der eine heb- und senkbare Stapeleinrichtung angeordnet ist. Sonderkonstruktionen von Brückenkranen: **Lokomotivkrane** und **Wagenhebekrane** sind meist mit zwei Laufkatzen auf einer Kranbrücke ausgestattet, wobei wegen der großen Lasten zwei Brückenkrane auf gemeinsamer Fahrbahn die Last mit einer Traverse aufnehmen und gemeinsam gesteuert werden. **Gießereikrane** zum Transport von Gießpfannen besitzen zwei Hubwerke, von denen das eine die Gießpfanne trägt und das andere zum Kippen der Pfanne dient. Gießbettkrane sind zur Vorbereitung der Gießbetten, Schlagwerks- und Masselverladekrane zum Brechen und Verladen der Masseln geeignet. **Stahl-** und **Walzwerkskrane** für Schrottlagerplätze sind ausgeführt als Magnetkrane mit Lastenhebemagneten zum Verladen von Schrott, als Fallwerkskrane mit Lastenhebemagneten und Fallkugeln zum Zerkleinern von Schrott, als Muldentransportkrane mit Gehänge zum Transport der Mulden, als Muldenbeschick-(Chargier-) Krane mit Drehlaufkatze und Beschickungsvorrichtung zur Beschickung der Schmelzöfen, als Abstreifer- oder Stripperkrane mit einer Zange zum Halten der Kokillen und einem Stempel zum Ausstoßen der Blöcke aus den Kokillen, als Blockeinsetzkrane zum Transport der warmen Blöcke zu den Tieföfen oder als Pratzenkrane zum Transport von langem Walzgut. **Schmiedekrane** dienen zum Halten und Wenden der Schmiedestücke mittels Ketten oder Zangen.

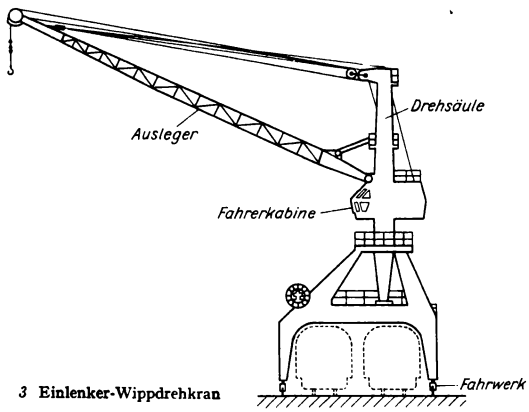


1 Brückenkran als Laufkran (oben), *2* Vollportalkran (unten)

2) Der **Portalkran,** früher auch **Bockkran** genannt, besteht aus einem auf ebener Erde verfahrbaren Portal, das eine Straße oder ein oder mehrere Gleise überspannt. Portalkrane sind ortsfest, parallel- oder kreisverfahrbar. Stehen beide Stützen des Portales auf ebener Erde, so werden diese K.e als **Vollportalkrane** (Abb. 2) bezeichnet, bei einer Abstützung zu ebener Erde und einer auf einer höher gelegenen Bahn als **Hauptportalkrane.** Portalkrane sind mit ortsfesten Hubwinden, Laufkatzen oder Drehkranen als Hubeinrichtung ausgerüstet, sie werden zum Umschlag auf kleineren Bahnhöfen, Lagerplätzen und in Betonwerken, als Sonderkonstruktionen in Chemiewerken zum Auswechseln von Kolonnen sowie als Montagekrane eingesetzt. Den Portalkranen grundsätzlich ähnlich, jedoch mit wesentlich größerer Spannweite (bis zu 130 m) sind die → **Verladebrücken.** Eine Sonderform für stetigen Transport von Schüttgütern ist die → Abraumförderbrücke.

3) Der **Auslegerkran** besitzt als charakteristisches Merkmal einen → Ausleger, der über die Abstützung hinausragt. Ist der Ausleger drehbar, so spricht man von einem **Drehkran.** Seine Arbeitsfläche ist ein Kreissegment oder ein Kreisring bei ortsfester Ausführung oder eine längliche Fläche

mit Halbkreisen an den Enden bei fahrbarer Ausführung. Nach der Art der Drehverbindung zwischen dem drehbaren und dem feststehenden Teil unterscheidet man zwischen dem **Säulendrehkran** mit fester oder drehbarer Säule und dem Drehkran mit einer durch einen Drehzapfen (Königszapfen) zentrierten Drehscheibe, die heute in der Regel durch Kugeldrehverbindungen ersetzt wird. Nach der Auslegerbauart kann man ferner unterscheiden zwischen einziehbarem Ausleger, Wippausleger und starrem Ausleger. Beim *einziehbaren Ausleger* wird die Last beim Einziehen etwas mit angehoben. Diesen Nachteil vermeidet der als Ein- oder Doppellenker ausgeführte *Wippausleger* (**Wippdrehkran**, Abb. 3),

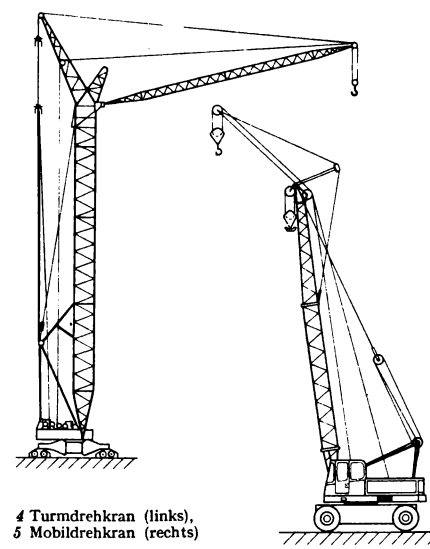


3 Einlenker-Wippdrehkran

bei dem die Last beim Einziehen des Auslegers annähernd horizontal bleibt (Wippen). Auslegerkrane ohne Drehwerk sind sehr selten, z. B. an Flurförderern angebaute Kranausleger mit nur geringer Tragkraft für untergeordnete Zwecke. Die einfachste Bauart des Säulendrehkranes ist der **Wanddrehkran** für Werkstätten und Werkhallen, dessen Ausleger an der Wand gelagert wird. Der Drehbereich ist durch die Wand oder andere Hindernisse auf 180° begrenzt. Der **Einschienendrehkran (Velozipedkran)** läuft unten auf einer Schiene und stützt sich an der Decke ab. Einschienendrehkrane haben meist vollen Drehbereich, sind aber nur für niedrige Räume geeignet, in denen Brückenkrane nicht anwendbar sind. Der **Mastenkran (Derrickkran)** besteht aus einem mit Seilen abgespannten senkrechten Mast und einem am Fuße des Mastes angelenkten Ausleger. Mast und Auslegerspitze werden zum Heben und Senken des Auslegers durch einen → Flaschenzug verbunden. Mastenkrane dienen zu Montagezwecken. Auch der **Ladebaum** (→ Ladegeschirr) auf Schiffen ist ein Mastenkran. Eine Sonderform des Mastenkranes ist der **Kletterkran**, der im Bauwesen eingesetzt wird und sich selbsttätig mit dem Baufortschritt um ein oder mehrere Stockwerke durch eine im Mast eingebaute Winde anheben kann. Der schienenfahrbare **Turmdrehkran** (Abb. 4) ist den Bedingungen des Bauwesens angepaßt und hat eine besonders hohe, drehbare oder feste Säule mit Einziehausleger. Durch Anbau von Transportachsen ist der Turmdrehkran ohne wesentliche Demontage straßentransportfähig. Er wird bei der Montage von Geschoßbauten (Wohnungs-, Hoch- und Industriebau) eingesetzt für Lastmomente 12 bis 120 Mp. Auch starre Ausleger mit Seilzuglaufkatze (→ Laufkatze) werden ausgeführt. Turmdrehkrane sind auch als Schwerlastkrane in Häfen und auf Hellingen zu finden. Drehkrane mit *starrem Ausleger* werden in Verbindung mit Verladebrücken und Portalkranen eingesetzt. Drehkrane mit einziehbaren Auslegern oder Wippauslegern werden als Hafen- und Ausrüstungskrane ausgeführt. Besondere Bauformen sind der **Bordwippkran** auf Schiffen, der **Raupendrehkran** mit Raupenfahrwerken, der **Autodrehkran**, bei dem die Kranaufbauten auf einem normalen LKW-Fahrgestell aufmontiert sind und der neben dem Kranmotor zusätzlich einen Fahrmotor besitzt, der **Mobildrehkran** (Abb. 5) mit straßenfahrbarem luftbereiftem Fahrwerk, der sich in letzter Zeit wegen seiner Universalität immer mehr durchsetzt, der **Eisenbahndrehkran** mit schienenfahrbaren Unterwagen, der als Schwerlastkran eine Tragkraft bis 100 Mp hat, und der **Schwimmdrehkran**, bei dem der drehbare Kranteil auf Pontons aufgesetzt ist.

4) Der **Kabelkran** besteht aus Masten oder Türmen, die fest, parallel- oder kreisverfahrbar sind. Zwischen ihnen sind ein oder mehrere Tragseile gespannt, auf denen eine Seillaufkatze bewegt werden kann. Die Hubwinde und die Fahrwinde werden bei fahrbaren Kabelkranen in einem Turm, bei ortsfesten in einem besonderen Windenhaus aufgestellt. Kabelkrane werden bei schwer zugänglichen Arbeitsplätzen eingesetzt, z. B. in Steinbrüchen und bei Talsperrenbauten, da sie Spannweiten von 100 bis 1000 m erreichen können; ihre Tragkraft beträgt 2 bis 20 Mp. Auf Hellingen setzt man Kabelkrane zum Schiffbau ein; dabei werden mehrere (bis zu 12) Laufkatzen dicht nebeneinander angeordnet, die auch gemeinsam mit einer Traverse schwere Schiffsteile transportieren können. Der Portal- oder Brückenkabelkran mit einer Spannweite von 60 bis 125 m hat eine geringere Eigenlast als ein Portalkran oder eine Verladebrücke gleicher Tragkraft, nachteilig ist die durch die Elastizität des Seiles bedingte wechselnde Höhe der Last. Portal- oder Brückenkabelkrane werden auf Kohle- oder Holzlagerplätzen und zur Bedienung von Spülentaschungsbecken verwendet.

Über die Fernsteuerung von K.en → Funkfernsteuerung.



4 Turmdrehkran (links),
5 Mobildrehkran (rechts)

Lit. Wendt u. Friedrich: Fachb. für Kranführer (4. Aufl. Berlin 1966); Taschenb. Maschinenbau, Bd 3 (Berlin 1967); → Fördertechnik.

Kranflug, → Wirtschaftsflug.

Krängen, das Neigen eines Schiffes um seine Längsachse nach der Seite (Überlegen, Schlagseite). Zu starkes K. führt zum Kentern. Durch den

Krängungsversuch wird der Schwerpunkt eines Schiffes bestimmt.

Kranz, eine farbige Ringerscheinung um die Sonne oder um künstliche Lichtquellen von 1° bis 10° Winkelradius. Sie entsteht durch Beugung des Lichts an den Wassertröpfchen dünner Wolkenschichten oder des Nebels. Die Farbfolge ist von innen nach außen Blau, Blaßgrün, Blaßgelb, Rot und kann sich zweimal, seltener auch dreimal oder viermal, wiederholen. Voraussetzung für das Auftreten gut ausgeprägter Kränze ist ein einheitlicher Radius der Wassertröpfchen. Eine ähnliche Erscheinung ist die **Glorie,** die auf Bergen oder vom Flugzeug aus um den Schatten des Beobachters auf einer Wolken- oder Nebelwand gelegentlich zu sehen ist. Andere farbige Ringerscheinungen um die Sonne gehören zu der Gruppe der Halos, → Halo.

Krater, → Vulkan.

Kraton, ein durch alpinotype Tektogenese gefalteter und dadurch versteifter Erdkrustenteil, der durch tektonische Beanspruchung — im Gegensatz zu faltbaren Geosynklinalen — nur noch in Schollen zerbrochen werden kann. Man unterscheidet **Hochkratone,** d. s. Kontinentalblöcke, die überwiegend aus Sial bestehen, und **Tiefkratone,** d. s. Ozeanbecken mit geringmächtiger Sialdeckschicht und mächtigem Sima-Unterbau. Bereits im Präkambrium existierten **Urkratone,** aus denen sich durch spätere Anfaltung von Gebirgen die gegenwärtigen Kontinente bildeten.

Kratzerförderer, Fördermittel zum stetigen waagerechten oder geneigten Transport von Schüttgütern. Die K. gehören zu den Kettenförderern. Das Fördergut wird durch Mitnehmer, die an einer einsträngigen oder zwischen einer zweisträngigen Kette angebracht sind, gleitend in einer offenen Rinne (→ Panzerförderer und Stauscheibenförderer) oder in einem geschlossenen Trog (→ Trogkettenförderer) bewegt. K. sind einfach in der Herstellung und bei der Wartung, die Auf- und Abgabe des Fördergutes kann an beliebiger Stelle erfolgen. Nachteilig ist der hohe Energiebedarf und der große Verschleiß, außerdem ist das Fördergut dem Abrieb durch den Fördervorgang unterworfen.

Kreide, 1) Mineralogie: → Kreidekalk.

2) Geologie: das obere System des Erdmittelalters (→ System, Tab.). Die K. wird in die beiden Abteilungen **Unter-** und **Oberkreide** unterteilt. In der K. falteten sich in Europa die Kernzone der Alpen und die Dinariden auf, in Amerika die Anden und das Felsengebirge. Das Meer überflutete weite Strecken vorher landfesten Raumes, erreichte in der Oberkreide seine bis dahin größte Ausdehnung, zog sich aber dann wieder zurück. Das heutige Erdbild begann sich zu formen; die Kontinente Amerika und Afrika gewannen etwa ihre heutige Gestalt. Das Klima war wesentlich wärmer als heute. Zahlreiche Organismengruppen (verschiedene Kopffüßer und die Riesensaurier) starben aus; zum erstenmal traten Blütenpflanzen auf. An nutzbaren Gesteinen entstanden Kalk (z. B. Kreidekalk) und Eisenerze. Ferner bildeten sich örtlich Erdöl und Steinkohle.

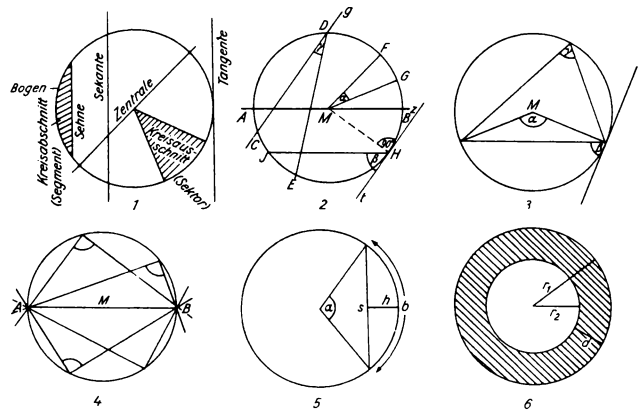
Kreidekalk, sehr feinkörniger weißer Kalkstein, ursprünglich lockere Anhäufungen von mikroskopisch kleinen Kalkgehäusen, winzigen Foraminiferenschalen, zerriebenen Muschelschalen und anorganischem Kalkschlamm. K. ist besonders in den Küstengebieten der Nord- und Ostsee verbreitet. Die reinen K.e werden zur Herstellung von **Schlämmkreide** verwendet, die dann als Poliermittel, für Leim- und Wasserfarben, Zahnputzmittel, Kitte, Schreibkreide u. a. aufgearbeitet wird.

Kreidelithographie, eine Form der Lithographie, bei der das Bild mit Fettkreide auf einen gekörnten Stein oder eine entsprechend behandelte Metallplatte gezeichnet wird.

Kreis, eine ebene, geschlossene Kurve von konstanter Krümmung. Die *Kreislinie* (*Peripherie*) ist der geometrische Ort aller Punkte, die von einem festen Punkt, dem *Mittelpunkt* (*Zentrum*) des K.es, den gleichen Abstand haben. Dieser Abstand heißt *Radius* oder *Halbmesser*. Die von der Kreislinie umschlossene Fläche ist die *Kreisfläche*. Eine den K. schneidende Gerade nennt man *Sekante*, der von den beiden Schnittpunkten begrenzte Teil, also die Verbindungsstrecke zweier Punkte der Kreislinie, heißt *Sehne*. Eine Sehne durch den Mittelpunkt des K.es bezeichnet man als *Durchmesser*, während man eine durch den Mittelpunkt gehende Gerade eine *Zentrale* des K.es nennt. Eine *Tangente* ist eine den K. in einem Punkt berührende Gerade. Sie steht senkrecht auf dem Radius zum Berührungspunkt (diese Tatsache benutzt man bei der Konstruktion der Tangente an den K. in einem seiner Punkte).

Die Länge der Kreislinie bezeichnet man als *Umfang* des K.es. Ein Teil von ihr heißt *Bogen*. Sehne und zugehöriger Bogen begrenzen einen *Kreisabschnitt* (*Segment*), zwei Radien und der zwischen ihnen liegende Bogen einen *Kreisausschnitt* (*Sektor*). Der K. ist eine Kurve mit konstanter Krümmung. Alle K.e sind einander ähnlich. K.e mit demselben Mittelpunkt nennt man konzentrisch; K.e mit dem gleichen Radius sind kongruent.

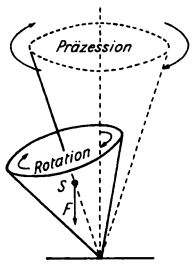
Ein Winkel, dessen Scheitel auf der Peripherie eines K.es liegt und dessen Schenkel Sehnen sind, heißt *Peripherie-* oder *Umfangswinkel*; *Sehnentangentenwinkel* nennt man den von einer Tangente an den K. und einer durch ihren Berührungspunkt gehenden Sehne eingeschlossenen Winkel (sein Scheitel ist der Berührungspunkt der Tangente, liegt also auf der Peripherie des K.es). Als *Zentriwinkel* schließlich bezeichnet man einen Winkel, dessen Scheitel mit dem Mittelpunkt des K.es zusammenfällt und dessen Schenkel Halbmesser sind. Der *Peripheriewinkelsatz* besagt: Der Peripheriewinkel ist halb so groß wie der Zentriwinkel über dem gleichen Bogen. Ein Spezialfall hiervon ist der *Satz des Thales*: Der Peripheriewinkel über einem Halbkreis ist ein rechter Winkel (der zugehörige Zentriwinkel ist nämlich gleich 180°). Diese Tatsache verwendet



1 Teile des Kreises. *2* $\overline{AM} = \overline{BM} = \overline{FM} = \overline{GM} =$ Radius r; $\overline{AB}$ Durchmesser d; $\overline{CD}$, $\overline{ED}$ Sehnen; g Sekante; t Tangente; z Zentrale; H Berührungspunkt der Tangente t; $\sphericalangle\ \alpha$ Zentriwinkel; $\sphericalangle\ \beta$ Sehnentangentenwinkel; $\sphericalangle\ \gamma$ Peripheriewinkel (Umfangswinkel). *3* Peripheriewinkel γ, Sehnentangentenwinkel β und Zentriwinkel α über gleichem Bogen: $\gamma = \beta = \frac{\alpha}{2}$. *4* Eine Schar rechter Winkel durch A und B. *5* Kreisanschnitt und Kreisabschnitt mit Zentriwinkel α, Bogenlänge b, zugehöriger Sehne s, Höhe des Kreisabschnitts h. *6* Kreisring

man zur Konstruktion rechter Winkel, deren Schenkel durch zwei gegebene Punkte gehen.

Umfang und Flächeninhalt des K.es liegen zwischen Umfang und Flächeninhalt der um- und der einbeschriebenen Vielecke. Diese nähern sich einander mit wachsender Eckenzahl immer mehr. Auf diesem Weg wurden von Archimedes Umfang U und Fläche A des K.es bestimmt. Zwischen Kreisumfang (U) und Durchmesser (d) besteht das konstante Verhältnis $\frac{U}{d} = \pi = 3{,}14159...$ (π ist eine transzendente Zahl, die Ludolfsche Zahl). Für die Kreisberechnung ergibt sich demzufolge:

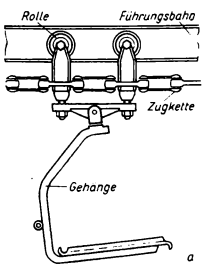


Präzessionsbewegung der Kreiselachse, S Schwerpunkt, F Schwerkraft

Kreisumfang	$U = 2\pi r = \pi d$
Kreisfläche	$A = \pi r^2 = \frac{1}{2} Ur = \frac{\pi}{4} d^2$
Sektorfläche	$S = \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} \pi r^2 = \frac{b \cdot r}{2}$
Bogenlänge	$b = \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} \pi d = \frac{\alpha^\circ}{180^\circ} \pi r$
Sehnenlänge	$s = 2r \sin \frac{\alpha}{2}$
Segmentfläche	$S' = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\alpha^\circ \pi^2}{180^\circ} - \sin \alpha \right)$
Bogenhöhe	$h = r \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$ $= 2r \sin^2 \frac{\alpha}{4}$
Kreisring	$R = \pi (r_1^2 - r_2^2)$ bzw. $= \pi d (r_1 + r_2)$

Einen K. mit dem Radius 1 nennt man **Einheitskreis.** Sein Inhalt ist gleich π, sein Umfang gleich 2π. In der analytischen Geometrie lautet die allgemeine Gleichung eines K.es, dessen Mittelpunkt die Koordinaten a und b hat, in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem: $(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$. Liegt der Mittelpunkt im Nullpunkt, dann gilt: $x^2 + y^2 = r^2$ (Mittelpunktsgleichung).

Die Aufgabe, den K. mit Hilfe von Zirkel und Lineal in eine vorgegebene Anzahl n gleichgroßer Teile zu zerlegen, d. h. ihm ein regelmäßiges n-Eck einzubeschreiben, nennt man **Kreisteilung.** Sie ist nur für bestimmte Werte von n lösbar.



Kreisförderer: *a* Einbahnkreisförderer, *b* Linienführung eines Kreisförderers bei der Fließfertigung

Kreisbeschleuniger, Teilchenbeschleuniger, in denen die geladenen Teilchen (Elektronen, Protonen oder schwerere Ionen), mit Hilfe magnetischer Felder auf Kreisbahnen geführt, durch zeitlich veränderliche elektrische Felder beschleunigt werden. K. für Elektronen sind das → Betatron (Rheotron, Elektronenschleuder, Wirbelbeschleuniger), das → Mikrotron (Elektronenzyklotron) und das → Elektronensynchrotron. K. für Protonen und schwerere Ionen sind das → Zyklotron, das → Synchrozyklotron (in der UdSSR Phasotron genannt) und das → Protonensynchrotron (Ionensynchrotron, in der UdSSR Synchrophasotron genannt), das in jüngster Zeit zum Synchrotron mit alternierenden Gradienten (abg. AG-Synchrotron) weiterentwickelt wurde.

Kreisbewegung, → Zentralbewegung.

Kreisblattschreiber, ein → Registriergerät.

Kreisbogenfunktionen, svw. → zyklometrische Funktionen.

Kreisel, ein in einem Punkt festgehaltener, sonst frei beweglicher starrer Körper; im allgemeinen Sprachgebrauch ein um eine Symmetrieachse (Figurenachse) rasch rotierender starrer Körper. Eine solche Achse ist eine freie Achse, d. h., sie braucht nicht, damit der Körper um sie rotiert, in Lagern gehalten zu werden, da die Achse durch den Schwerpunkt des Körpers geht und die am Körper angreifenden Zentrifugalkräfte im Gleichgewicht stehen. Ist sie außerdem eine stabile freie Achse — das ist dann der Fall, wenn das Trägheitsmoment des Körpers, bezogen auf sie, ein Minimum oder Maximum ist —, so zeigen sich folgende Erscheinungen: 1) Die Achse eines Kreisels sucht ihre Richtung im Raum beizubehalten. 2) Wenn eine Kraft die Achsenrichtung zu ändern sucht, so leistet die Achse Widerstand und weicht gleichzeitig senkrecht zu der durch die Achse und die Kraftrichtung bestimmten Ebene so aus, daß die durch die Kraft bewirkte Drehung um den Unterstützungspunkt und die Kreiseldrehung gleichsinnig werden. So beschreibt beim **schweren symmetrischen Kreisel** (z. B. ein Kinderkreisel, dessen Fußpunkt jedoch festgehalten ist) die Figurenachse, um die der Kreisel rotiert, unter dem dauernden Einfluß der Schwerkraft, die den K. zu kippen sucht, einen Kegelmantel um die Senkrechte durch den Kreiselfußpunkt als Achse; und zwar wird der Kegelmantel in dem Sinne durchlaufen, wie der K. um die Figurenachse rotiert. Diese *Präzessionsbewegung* der Kreiselachse (Abb.) ist um so langsamer, je geringer die Kraft und je größer der Kreiseldrall ist (→ Nutation). So führt die Erde als K. unter der Anziehungswirkung von Mond und Sonne ebenfalls eine Präzessionsbewegung aus, wobei der Präzessionskegel in 26000 Jahren von der Erdachse einmal beschrieben wird.

Der Einfluß der Erdschwerkraft auf einen K. läßt sich durch → kardanische Aufhängung ausschalten (**Bohnenbergscher K.**). Beim **Gyroskop** ist der K. so aufgehängt, daß die Figurenachse waagerecht liegt und sowohl in der waagerechten als auch in der senkrechten Ebene gedreht werden kann. Das statische Moment des K.s um den Aufhängepunkt wird mit einem Gegengewicht kompensiert. Die Präzession erscheint bei Einwirkung einer senkrechten Kraft als Drehung in der waagerechten Ebene im Sinne der Kreiseldrehung.

Das Bestreben des K.s, die Stellung der Umdrehungsachse zu erhalten, wird zur Stabilisierung bei Bewegung verwendet, z. B. **Schiffskreisel** zur Vermeidung des Schlingerns; **künstlicher Horizont,** bei dem eine Marke bei jeder Lage des Flugzeugs horizontal bleibt; **Kurskreisel,** der die Abweichung eines Fahrzeugs gegen eine raumfeste Kursrose anzeigt; **Kreiselkompaß,** → Kompaß.

Kreiselbrecher, svw. → Kegelbrecher.

Kreisförderer, ein Fördermittel zum raumbeweglichen (horizontal und schräg auf- oder abwärts), stetigen Transport von Stückgütern in geführter Bahn. Der K. gehört zu den Kettenförderern. Tragorgane für die Fördergüter sind Gehänge, die den Fördergütern angepaßt werden können und von endlosen Zugorganen (Ketten, seltener Drahtseile oder Stahlbänder) bewegt werden. Als Zugketten dienen standardisierte Rundstahl- oder Laschenketten sowie Spezialkonstruktionen, z. B. Kreuzgelenk- und Steckketten. Die Gehänge werden je nach Tragkraft an 2 oder 4 Rollen angehängt; diese laufen in oder auf Führungsbahnen aus Walzprofilen (⊥, ⊏, ⌶), Abkantprofilen oder geschlitzten Rohren. Die Führungsbahnen können an der Deckenkonstruktion von Gebäuden, an Wandkonsolen oder auf Stützen befestigt werden. Bei **Einbahnkreisförderern** ist eine Führungsbahn vorhanden, Zug- und Tragorgane sind fest miteinander verbunden. Bei **Zweibahnkreisförderern** für große Tragkräfte sind Zug- und Tragorgane mit Rollen versehen und haben getrennte Führungsbahnen. Die Tragorgane werden durch am Zugorgan befestigte Mitnehmer bewegt und können auch vom Zugorgan gelöst werden. Dadurch ergeben sich viele Variationsmöglichkeiten für den Einsatz. K. dienen der Mechanisierung und der Automatisierung, sie werden zum innerbetrieblichen Transport sowie zur Verknüpfung von Produktions- und Transportprozessen eingesetzt. (Abb.)

Kreisfrequenz, → Winkelgeschwindigkeit.

Kreisfunktionen, svw. → zyklometrische Funktionen.

Kreisgitter, ein Schaufelgitter, → Schaufel.

Kreiskolbenmotor, ein → Rotationskolbenmotor.

Kreisprozeß, in der Thermodynamik eine Folge von Zustandsänderungen, denen ein Körper, insbesondere Gas oder Dampf, nacheinander unterworfen wird, und zwar so, daß bei einmaliger Ausführung des Kreisprozesses am Ende der Zustandsänderungen wieder der Ausgangszustand des Systems erreicht wird. Bei der Durchführung eines Kreisprozesses läßt sich z. B. Wärmeenergie in mechanische Energie verwandeln. Allen Wärmekraftmaschinen liegt ein K. zugrunde. *Beispiele*: → Carnotscher Kreisprozeß, → Clapeyronscher Kreisprozeß. In umgekehrt durchlaufenen Kreisprozessen wird mechanische Energie in Wärmeenergie verwandelt, wie das z. B. bei Kältemaschinen und Wärmepumpen der Fall ist.

Krempel, svw. → Karde.

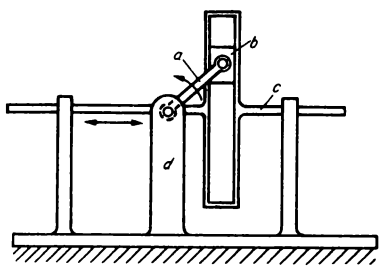
Kresole, Methylphenole, Hydroxytoluole, $C_6H_4(CH_3)(OH)$, drei isomere aromatische Verbindungen (o-, m-, p-Kresol), die bei Raumtemperatur z. T. flüssig sind. K. sind in der Phenolfraktion des Stein- und Braunkohlenteers enthalten, aus der sie gewonnen werden. In großem Umfang verwendet man sie zur Herstellung von Phenolharzen, ferner z. B. als Holzimprägnierungs- und Desinfektionsmittel sowie als Ausgangsstoff für verschiedene Riech- und Indikatorfarbstoffe.

Kreuzen, → Segeln.

Kreuzer, ein schnelles Kriegsschiff, das unter den Bedingungen des modernen Seekrieges als schweres Begleitschiff dient. K. zeichnen sich durch große Manövrierfähigkeit aus, die Geschwindigkeit beträgt bis 35 kn (Knoten). K. haben als Antriebsmaschinen Dampfturbinen, teilweise Kernenergieantrieb. Das Deplacement beträgt 10000 bis 20000 ts (tons). Die Bewaffnung besteht aus kombinierten Artillerie- und Raketensystemen, außerdem sind K. mit U-Abwehrraketen und U-Abwehrtorpedos und zur Luftabwehr mit Fla-Raketen und Fla-Geschützen ausgerüstet. K. können 1 bis 2 Hubschrauber mitführen. Die Besatzung beträgt 800 bis 1500 Mann. **Raketenkreuzer,** eine Unterklasse der Klasse K., sind außer mit den genannten Waffensystemen noch mit Raketen verschiedener Zweckbestimmung bestückt, z. B. „Boden—Luft" und „Boden — Boden".

Kreuzkopf, ein Maschinenteil an Schubkurbelgetrieben (z. B. bei Verbrennungsmotor, Dampfmaschine) zur Übertragung der geradlinigen Bewegung der Kolbenstange unter Zwischenschaltung der Pleuelstange auf den Kurbelzapfen. Die senkrecht zur Zylinderachse auftretenden Druckkräfte werden dabei von der Geradführung aufgenommen.

Kreuzschleife, ein aus der Kreuzschleifenkette (→ Viergelenkkette) entwickeltes Kurbelgetriebe mit zwei Drehgelenken und zwei benachbarten Schubgelenken (→ Elementenpaar). Die Kurbel *a* (Abb.) ist drehbar in dem als Gleitführung ausgebildeten Gestell *d* gelagert. Der Gleitstein *b* ist die Koppel und läuft im Kreuzschieber *c*, der eine hin- und hergehende Bewegung ausführt (**hin- und hergehende K.**). Die beiden Geradführungen (Gleitführungen) brauchen prinzipiell nicht senkrecht zueinander angeordnet zu sein. Bei der **umlaufenden K.** wird das Glied *a* festgehalten, und die Gleitsteine *b* und *d* sind drehbar im Gestell *a* gelagert. Wird das Glied *c* zum Gestell, dann gleiten die Steine *b* und *d* hin und her (**feststehende K.**). Die feststehende K. ist deshalb von besonderer Bedeutung, weil ihre Polbahnen (Momentanpol) den Kardankreisen (Kardankreispaar) entsprechen. Deshalb wird dieses Getriebe auch **Kardangetriebe** genannt.



Hin- und hergehende Kreuzschleife. *a* Kurbel, *b* Gleitstein (Koppel), *c* Kreuzschieber, *d* Gestell

Kreuzspulinstrument, → Widerstandsmesser.

Kreuzstromprinzip, eine Methode der Verfahrenstechnik zum Stoff- und Wärmeaustausch. Die beiden Stoffströme kreuzen sich, wobei eine innige Berührung notwendig ist. Bei reiner Wärmeübertragung sind die beiden Stoffe durch gut wärmeleitende, undurchlässige Wände getrennt. Dieses Prinzip wird vor allem in Wärmeübertragern und bei Kolonnenböden mit Ablauf verwirklicht.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Kreuzstück, ein → Formstück.

Kreuzverband, → Mauerwerk.

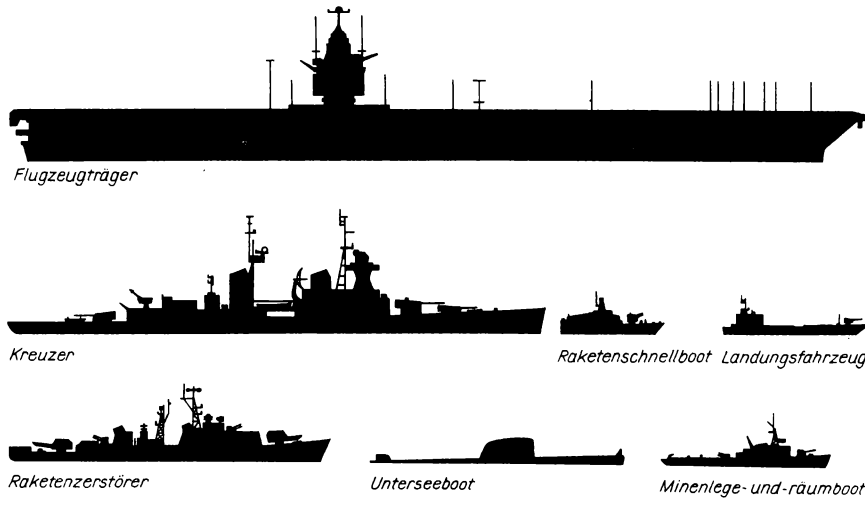
Kriechgang, bei den meisten Traktoren eine im Wechselgetriebe vorgesehene besondere Übersetzungsstufe oder ein zusätzliches Untersetzungsgetriebe, das niedrige Fahrgeschwindigkeiten (je nach Motordrehzahl etwa 0,3 bis 1,8 km/h) ermöglicht. Der K. wird bei landwirtschaftlichen Feldarbeiten, z. B. Rübenverziehen, Kartoffellegen, Auspflanzen von Setzlingen, Hacken von Pflanzenbeständen, benötigt.

Kriegsflugzeuge, svw. → Militärflugzeuge.

Kriegsschiffe (Tafeln 12 und 15), alle zu einer Seekriegsflotte gehörenden Schiffe, die zur Führung der Kriegsflagge (Dienstflagge) berechtigt sind und deren Besatzungen zu den organisierten Streitkräften eines Staates gehören. K. werden speziell zur Führung von Seekriegshandlungen konstruiert, ausgerüstet und bewaffnet. Sie sind gekennzeichnet durch einen flachen und schlank wirkenden Schiffskörper, wobei gewöhnlich das Hinterschiff am niedrigsten ist, eine modernste Bewaffnung und hohe Geschwindigkeit. Der Schiffskörper wird durch Schotte in zahlreiche wasserdichte Abteilungen eingeteilt, um bei Beschädigungen den Wassereinbruch auf möglichst kleinen Raum des Schiffes zu beschränken. Der Antrieb erfolgt meist durch Dampf- oder Gasturbinen oder Dieselmotoren; die Bewaffnung ist je nach dem Einsatzzweck unterschiedlich und besteht aus Geschützen, Raketenwaffen, Torpedos, Seeminen und Wasserbomben. Zusatzgeräte sind moderne hydroakustische Anlagen, Funk- und Radargeräte, automatische Feuerleitgeräte, Minensuch- und -räumgeräte u. a. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Über- und Unterwasserschiffen oder -booten. Zu den Überwasserkräften werden gerechnet → Flugzeugträger, → Kreuzer, → Zerstörer, → Fregatten, Korvetten (Küstenschutzschiffe), → Schnellboote, U-Boot-Jagdschiffe, → Minenleger, → Minenräumboote bzw. Minenlege- und -räumboote, Minensuchboote, → Landungsfahrzeuge sowie Hilfsschiffe (Transport-, Tank-, Begleitschiffe usw.). Unterwasserkräfte sind die → Unterseeboote.

Die bis nach dem 2. Weltkrieg in den großen Flotten vorhandenen Großkampfschiffe, wie Schlacht-, Panzer-, Linienschiffe, Panzer- und Schlachtkreuzer (Deplacement bis 70000 ts

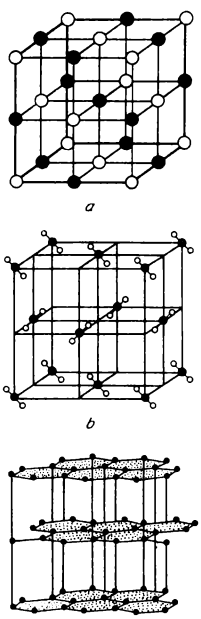
(tons), Geschwindigkeit bis zu 25 kn, 3000 bis 4000 Mann Besatzung, Artillerie bis zu einem Kaliber von 48 cm), sind heute fast überall außer Dienst gestellt.



Maßstäbliche Schattenrisse der wichtigsten Kriegsschifftypen

Krispeln, → Gerberei.

Kristall, ein Festkörper, dessen Bausteine (Atome, Ionen, Moleküle) im Idealfall periodisch regelmäßig in allen drei Richtungen des Raumes angeordnet sind. Eine solche Anordnung der Schwerpunkte der Bausteine heißt **Raumgitter** oder **Kristallgitter.** Die Bausteine können von stofflich gleicher oder unterschiedlicher Beschaffenheit sein. Jeder Baustein ist von den benachbarten Bausteinen grundsätzlich in derselben symmetrischen Weise umgeben wie jeder andere gleicher Art. Dies bedeutet, daß alle Konfigurationen ihrem Wesen nach keinen natürlichen Abschluß finden. Daher haben K.e von submikroskopischer bis zur makroskopischen Größe Kristallkanten und Kristallflächen, die unter jeweils zutreffenden Bedingungen Grenzflächen für weiteres Kristallwachstum sind. Ein K. entsteht aus einem Keim durch Wachstum (→ Kristallisation, → Kristallzüchtung). Die dabei herrschenden Bedingungen bestimmen die Kristallgröße und -gestalt, so z. B., ob eine kristalline Substanz als → Einkristall ihre Eigengestalt auszubilden vermag oder ob auf Grund zahlreicher Kristallkeime, die sich beim Weiterwachstum zur Kristallgestalt gegenseitig behindern, → Kristallite entstehen. In heterogenen Gesteinsschmelzen bedingt die Ausscheidungsfolge die Gestalt der K.e. Die zu den ersten Ausscheidungen der Kristallisationsdifferentiation (→ Differentiation) gehörenden K.e können ungehindert ihre Eigengestalt entwickeln und werden als *idiomorph* bezeichnet. Die späteren Ausscheidungen werden durch die bereits festen Nachbarbestandteile beeinflußt, sie stellen Kristallite dar und sind *xenomorph.*



1 Elementarzellen von *a* Natriumchlorid NaCl, *b* festem Kohlendioxid CO_2, *c* Graphit C; *a* und *b* zeigen je eine Elementarzelle, bei *c* sind mehrere Elementarzellen dargestellt (*a* und *c* nach Staude)

Unabhängig von der Größe und Gestalt der K.e kann man durch ihre Atomschwerpunkte oder Gitterpunkte Parallelepipede legen. Das kleinstmögliche Parallelepiped nennt man *Elementarzelle.* Da eine Zelle der anderen benachbart ist, kann man sich den K. aus Elementarzellen aufgebaut denken. Es genügt danach, mit Hilfe der → Kristallstrukturanalyse die Elementarzelle aufzufinden, die für die Gesamtbeschreibung der Struktur des K.s ausreichend ist. In ihr ist die kleinstmögliche Anzahl von Bausteinen enthalten, die der definierten chemischen Zusammensetzung, also der Summenformel, genügen (Abb. 1a und b).

Der **Kristallbau** oder die **Kristallstruktur** wird durch die Gesetze der Symmetrie beherrscht, die am besten durch die *Symmetrieelemente* veranschaulicht werden. Dies gilt sowohl für die makroskopisch sichtbaren Kristallgestalten als auch für ihren raumgitterartigen inneren Aufbau. Versteht man unter Symmetrie die Wiederholung von Gleichartigem, so ergibt die Verschiebung eines Punktes auf einer Geraden um den jeweils gleichen Betrag eine *Gittergerade,* auf zwei Geraden in einer Ebene eine *Netzebene,* auf drei Geraden im Raum eine *Elementarzelle* (auch Punktgitter oder Raumgitter genannt). Der Betrag der Verschiebung ist bei mehreren Geraden nicht in allen Fällen gleich groß. Man bezeichnet diese *Symmetrieoperation* als Parallelverschiebung oder Translation. Bereits von Frankenheim (1835) und Bravais (1850) wurde nachgewiesen, daß es genau 14 Hauptarten der Elementarzellen gibt, die sich in 7 durch ihre Symmetrie unterschiedliche **Kristallsysteme** einordnen lassen. Bezeichnet man bei den hier in Betracht kommenden Achsenkreuzen die Achsen mit a, b, c und die einschließenden Winkel mit α, β, γ, so existieren folgende Kristallsysteme:

1) triklin $a \neq b \neq c$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$
2) monoklin $a \neq b \neq c$; $\alpha = \gamma = 90°$, $\beta \neq 90°$
3) rhombisch $a \neq b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90°$
4) hexagonal (trigonal) $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = 90°$, $\gamma = 120°$
5) rhomboedrisch $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma \neq 90°$
6) tetragonal $a = b \neq c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90°$
7) regulär (kubisch) $a = b = c$; $\alpha = \beta = \gamma = 90°$.

In Abb. 2 sind einfache oder primitive Elementarzellen nach Bravais dargestellt. Sie entsprechen den 7 Kristallsystemen und sind nur in den Eckpunkten mit Atomen oder Ionen besetzt. In den weiteren 7, hier nicht abgebildeten Zellen, die als flächen- oder innenzentriert bezeichnet werden, sind auch die Flächenmitten oder die Zellenmitte belegt. Weitere Symmetrieoperationen sind Drehung, Spiegelung, Inversion, Inversionsdrehung oder Drehspiegelung, Gleitspiegelung und Schraubung, zu denen als Symmetrieelemente die Drehungsachsen, Spiegel- oder Symmetrie-

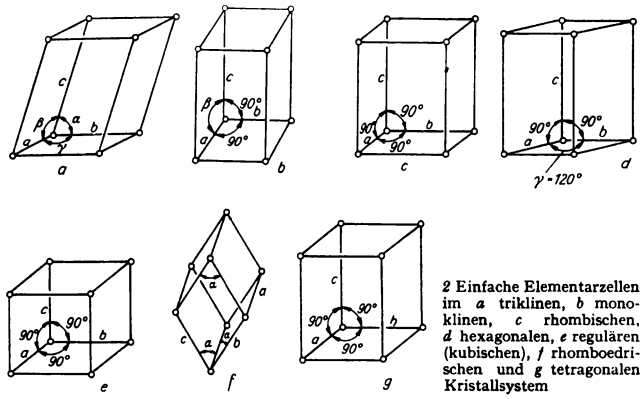
ebenen, Inversions- oder Symmetriezentrum, Inversionsdrehachsen oder Drehspiegelachsen, Gleitspiegelebenen und Schraubenachsen gehören. Die mit den Symmetrieelementen der Abb. 3a bis 3d beschriebenen Symmetrieoperationen ergeben Punktkonfigurationen, die endlich, d. h. in sich abgeschlossen sind. Die Kombination der hier wirksamen Symmetrieelemente führt zu 32 verschiedenen Punktsymmetriegruppen, die als **Kristallklassen** bezeichnet werden. Durch sie lassen sich sämtliche natürlichen und synthetischen K.e hinsichtlich ihrer äußeren Gestalt klassifizieren. Treten ferner zusätzlich Translationen als Deckoperationen auf, wie teilweise in den Abb. 3e und 3f gezeigt, so führt ihre Kombination mit den anderen Symmetrieelementen zu 230 *Raumgruppen*. Durch sie werden alle Möglichkeiten struktureller Anordnungen von Bausteinen in Kristallgittern erfaßt. Jede Raumgruppe steht im Zusammenhang mit einer Kristallklasse entsprechend der in ihr enthaltenen Symmetrieelemente. Jede Raumgruppe und Kristallklasse kann auf eines der 7 Kristallsysteme bezogen werden.

Die Kanten des makroskopisch sichtbaren K.s entsprechen den Gittergeraden, die Flächen den Netzebenen seines strukturellen Aufbaues. Netzebenen oder Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden und daher einer Achsenrichtung angehören, werden als *Zone*, die dazu gehörige Achse als *Zonenachse* bezeichnet. Die Bestimmung der Lage von Netzebenen oder Flächen eines K.s wird am Achsenkreuz des betreffenden Kristallsystems vorgenommen. Diese Ebenen können eine Achse, zwei oder drei Achsen in gleichen oder verschiedenen Abständen schneiden. Werden alle drei Achsen geschnitten, so zeigt z. B. Abb. 4, daß dies in den Richtungen X, Y und Z, in den Abständen 2a, 3b und c geschieht. Die Symbolisierung der Lage der Netzebenen erfolgt durch die *Millerschen Indizes* (hkl), die sich aus dem Verhältnis der reziproken Werte der Koeffizienten ergeben.

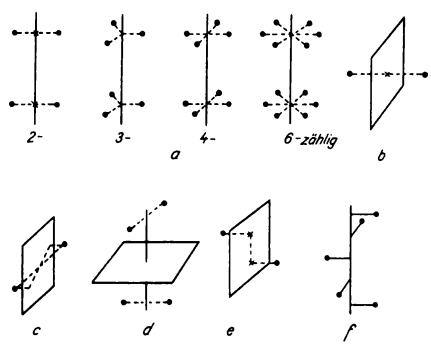
Die 230 Raumgruppen geben die möglichen Symmetrieverhältnisse von periodisch angeordneten Atomen, Ionen und Molekülen an, sie sagen jedoch nichts aus über die Stabilität der K.e. Der Zusammenhalt der K.e wird durch Kräfte zwischen den einzelnen Kristallbausteinen gewährleistet (→ Bindung).

Der gesetzmäßige Aufbau der K.e drückt sich sowohl in der äußeren Form als auch im physikalischen Verhalten aus. Sind gleichwertige Flächen vorhanden, z. B. die 6 Flächen des Würfels, so besteht in geometrischer Hinsicht eine Richtungsgleichheit. Bei der größten Zahl der auftretenden Kristallformen sind die an einem K. auftretenden Flächen nicht alle untereinander gleichwertig, es besteht Richtungsungleichheit (→ Anisotropie), z. B. beim tafeligen Glimmer. Bei dieser natürlichen, spezifischen Ausbildung eines K.s spricht man vom **Kristallhabitus**, während die Gesamtheit der Flächen, Ecken und Kanten als **Kristalltracht** bezeichnet werden. Die Anisotropie der K.e bedingt auch ihre physikalischen Eigenschaften, z. B. die → Pyroelektrizität und → Piezoelektrizität, die Wärmeleitfähigkeit, das optische Verhalten (→ Kristalloptik), ihre Härte und Spaltbarkeit.

Die Theorien über Kristallstrukturen und die mathematischen Ableitungen der Bauprinzipien der K.e stellen Abstraktionen dar. Sie gehen jeweils vom **Idealkristall** aus, in dem keinerlei Abweichungen vom regelmäßigen Gitterbau auftreten. Für spezielle Zwecke versucht man mit den Methoden der → Kristallzüchtung die variierende Wirkung der vorkristallinen Konstitution in engen Grenzen zu halten, um möglichst nahe an Idealbedingungen heranzukommen. Dies gelingt um so eher, je geringer die Abmessungen der K.e sind. So haben haarförmige Einkristalle vom Durchmesser zwischen 0,05 und 60 μm Festigkeitseigenschaften, die dem Verhalten idealer K.e nahekommen (→ Whisker). Die meisten K.e, die **Realkristalle**, enthalten eine Vielzahl von Abweichungen vom idealen Gitterbau, die wesentlich die physikalischen Eigenschaften beeinflussen können (→ Fehlordnung, → Festkörper). Einen realen Einkristall stellt man sich aus kleinsten, ideal kristallisierten Bereichen oder Mosaikblöckchen zusammengesetzt vor, die um Winkelsekunden bis Winkelminuten gegeneinander verkantet sind. Den Aufbau und die Erscheinungsformen der K.e behandelt die → Kristallographie.

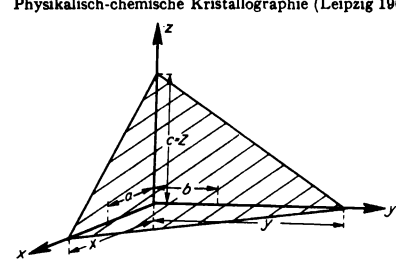


2 Einfache Elementarzellen im *a* triklinen, *b* monoklinen, *c* rhombischen, *d* hexagonalen, *e* regulären (kubischen), *f* rhomboedrischen und *g* tetragonalen Kristallsystem



3 Symmetrieelemente: *a* Drehungsachsen, *b* Spiegelebene, *c* Inversionszentrum, *d* 4-zählige Inversionsdrehachse, *e* Gleitspiegelebene, *f* Schraubenachse

Lit. Halla: Kristallchemie und Kristallphysik metallischer Werkstoffe (Leipzig 1957); Kleber: Einführung in die Kristallographie (9. Aufl. Berlin 1966); K. Meyer: Physikalisch-chemische Kristallographie (Leipzig 1968).



4 Zur Definition der Millerschen Indizes. Achsenabschnitte: $X = 2a$; $Y = 3b$; $Z = 1c$. Demzufolge: (hkl) = (326), da $^1/_2 : ^1/_3 : ^1/_1 = 3:2:6$

Kristallchemie, → Kristallographie.

kristalline Flüssigkeiten, flüssige Kristalle, organische, seltener anorganische Verbindungen in liquokristallinem oder mesomorphem Zustand. Die kompliziert gebauten, langgestreckten Moleküle vereinigen sich dabei innerhalb begrenzter Gebiete zu Schichten oder Schwärmen, in denen die Molekülrichtungen parallel liegen. Von den Flüssigkeiten unterscheiden sich die k.n F. vor allem durch ihre optische Anisotropie, z. B. zeigen sie Strömungsdoppelbrechung. Vom festen Kristall unterscheiden sie sich durch ihre Formunbeständigkeit. Ihre Viskosität ist teilweise sehr groß; es gibt sogar plastisch erscheinende k. F. Die Röntgeninterferenzen unterscheiden sich charakteristisch von denen der Festkörper.

Kristallisation, die Bildung von Kristallen aus Lösungen, Schmelzen oder Gasphasen. Ein Stoff kristallisiert, wenn seine Konzentration den durch das Löslichkeitsprodukt gegebenen Wert überschreitet. Ausgangspunkt für die Kristallbildung sind winzige Kristallisationszentren, die **Kristallisationskeime** oder **Kristallisationskerne,** die bei Abkühlung einer gesättigten Lösung eines festen Stoffes normaler Löslichkeit oder bei Unterkühlung von Schmelzen entstehen und dann spontan zu Kristallen weiterwachsen. Die Anzahl der sich bildenden Kristallisationskeime ist von der Temperatur, der Kühlungsgeschwindigkeit, der Durchmischung der Lösung oder Schmelze, den Verunreinigungen und den Stoffeigenschaften abhängig. Wenige Keime begünstigen die Bildung großer Kristalle. Langsames Kristallwachstum führt zu gut ausgebildeten Kristallformen, Kristalle mit mikroskopisch kleinen Abmessungen werden gebildet, wenn sehr viele Keime vorhanden sind. Beim Verdampfen von Lösungen entstehen nur feinkristalline Niederschläge. Eine vollkommen reine, erschütterungsfreie, gesättigte Lösung läßt sich weit unterkühlen, ohne daß K. eintritt. Um die K. einzuleiten, genügt es dann, die Lösung mit wenigen Kriställchen des auszuscheidenden Stoffes zu impfen. Als Kristallisationszentren können auch Staubteilchen oder andere Fremdkörper sowie Gefäßwandrauhigkeiten wirken.

Die K. ist ein Diffusionsprozeß und gehört zu den wichtigsten Verfahren zur Gewinnung reiner, fester Substanzen. Die technische K. kann kontinuierlich und diskontinuierlich erfolgen. Große Leistungen und homogene Produkte können nur in kontinuierlichen Kristallisationsapparaten erzielt werden. Die K. durch Entfernung eines Teils des Lösungsmittels (durch Verdampfen bzw. Verdunsten) erfolgt in großen flachen Behältern (z. B. Salzgewinnung aus Meerwasser), in Kühltürmen, in Schneckenkristallisatoren (mit Durchmischung der Lösung) und in Drehrohrkristallisatoren (hierbei wird Luft, die sich mit dem Lösungsmittel sättigt, im Gegenstrom durch die Drehrohrtrommel geleitet). Noch leistungsfähiger sind unter Vakuum arbeitende Kristallisationsapparate. Bei der K. ohne Entfernung des Lösungsmittels — technisch meist durch Kühlung erreicht — werden Rührgefäße, Drehrohrkristallisatoren u. a. mit Kühlung verwendet.

Zur Reinigung kristalliner Produkte wird das → Umkristallisieren verwendet.

Lit. → Verfahrenstechnik.

Kristallisierapparat, Kristallisator, eine Einrichtung, die in der technischen Massenkristallisation dazu dient, feste Stoffe aus Lösungen oder Schmelzen durch Kristallisation zu gewinnen. Die Lösung kann bei Normaldruck durch Verdampfen oder Kühlen übersättigt werden. Der einfachste K. ist der **Kristallisierkasten (Kristallisiermulde),** in dem die Lösung durch Verdunsten des Lösungsmittels oder durch Abkühlung (Einbau von Kühlschlangen) auskristallisiert. Wirtschaftlicher arbeiten **bewegte K.e,** da durch die Bewegung der Lösung die Abkühlung und damit die Kristallisation beschleunigt wird. Die Bewegung wird z. T. durch Rührer erzeugt. **Kristallisierwiegen** arbeiten mit schaukelnder Bewegung und meist mit Luftkühlung, **Schneckenkristallisatoren** und **Drehrohrkristallisatoren** mit rotierender Bewegung. In manchen Fällen, z. B. zur Erzeugung von Kalziumnitrat, stellt man eine hochkonzentrierte heiße Lösung her und verspritzt sie fontänenartig in einem **Spritzturm.** In das Turminnere eingeblasene Kaltluft unterkühlt die einzelnen Tröpfchen, so daß sich Kristallkörner bilden, die zu Boden fallen. Besser arbeiten **Vakuumkristallisatoren,** da hier die Abkühlung infolge Selbstverdampfung des Lösungsmittels erfolgt, sich also die ausfallenden Kristalle nicht an den Kühlflächen ansetzen und so den Wärmeübergang verschlechtern können.

Lit. → Kristallzüchtung.

Kristallite, Kristalle von geringer Größe, die wegen gegenseitiger Wachstumsbehinderung ihre äußere Form nicht entwickeln konnten, z. B. bei Erstarrung einer Metallschmelze. Die K. bauen in ihrer Gesamtheit polykristalline Körper auf. Die kristalline Struktur kann man an Bruchflächen und an geätzten Schliffen feststellen.

Kristallmorphologie, → Kristallographie.

Kristalloblastese, die Umkristallisation von Mineralien im Gesteinsverband bei metamorphen Vorgängen.

Kristallographie, die Lehre vom strukturellen und morphologischen Aufbau kristalliner Stoffe und von ihren daraus ableitbaren physikalischen und chemischen Eigenschaften. Man teilt die K. in drei große Gebiete ein, die untereinander in engster Beziehung stehen:

1) Kristallstrukturlehre und Kristallmorphologie. Die Kristallstrukturlehre erkundet den Aufbau und die Ordnungsprinzipien des kristallisierten Zustandes im atomaren und molekularen Bereich, wobei gleichgültig ist, ob der zu untersuchende Stoff als Einkristall oder als polykristallines Material vorliegt. Die Kristallmorphologie beschreibt den Formenreichtum des kristallisierten Zustandes von Einkristallen und von Kristallaggregaten im makroskopischen Bereich. Kristallmessungen und -berechnungen ermöglichen die Einordnung der Kristalle in Kristallklassen. Wachstums- und Auflösungserscheinungen an Kristallen führen zum Studium der Milieubedingungen, in welchen derartige Prozesse ablaufen können.

2) Die Kristallchemie untersucht die aus dem jeweiligen kristallisierten Stoffbestand sich ergebenden Anordnungsbedingungen. Dies führt zur Erkundung des Ladungszustandes und der wirksamen Radiengrößen der Bausteine im Gesamtverband und zur systematischen Einordnung nach ihrem Bindungscharakter, z. B. in Atom-, Ionen-, Molekül-, Metall- oder Metalloidgitter.

3) Die Kristallphysik untersucht die Wechselbeziehungen zwischen der Struktur der Kristalle und ihren mechanischen, thermischen, optischen und elektrischen Eigenschaften.

Die K. ist ein wichtiges Teilgebiet sowohl der Physik, Chemie und Mineralogie als auch verschiedener technischer Arbeitsrichtungen, z. B. der Metallkunde und Keramik. Sie hat steigenden Anteil bei der Entwicklung von Werkstoffen und Industrieprodukten anorganischer und organischer Zusammensetzung.

Lit. → Kristall.

Kristalloptik, die Lehre von der Lichtausbreitung in Kristallen. Während sich das Licht in amorphen Stoffen ebenso wie im Vakuum nach allen Seiten mit gleicher Geschwindigkeit ausbreitet (optisch isotrope Stoffe), ist das bei den meisten Kristallen nicht der Fall. Nur die kubi-

schen Kristalle sind optisch isotrop, alle übrigen zeigen → Doppelbrechung, sind also anisotrop. In diesem Zusammenhang werden in der K. folgende Untersuchungen vorgenommen: Bestimmung der Richtungen der optischen Achsen, der Schwingungsrichtungen des ordentlichen und außerordentlichen Strahls, der Richtungsabhängigkeit der Brechzahlen; Messung der Gangunterschiede (→ Interferenz) zwischen ordentlichem und außerordentlichem Strahl und der Drehung der Polarisationsebene in optisch aktiven Kristallen; Beobachtungen im Polarisationsmikroskop, Untersuchung des → Dichroismus.

Kristallphysik, → Kristallographie.

Kristallskelette, svw. → Dendriten.

Kristallstrukturanalyse, Röntgenstrukturanalyse, Feinstrukturanalyse, ein Verfahren zur Bestimmung von Atomanordnungen in Kristallen unter Verwendung von Röntgen-, Elektronen- oder Neutronenstrahlung. In Kristallgittern sind die Gitterbausteine (Ionen, Atome, Moleküle) periodisch angeordnet. Sie haben also untereinander stets gleiche Entfernungen und zueinander gleiche Orientierung. Deshalb kann man sie als dreidimensionales Gitter betrachten, das im Vergleich zu den für Messungen in sichtbaren, industriell angefertigten Gittern extrem kleine Gitterkonstanten besitzt und aus diesem Grunde für Messungen an Strahlen kürzerer Wellenlänge benutzt werden kann. Röntgenstrahlen treten hauptsächlich mit den Elektronen der Kristallbausteine in Wechselwirkung und regen diese zu Schwingungen an, die ihrerseits die Aussendung elektromagnetischer Wellen, die untereinander interferieren, bedingen. Die Intensität dieses Vorganges wächst mit der Zahl der Elektronen, also mit der Ordnungszahl des Elementes. Auf Grund einer mathematischen Bezeichnung (*Braggsche Gleichung*) kann man aus den Interferenzbildern den Abstand der Bausteine im Kristall und ihre Lage zueinander oder, wenn diese bekannt sind, die Wellenlänge der Röntgenstrahlung feststellen.

Es gibt zahlreiche unterschiedliche experimentelle Anordnungen für die K. Beim **Einkristallverfahren** (erste Aufnahme 1912 durch M. v. Laue) verwendet man polychromatische Röntgenstrahlung, beim **Pulververfahren (Debye-Scherrer-Verfahren, 1916)** monochromatische Strahlung.

Wegen der Eigenschaft von Elementarteilchen, außer ihren Korpuskulareigenschaften auch Wellencharakter zu besitzen (de Broglie 1924), erhält man bei der Durchstrahlung von Kristallen mit Neutronen oder Elektronen Beugungsbilder, die den von Röntgenstrahlen hervorgerufenen entsprechen und sich ebenfalls zur Aufklärung der Kristallstruktur eignen.

Lit. Kohlhaas, R. u. H. Otto: Röntgenstrukturanalyse von Metallen (Berlin 1955); v. Laue: Röntgenstrahlinterferenzen (Frankfurt/M. 1960); Neff: Grundlagen und Anwendung der Röntgen-Feinstruktur-Analyse (2. Aufl. München 1962).

Kristallstrukturlehre, → Kristallographie.

Kristallzähler, ein nur selten verwendeter → Strahlungsdetektor. Die Wirkungsweise des K.s beruht darauf, daß in geeigneten elektrisch isolierenden Kristallen (Diamant, Kadmiumsulfid, verschiedene Thalliumhalogenide) durch die auftreffende Strahlung freie Elektronen erzeugt werden. Diese bewegen sich infolge einer außen angelegten Spannung von etwa 1000 V zur positiven Elektrode. Es fließt daher in dem normalerweise isolierenden Kristall ein kurzer Stromimpuls, der z. B. nach einer Verstärkung einem Zähler zugeführt werden kann. Eine Weiterentwicklung des K.s stellt der → Halbleiterdetektor dar.

Kristallzüchtung, die Herstellung synthetischer, gut ausgebildeter Einzelkristalle.

1) **K. aus fester Phase.** Diese Methode besitzt nur in der Metallurgie als → Rekristallisation Bedeutung.

2) **K. aus flüssiger Phase.** a) Die K. aus wäßrigen Lösungen unter Temperaturerniedrigung oder durch Verdampfen des Lösungsmittels wird vorwiegend durch Einhängen von Keimkristallen betrieben. Zum Beispiel werden nach diesem Verfahren Phosphat-, Sulfat- und Tartratkristalle gezüchtet. b) Werden schwerlösliche Stoffe mit Wasser unter extremen Druckbedingungen (bis 5000 at und 500 °C) oberhalb der kritischen Temperatur des Wassers in Autoklaven erhitzt, so steigt die Löslichkeit vieler Verbindungen stark an und ermöglicht eine K. durch hydrothermale Synthese. Technische Bedeutung hat vor allem die Quarzzüchtung erlangt. c) An Stelle von Wasser lassen sich auch Schmelzen als Lösungsmittel verwenden. So erhält man z. B. Ferritkristalle aus Bleioxid-Bleifluorid-Schmelzen. Arbeitet man bei sehr hohen Drücken (80000 bis 100000 at) und sehr hohen Temperaturen (2000 bis 3000 °C), so kann in Metallen gelöster Graphit in Diamantkristalle umgewandelt werden. d) Von hoher Bedeutung sind Züchtungsverfahren aus Schmelzen, bei denen man das Schmelzgut nach verschiedenen Methoden zur Kristallisation bringt. Die Hauptmethoden sind das Eintauchen eines gekühlten Keimkristalls in die langsam abgekühlte Schmelze (*Verfahren nach Kyropoulos*), das Herausziehen des gekühlten Keimkristalls aus der Schmelze (*Verfahren nach Czochralski*) und das Absenken eines Tiegels im Temperaturgradienten (*Verfahren nach Bridgman und Stockbarger*), ferner das → *Zonenschmelzverfahren*, bei dem durch festes Grundmaterial eine Schmelzzone bewegt wird.

Nach diesen Methoden werden Kristalle von Metallen, Halbleitern [Germanium(III,V)-Verbindungen], Oxiden, Silikaten, Alkalihalogeniden und organischen Verbindungen gezüchtet.

Das Material kann auch in Form von Schmelztröpfchen der geschmolzenen Oberfläche eines Keimkristalls zugeführt werden (*Verneuil-Verfahren*). Auf diese Weise werden Kristalle von Korunden und Spinellen gezüchtet.

3) **K. aus der Gasphase.** Dabei werden entweder die reinen Substanzen oder die Ausgangskomponenten verdampft (meist in einem Hilfsgasstrom) und an kälteren Teilen der Gefäßwandungen kondensiert. Nach dieser Methode werden vor allem Kristalle von Chalkogeniden (Kadmiumsulfid, Zinksulfid) und hochschmelzenden Metallen (→ *Aufwachsverfahren*) hergestellt.

Synthetische Kristalle werden in vielen Bereichen der Technik benötigt. Man verwendet 1) für Halbleiter und Transistoren Bleisulfid, Galliumarsenid, Germanium, Indiumantimonid, Kadmiumsulfid, Silizium, Wismuttellurid, Zinksulfid u. a.; 2) für Zwecke der Elektroakustik und Hochfrequenztechnik Ammoniumdihydrogenphosphat, Dikaliumtartrat, Ferrite, Glimmer, Kaliumnatriumtartrat, Titanate u. a.; 3) für Zwecke der Optik Aluminiumoxid (Rubin), Kaliumaluminiumsulfat (Kaliumalaun), Kaliumbromid, Kaliumnitrat, Kalziumfluorid, Lithiumfluorid, Natriumchlorid, Quarz, Thalliumbromojodid u. a.; 4) als Monochromatoren für Röntgenstrahlung Aluminium, Kalziumfluorid, Lithiumfluorid, Quarz; 5) für Strahlungswandler Aluminiumoxid (Rubin), Anthrazen, Dibenzyl, Diphenyl, Kaliumjodid, Kalziumfluorid, Lithiumjodid, Natriumjodid, Phenanthren, Stilben, Wolframate, Zäsiumjodid, Zinksilikat; 6) für Lagersteine und Hartstoffe Aluminiumoxid (Rubin, Saphir), Siliziumborid, Siliziumkarbid, Titandioxid; 7) für Schmucksteine Aluminiumoxid (Rubin, Saphir), Spinelle (Chrysoberyll), Diamant, Smaragd, Rutil u. a.

Lit. Wilke: Methoden der K. (Berlin 1963).

kritische Daten, kritische Konstanten, kritische Größen, zusammenfassende Bezeichnung des kritischen Volumens V_{krit}, des kritischen Druckes p_{krit}, der kritischen Temperatur T_{krit} und der kritischen Dichte d_{krit}. Die k.n D. sind für jeden Stoff charakteristische Konstanten. Oberhalb der **kritischen Temperatur** kann ein Gas durch keinen noch so hohen Druck verflüssigt werden. Der Druck, der die Verflüssigung bei der kritischen Temperatur gerade noch ermöglicht, heißt **kritischer Druck**, das Volumen, das ein Mol des Stoffes bei der kritischen Temperatur einnimmt, **kritisches Volumen.** Unterhalb der kritischen Temperatur gibt es zu jeder Temperatur einen bestimmten Kondensationsdruck, der um so tiefer liegt, je tiefer die Temperatur selbst ist. Zur Deutung der kritischen Erscheinungen muß man sich vorstellen, daß oberhalb der kritischen Temperatur die Bewegungsenergie der Moleküle so groß geworden ist, daß sich irgendwelche Anziehungskräfte zwischen ihnen in keiner Weise mehr auswirken können. Im kritischen Punkt selbst besteht daher auch keine Unterscheidungsmöglichkeit mehr zwischen Gas und Flüssigkeit: Die Dichte des komprimierten Gases ist gleich der Dichte der Flüssigkeit (**kritische Dichte**).

Kritische Daten einiger Stoffe

	T_{krit} [°C]	p_{krit} [atm]	V_{krit} [Liter]	d_{krit} [g/cm³]
Helium	−267,9	2,26	0,061	0,069
Wasserstoff	−239,9	12,8	0,061	0,031
Stickstoff	−147,1	33,5	0,087	0,311
Sauerstoff	−118,8	49,7	0,074	0,430
Chlor	+144	76,1	·	0,573
Kohlendioxid	+ 31,0	73	0,096	0,46
Ammoniak	+132,4	111,5	·	0,235
n-Pentan	+197	33	0,310	0,232
Methanol	+240	99	0,117	0,358
Benzol	+288,6	47,9	0,256	0,305
Chlorbenzol	+359,2	44,6	0,308	0,365
Wasser	+374,2	217,5	0,056	0,329

kritische Masse, in der Kerntechnik diejenige Menge spaltbaren Materials, die eine gewählte Anordnung „kritisch" macht, d. h., in der eine Kernkettenreaktion möglich ist, → Kernreaktor.

kritischer Weg, → Netzwerktechnik.

kritische Temperatur, → Temperatur, → kritische Daten.

Kritzen, svw. Gletscherschrammen, → Gletscher.

Kroki [französisch croquis ‚Skizze'], Bezeichnung für eine mit einfachen Hilfsmitteln (Marschkompaß, Schrittmaß und Schätzen von Entfernungen) hergestellte, nicht streng maßstäbliche → Karte (→ Kartenaufnahme).

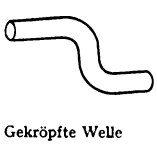
Krokieren, → Kartenaufnahme.

Krokydolith, ein → Amphibol.

Kronenmutter, → Schraubensicherung.

Kröpfen, 1) das Zusammenfügen von Profilleisten auf → Gehrung bei (Bilder-) Rahmen, Plattenumrandungen u. dgl.

2) ein Freiformschmiedeverfahren. Mit einem Setzwerkzeug oder einem Gesenk wird ein Stab so abgebogen, daß die zuvor in einer Achse liegenden Stabenden parallel zu liegen kommen (Abb.).



Gekröpfte Welle

Krumenpacker, → Walze.

Krümmer, 1) **Rohrkrümmer,** ein gebogenes Rohrstück in Rohrleitungen, das zur größeren Richtungsänderung (z. B. 30°, 45°, 90°, 180°) des Rohrleitungsverlaufs dient (Abb. → Formstücke).

2) → Grubber.

Krümmung, eine Größe, die den Grad der Abweichung einer Kurve von der Geraden oder einer Fläche von der Ebene charakterisiert. **Krümmungskreis** im Punkt P einer Kurve ist der Kreis, der die Kurve in P berührt (sich ihr am besten „anschmiegt") und dort dieselbe K. wie die Kurve besitzt. Man findet seinen Mittelpunkt, den **Krümmungsmittelpunkt,** als Schnittpunkt von zwei Loten, die in unmittelbarer Nachbarschaft des betrachteten Punktes auf der Kurve errichtet werden. Der Radius des Krümmungskreises ist der **Krümmungsradius**; seinen reziproken Wert definiert man als K. der Kurve im Punkt P. Krümmungsmittelpunkt und Krümmungsradius einer Kurve können mit Hilfe der Differentialrechnung berechnet werden. Bei Raumkurven tritt zur K. (hier auch als *Flexion* bezeichnet) die *Torsion* (Windung), die die Abweichung aus der Ebene angibt.

Krumpfen, das Einlaufen von Textilien beim Naßwerden (Regen, Wäsche). Das K. ist abhängig von Faserstoffart (besonders bei Geweben aus Zellulosefasern), Faden- und Gewebekonstruktion sowie von den bei der Fabrikation und Ausrüstung hineingebrachten Spannungen. **Krumpffreie Gewebe** aus Zellulosefaserstoffen werden durch Herabsetzen der Faserquellung oder durch Sanforisieren erzielt (Krumpffrei-Ausrüstung, → Permanent-Appretur). Wollgewebe werden durch Brennen oder Dekatieren krumpffrei gemacht.

Krupp-Renn-Verfahren, → Rennverfahren.

kryogene Pumpe, Kryopumpe, eine Anordnung, bei der — wie bei → Kühlfallen — Gase an tiefgekühlten Flächen kondensieren. Durch den Einsatz von flüssigem Neon (Kp. −245,98 °C), flüssigem Wasserstoff (Kp. −252,8 °C) oder flüssigem Helium (Kp. −268,93 °C) als Kühlmittel übetrifft die k. P. die Kondensationsfähigkeit der Kühlfallen. Die tiefgekühlten Flächen wirken wie eine Vakuumpumpe. Alle Gase außer Neon, Wasserstoff und Helium kondensieren. Da der Dampfdruck des Kondensats entsprechend der niedrigen Temperatur sehr gering ist, können Drücke, die niedriger als 10^{-5} Torr sind, erzeugt werden.

Kryolith, ein Mineral, Na_3AlF_6; monoklin und kubisch, weißlich, Härte nach Mohs 2,5 bis 3, D. 2,95 g cm^{-3}. Lagerstätten von K. sind äußerst selten. K. wird für die technische Verwendung meist synthetisch aus Fluorit hergestellt und wird vor allem in der keramischen Industrie sowie zur elektrolytischen Aluminiumgewinnung und zur Sodagewinnung eingesetzt.

Kryopumpe, svw. → kryogene Pumpe.

Kryoskopie, die Ermittlung der Gefrierpunktserniedrigung von Lösungen, insbesondere zur Bestimmung von Molekulargewichten. Als **kryoskopische Konstante** (molale Gefrierpunktserniedrigung) eines Lösungsmittels bezeichnet man die durch Auflösung von 1 Mol beliebiger, nicht dissoziierender Verbindungen in 1000 g Lösungsmittel hervorgerufene Erniedrigung des Gefrierpunktes; sie beträgt z. B. für Wasser 1,859 [grd g mol^{-1}] unabhängig von der zu lösenden Substanz. Als Meßinstrument dient das Beckmann-Thermometer. Unterschied: → Ebullioskopie.

Kryostat, ein → Thermostat zur Aufrechterhaltung tiefer Temperaturen.

Krypton, Symbol **Kr,** chemisches Element aus der 0. oder VIII. Hauptgruppe des Periodensystems, der Gruppe der Edelgase; Ordnungszahl 36, Massenzahlen der Isotope 84, 86, 82, 83, 80 und 78, Atomgewicht 83,80 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit 0, D. 2,614 g cm^{-3} (bezogen auf Sauerstoff = 1), F. bei 760 Torr − 157,1 °C, Kp. bei 760 Torr 153,2 °C, Litergewicht 3,745 g bei 0 °C und 760 Torr, kritische Temperatur −63,8 °C, kritischer Druck 54,2 atm; 1898 von Ramsay und Travers entdeckt. K. ist chemisch außerordentlich reaktionsträge, jedoch gelang es in letzterer Zeit, stabile Verbindungen zwischen K. und Fluor herzustellen: Kryptontetrafluorid KrF_4 und Kryptondifluorid KrF_2. K. kommt in der Atmosphäre und in Spuren auch in Vulkan-, Erd-, Quell- und Grubengasen vor. Es wird heute großtechnisch im Gemisch mit Xenon entweder

aus Luft oder aus Syntheserestgasen gewonnen. Man verwendet K. als Füllgas für Glühlampen (Kryptonlampen, → Edelgaslampe), zur Füllung von Gasentladungslampen und Ionisationslampen, zum Nachweis radioaktiver Strahlung und in der Medizin.

kt, Kurzz. für Kilotonne, → Tonne.

ktex, Kurzz. für Kilotex, → Tex-System.

Ktg, → Elektrokardiotachometer.

Ku, Symbol für → Kurtschatovium.

Kubik, 1) Vorsatz zur Kennzeichnung der dritten Potenz von Längeneinheiten als Volumeneinheiten, z. B. **Kubikmeter,** Kurzz. m^3, das Volumen eines Würfels von der Kantenlänge 1 Meter.

2) **Kubikzahl,** die 3. Potenz einer Zahl, z. B. $8 = 2^3$, $27 = 3^3$ usw.; **Kubikwurzel,** die 3. Wurzel aus einer Zahl, z. B. $\sqrt[3]{64} = 4$.

kubisch, mit dem Würfel oder mit einer 3. Potenz in Zusammenhang stehend. Zum Beispiel nennt man eine Gleichung 3. Grades $ax^3 + bx^2 + cx + d = 0$ eine **kubische Gleichung.** Über **kubisches Kristallsystem** → Kristall.

Kubus, 1) Geometrie: der → Würfel. 2) Arithmetik: die 3. Potenz einer Zahl.

Kugel, eine geschlossene Fläche von konstanter Krümmung, der geometrische Ort aller Punkte des Raumes, die von einem festen Punkt, dem *Mittelpunkt* (*Zentrum*) der K., den gleichen Abstand haben. Dieser Abstand heißt *Radius* (*Halbmesser*). Vom analytischen Standpunkt ist die K. eine Fläche 2. Ordnung. Ihre Gleichung in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem mit dem Mittelpunkt der K. als Nullpunkt ist $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$.

Als K. bezeichnet man in der Stereometrie auch den von der K. — als Fläche aufgefaßt — begrenzten Körper, den man sich durch Rotation einer Kreisfläche um einen ihrer Durchmesser als Achse entstanden denken kann; die Fläche selbst bezeichnet man in diesem Zusammenhang als *Kugeloberfläche.* Die Verbindungsstrecke zweier Punkte der Kugeloberfläche heißt *Sehne.* Geht diese durch den Mittelpunkt, so wird sie zum Durchmesser der K. Jeder Schnitt einer Ebene mit der Kugeloberfläche ergibt einen Kreis, ein Schnitt durch den Mittelpunkt der K. einen *Großkreis* (*Hauptkreis*). Durch den Schnitt mit einer Ebene wird die Kugeloberfläche in zwei **Kugelhauben (Kugelkappen, Kalotten)** geteilt, die K. selbst in zwei **Kugelabschnitte (Kugelsegmente).** Zwei parallele Ebenen schneiden auf der Oberfläche der K. eine **Kugelzone (Gürtel)** aus; der von diesem Gürtel und den beiden Ebenen begrenzte Teil des Kugelkörpers heißt **Kugelschicht. Kugelausschnitt** oder **Kugelsektor** nennt man den von einem geraden Kreiskegel mit der Spitze im Mittelpunkt der K. herausgeschnittenen Teil des Kugelkörpers. Der Rauminhalt einer Kugel mit Halbmesser r ist $V = \frac{4}{3}\pi r^3$, die Oberfläche $O = 4\pi r^2$. Die Fläche einer Kugelhaube oder -zone der Höhe h ist $A = 2\pi rh$, der Rauminhalt eines Kugelabschnitts ist $V = \frac{\pi h^2}{3}(3r - h)$ oder $V = \frac{\pi h}{6}(3\varrho^2 + h^2)$, wobei ϱ der Radius des Schnittkreises ist. Ein Kugelausschnitt hat den Rauminhalt $V = \frac{2}{3}\pi r^2 h$, wenn h die Höhe des zugehörigen Abschnitts ist. (Abb. 1)

Zwei halbe Großkreise, die die beiden Endpunkte eines Kugeldurchmessers gemeinsam haben, begrenzen auf der Kugelfläche ein **Kugelzweieck** oder **sphärisches Zweieck.** Wenn drei Punkte A, B, C einer Kugeloberfläche durch Bogen von Großkreisen, in der Abb. a, b, c, verbunden werden, entsteht ein **Kugeldreieck** oder **sphärisches Dreieck,** dessen Seiten im Winkelmaß gemessen werden; die Summe der Seiten ist kleiner als 360°, die Summe der Winkel ist größer als 180° und kleiner als 540°, seine Fläche ist $A = \frac{\pi r^2}{180} \cdot (\widehat{\alpha} + \widehat{\beta} + \widehat{\gamma} - 180°)$. Die Berechnung von Kugeldreiecken ist Aufgabe der sphärischen → Trigonometrie. (Abb. 2)

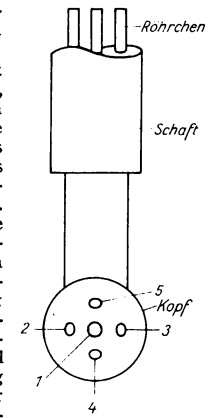
Kugelgraphit, → Grauguß.

Kugellager, → Lager.

Kugelmühle, eine → Trommelmühle.

Kugelschaufler, eine → Lademaschine zum stetigen (kontinuierlichen) Aufnehmen und Verladen von Schüttgut. Der K. ist mit einem kugelförmigen rotierenden Schneidkopf ausgerüstet, an dem sich mit Stahlzähnen bestückte Messerschaufeln befinden. Der Schneidkopf gräbt sich in das Fördergut ein und gibt es auf ein Förderband, das im Innern eines Stahlrohres großen Durchmessers (Schaufelrohr) läuft. Das Stahlrohr ist höhenverstellbar und läßt sich zusammen mit Antrieb und Führerhaus um etwa 340° drehen. Unter dem Abwurfende des Bandes im Schaufelrohr ist ein um 144° schwenkbares und höhenverstellbares Förderband angebracht, das das abgeworfene Fördergut auf das Transportfahrzeug oder auf Haufen wirft. K. sind mit Gleisketten versehen, der Antrieb erfolgt durch einen Dieselmotor.

Kugelsonde, eine Strömungssonde. Die K. ist eine mit 4 bis 5 Druckbohrungen versehene Kugel, die an einem Sondenschaft befestigt ist, durch den die Drücke in Röhrchen fortgeleitet werden. Sie dient zum Messen des Gesamtdruckes (Summe aus dynamischem und statischem Druck), des statischen Druckes und des Vektors der Strömungsgeschwindigkeit nach Richtung und Größe. Die Bohrungen 1 bis 3 haben die gleiche Aufgabe wie bei der 3-Loch-Zylindersonde (→ Zylindersonde). Aus der Messung der Drücke an den Bohrungen 4 und 5 kann die Geschwindigkeitskomponente in der Sondenschaftebene errechnet werden. Ähnlich gebaut sind Kegel- und Pyramidensonde. Bei der **Kegelsonde** sind die Druckbohrungen statt auf einer Kugel auf einem Kegel angebracht, dessen Achse in Strömungsrichtung zeigt, mit der Kegelspitze nach vorn. Bei der **Pyramidensonde** befinden sich die Druckbohrungen auf entsprechend angeordneter Pyramide.

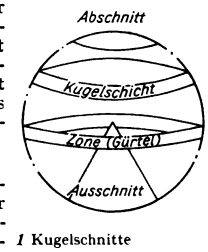


Kugelsonde (Draufsicht)

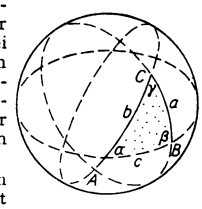
Kugelstrahlen, ein Oberflächen-Umformverfahren, das die Festigkeit, insbesondere die Dauerschwingfestigkeit von Maschinenteilen erhöht. Stahlkugeln von etwa 0,3 mm Durchmesser werden in Schleuderstrahlmaschinen durch Zentrifugalkraft bis auf etwa 80 m/s beschleunigt und mit dieser Geschwindigkeit auf die Werkstückoberfläche geschleudert. Deren Randschicht wird hierdurch kaltverfestigt und geglättet. Das K. kommt z. B. für Zahnräder, Federn, Kurbelwellen in Betracht.

Kugelstrahler, → Antenne.

Kühlanlage, eine Anlage zum Kühlen von Räumen, Lebensmitteln u. a. durch die von einer → Kältemaschine erzeugte Kälte. Bei unmittelbarer Kühlung steht der Verdampfer der Kältemaschine in dem zu kühlenden Raum selbst. Bei mittelbarer Kühlung wird die durch den Verdampfer herabgekühlte Kühlsole oder die herabgekühlte Luft mit dem zu kühlenden Raum oder Kühlgut in Wärmeaustausch gebracht, gibt dabei ihre Kälteleistung ab und wird dann wieder zum Verdampfer zurückgeführt. K.n werden hauptsächlich verwendet in Schlachthöfen, Lagerhäusern für Nahrungsmittel, Gefrieranlagen für Schiffe, Klimaanlagen sowie in der chemischen Industrie.



1 Kugelschnitte



2 Kugeldreieck

Ein **Kühlhaus** ist ein mit Wärmedämmstoffen gegen die Umgebung abgeschirmtes und mit Kältemaschinen ausgestattetes Gebäude vor

allem zur Lagerung leicht verderblicher Waren, wie Obst, Fisch, Fleisch, Butter usw.

Bei dem hauptsächlich im Haushalt verwendeten **Kühlschrank** mit einem Nutzkühlraum von 60 bis 250 l und Einstelltemperaturen um 0 °C wird die Kälte durch Kompressions- oder Absorptionskältemaschinen, nur noch selten durch Adsorptionskältemaschinen (→ Kältemaschine) erzeugt.

Die **Kühltruhe** ist ein truhenförmig gebauter Kühlbehälter, meist mit einem Nutzraum von 250 bis 500 l. Sie dient als **Tiefkühltruhe** mit tieferen Temperaturen (bis −40 °C) als ein Glied der → Kühlkette zur Aufbewahrung von Lebensmitteln an Verkaufsständen.

Eine K. ist auch der → Kühlwagen.

Lit. → Kältetechnik.

Kühler, eine Einrichtung zur → Kühlung von Flüssigkeiten, Gasen oder Dämpfen. Die Kühlwirkung eines K.s ist der Größe des Kühlraumes und der Länge des K.s proportional.

1) Im Laboratorium verwendet man K. universell aus Glas. Als Kühlmedium dient Leitungswasser, das stets von unten nach oben – also entgegen dem Dampfstrom – fließen soll. Bei diesem *Gegenstromprinzip* ist die Kühlwirkung besonders groß. Außerdem treten im K. geringere Spannungen auf, da die Medien nie mit der größten Temperaturdifferenz aufeinandertreffen. Übliche Bauarten: Der **Liebigkühler** (1771 von Weigel entwickelt) besteht aus einem geraden Kühlrohr, das von einem zylindrischen, mit zwei Stutzen versehenen Glasmantel umgeben ist. Der **Kugelkühler** enthält statt des geraden ein kugel- oder eiförmiges Kühlrohr, so daß die Kühlfläche größer ist. Der **Schlangenkühler** weist durch sein spiralförmiges Kühlrohr eine noch größere Kühlfläche auf. Im **Dimroth-Kühler** fließt im Unterschied zu den vorhergenannten das Kühlmedium im Innenrohr. Dadurch wird der äußere Mantel als zusätzliche Kühlfläche gewonnen, da die Lufttemperatur der umgebenden Atmosphäre im allgemeinen unter der Kondensationstemperatur der behandelten Gase liegt. Den gleichen Vorteil bieten die **Doppelspiral-** und **Wellrohrkühler. Rückflußkühler** werden eingesetzt, wenn das Kondensat in den Siedekolben zurückfließen soll.

2) In der Industrie ist eine Vielfalt von Kühlerbauarten in Betrieb. Für große Anlagen (Chemiebetriebe, Kraftwerke) sind gewöhnlich **Rieselkühler** in Gebrauch. Hier fließt das zu kühlende Medium an Latten- oder Kunststoffgerüsten herab, die in einem → **Kühlturm** aus Beton, Holz u. a. hängen. In ihnen erzeugt die aufsteigende erwärmte Luft einen Sog, so daß kalte Luft von unten nachströmt. Infolge teilweiser Verdunstung ist der Vorgang allerdings verlustbehaftet. In neuerer Zeit werden Ventilatoren zur Unterstützung des Vorganges in Kühltürme eingebaut. Mit oft gleicher Kühlkapazität, aber als kleinere Anlagen findet man **Röhrenbündelkühler, Schlangenkühler, Plattenkühler, Stapelkühler** und **Mantelkühler.** Sämtliche Bauarten werden aus gut wärmeleitenden Metallen hergestellt. Zur Kühlung kleiner Anlagen dienen **Wabenkühler.** Das dabei verwendete Kühlwasser bringt manche Probleme (Abdichtung, Korrosion, Einfrieren) mit sich, so daß die genannte Kühleinrichtung durch spezielle **Kühlgebläse** ersetzt werden kann. Diese blasen Luft zwischen *Kühlrippen* (Luftkühlung), die zur Oberflächenvergrößerung an die zu kühlenden Wände (z. B. von Zylindern, Ölwannen) angegossen sind. Oft genügt auch schon die normale Luftbewegung um die Rippen.

3) Bei Kraftfahrzeugen dienen K. zum Rückkühlen der in einem Verbrennungsmotor erwärmten Kühlflüssigkeit (Wasser, Glykol) oder des Schmieröles (Ölkühler). Die Kühlung der heißen Zylinderwandungen im Motor ist notwendig, damit das Schmieröl zwischen den aufeinandergleitenden Teilen nicht verbrennt, ein „Fressen" (Festgehen) des Kolbens verhindert und die Beanspruchung der den heißen Verbrennungsgasen ausgesetzten Bauteile in beherrschbaren Grenzen gehalten wird. Es gibt im wesentlichen drei Arten von K.n. **Rippenrohr-** oder **Wasserrohrkühler** bestehen aus wasserdurchströmten Röhrchen mit aufgesteckten Rippen, die vom Fahrtwind und/oder durch einen von einem Ventilator erzeugten Luftstrom gekühlt werden. Beim **Luftröhrenkühler** fließt das Kühlwasser um die von Luft durchströmten Röhrchen. **Lamellenkühler** bestehen aus dünnwandigen gewellten Blechstreifen, die zusammengesetzt Wege für Kühlflüssigkeit und Luft frei lassen.

Neuerdings werden geschlossene Kühlsysteme verwendet, in denen das frostfeste Kühlmittel das ganze Jahr verbleibt. Um die Wärmedehnung des Kühlmediums zu ermöglichen und eine Reserve bei Kühlmittelverlust zu haben, ist in das Kühlsystem ein Ausgleichsbehälter eingebaut.

Kühlfallen, U- oder T-förmige Gefäße, die durch Eintauchen in ein Kühlmittel gekühlt werden, oder im Innern des Rezipienten angebrachte kugelförmige oder zylindrische Gefäße, die von außen mit einem Kühlmittel gefüllt werden. Sie dienen zur Kondensation von Gasen und Dämpfen aus Gasströmen oder in Hochvakuumsystemen. An der Wandung der K. werden kondensierbare Gase und Dämpfe ausgefroren, permanente Gase physikalisch adsorbiert. Je nach dem Dampfdruck des zu kondensierenden Stoffes verwendet man als Kühlmittel z. B. Eis-Kochsalz-Mischungen, Kohlensäureschnee-Azeton-Mischungen oder flüssige Luft. K. spielen eine wichtige Rolle in der Hochvakuumtechnik, da sie zur Abscheidung von Wasserdampf und Treibmitteldämpfen unerläßlich sind. Sehr intensiv wirken **Adsorptionsfallen,** d. s. mit Adsorptionsmitteln (→ Molekularsiebe) gefüllte K., die durch Eintauchen in ein Kühlmittel gekühlt werden. Noch wirksamer sind die → kryogenen Pumpen.

Kühlkette, eine Folge von Kühlanlagen bei Herstellung, Transport und Lagerung von leichtverderblichen Lebensmitteln, z. B. Fisch, Gemüse, Geflügel usw. Die K. für Fische beginnt in der Tiefkühlanlage an Bord des Fangschiffes, setzt sich in Kühlhäusern im Hafen fort, geht über Kühlwagen der Eisenbahn, Kühlhäuser an den Binnenorten bis in die Tiefkühltruhe im Verkaufsraum (→ Kühlanlage). Der Haushaltkühlschrank ist das letzte Glied der K. vom Erzeuger bis zum Verbraucher. Die Temperatur des Kühlgutes soll beim Durchlaufen der Kühlkette immer konstant auf dem für das jeweilige Kühlgut vorgeschriebenen Wert gehalten werden.

Kühlschmiermittel, in der Fertigungstechnik flüssige oder feste formlose, seltener gasförmige Hilfsstoffe, die bei der Bearbeitung von metallischen Werkstücken während des Trenn- oder Umformvorganges zur Kühlung und Schmierung zugeführt werden. Kühlung ist notwendig, um das Werkzeug gegen die während des Fertigungsvorganges auftretende Temperatursteigerung zu schützen. In vielen Fällen ist eine Kühlung des Werkstückes notwendig, damit durch erhöhte Temperaturen keine Wärmespannungen und damit nicht ein Verziehen des Werkstückes entstehen. Durch Schmierung soll die auftretende trockene Reibung infolge Gleitens zwischen Werkzeug und Werkstück vermieden oder durch Zuführung eines Schmiermittels eine halbtrockene Reibung erreicht werden. Bei einigen Fertigungsverfahren besteht z. B. die Aufgabe des K.s darin, die entstehenden Späne wegzuspülen. Bohrölemulsionen (Mineralöle mit stabilisierenden Zusätzen, die sich in Wasser auflösen und eine

stabile Emulsion bilden) werden verwendet, wenn die Kühlwirkung größer als die Schmierwirkung sein soll. Für reine Kühlwirkung wird Bohrwasser verwendet, das mit etwa 50 % Soda angesetzt wird, um Rostschäden zu vermeiden. Bei schwer bearbeitbaren Werkstoffen werden Schneid- und Kühlöle verwendet.

Lit. Oscher: Herstellung und Anwendung von Schmier- und Kühlflüssigkeiten (Leipzig 1954); Einführung in die Schleiftechnik (Leipzig 1957).

Kühlschrank, eine → Kühlanlage.

Kühlsole, Kälteträger, eine kälteübertragende Lösung, meist wäßrige Salzlösung, mit weit unter dem Gefrierpunkt des Wassers liegendem Erstarrungspunkt. K.n sind z. B. Lösungen von Natriumchlorid NaCl (Erstarrungspunkt je nach Konzentration des Salzes bis −21,2 °C), Kalziumchlorid $CaCl_2$ (bis −55 °C), Magnesiumchlorid $MgCl_2$ (bis −33,6 °C). Die Lösungen werden einzeln oder gemischt verwendet, hauptsächlich zum Transport von Kälte vom Ort der Erzeugung, dem Verdampfer der Kältemaschine, zum Ort des Verbrauches, z. B. Kühlhaus, Kunsteisbahn. In geringerem Maße dienen sie auch zur Kältespeicherung. Die eutektischen Solen werden dagegen vor allem zur Kältespeicherung benutzt. K.n werden dann angewendet, wenn das Kühlgut oder der zu kühlende Raum bei etwaigem Rohrbruch im Kältemittelkreislauf nicht mit dem Kältemittel in Berührung kommen dürfen (Gefahr des Verderbs des Kühlgutes im Kühlhaus, Panikgefahr, z. B. bei Halleneisbahn).

Kühlturm, bei Dampfkraftanlagen ein Turmgerüst aus Holz, Stahl, Beton oder Stahlbeton, in dem das aus den Kondensatoren austretende, zum Niederschlagen des Abdampfes benutzte Wasser rückgekühlt wird. Das abzukühlende Wasser rieselt hierbei über ein Gerüst aus Latten oder glatten sowie gewellten Platten (Gradierwerk wie bei Salinen), während Luft von unten durchströmt, und gibt Wärme hauptsächlich durch Verdunstung eines Teils des Wassers an die Luft ab.

Kühl- und Transportschiff, ein Typ von Seeschiffen, die auch als → Fischereifahrzeuge eingesetzt werden.

Kühlung, die Erniedrigung der Temperatur eines Stoffes durch Entzug von Wärmeenergie. Die K. erfolgt in → Kühlern, in denen die **Abkühlung** durch (thermodynamische) Zustandsänderungen (→ Verdunstung), am günstigsten aber und in der Regel durch Wärmeübertragung an ein umgebendes kälteres Medium erzielt wird. Als **Kühlmittel** verwendet man häufig Wasser oder Luft. Sehr oft ist in technischen Anlagen das Kühlmittel gleichzeitig das vorzuwärmende Einsatzprodukt. Für Temperaturen unterhalb 20 °C werden z. B. Kühlsolen verwendet. Noch tiefere Temperaturen (**Tiefkühlung,** unterhalb −20 °C) erzielt man in der chemischen Technik durch Entspannung von unter Druck verflüssigten Gasen (Ausnutzung des *Joule-Thomson-Effektes*), hauptsächlich von Ammoniak (für Temperaturen bis −33,4 °C), Kohlendioxid (bis −78,5 °C), Stickstoff (bis −195,8 °C), verflüssigter Luft (−134 bis −183 °C) sowie durch Einsatz von Trockeneis (festes CO_2, bis −70 °C) und von Kältemischungen. In der Nahrungsmittelindustrie und der Medizin dient die Tiefkühlung zum Haltbarmachen organischer Zellgewebe (→ *Konservierung*).

Kühlwagen, ein Eisenbahnspezialwagen, in dem leicht verderbliche Waren wie Fisch, Fleisch, Obst, Butter, Bier befördert werden. Der K. ist durch Dämmstoffe (z. B. Harnstoffharze, Kork, → Wärmedämmung) wärmegeschützt. Ein weißer Anstrich schützt vor starker Wärmeaufnahme aus der Umgebung infolge Absorption von Wärmestrahlung (Sonnenstrahlung). Die Kühlhaltung der Waren im K. erfolgt mittels Kunsteis, Trockeneis oder durch Kältemaschinen. **Kühlzüge** führen einen Maschinenwagen mit einer Kälteanlage mit sich; sämtliche Wagen werden durch einen geschlossenen Solekreislauf versorgt.

Kulissen, → Bühnentechnik.

Kulmination, Durchgang, das Überschreiten des Meridians während der täglichen Bewegung eines Gestirns. In ihrem Tagbogen schneiden die Gestirne den Meridian zweimal, wobei sie ihre größte Höhe über dem Horizont im **oberen Kulminationspunkt** und etwa 12 Stunden später ihre kleinste Höhe im **unteren Kulminationspunkt** erreichen. Die obere K. der Sonne findet um 12 Uhr (wahrer Sonnenzeit), die untere K. im Augenblick der wahren Mitternacht statt.

Kultivator, → Grubber.

Kumarin, das Lakton der o-Hydroxyzimtsäure **(Kumarinsäure).** K. ist kristallin (F. 71 °C). Es ist der Riechstoff des Waldmeisters. Man erhält K. durch Kondensation von Salizylaldehyd mit Essigsäureanhydrid und verwendet es zur Parfümierung kosmetischer Erzeugnisse.

Kumaron, Benzofuran, eine heterozyklische Verbindung. K. ist eine farblose, ölige Flüssigkeit. K. kommt im Steinkohlenteer vor, aus dem es auch gewonnen wird. Beim Stehen an der Luft, besonders in Gegenwart von Säuren, polymerisiert es leicht zu **Kumaronharz,** das hauptsächlich auf dem Gebiet der Anstrichtechnik verwendet wird.

Kumol, Isopropylbenzol, $C_6H_5{-}CH(CH_3)_2$, eine farblose Flüssigkeit (Kp. 152,5 °C). Technisch gewinnt man es aus Benzol und Propen mit Phosphorsäurekontakten oder mit Aluminiumchlorid und Schwefelsäure. K. dient fast ausschließlich zur synthetischen Gewinnung von Phenol und Azeton (*Kumol-Phenol-Verfahren*).

Kümpeln, ein Warmumformverfahren zum Wölben von Platten, Scheiben und Behälterböden. Es wird auf hydraulischen Kümpelpressen durch gleichzeitiges Eindrücken des Werkstückes in ein flaches Gesenk ausgeführt.

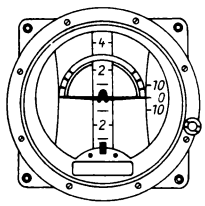
kumulierte Doppelbindungen, → Kohlenstoffverbindungen.

Kundtsches Rohr, ein akustisches Meßgerät zur Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der akustischen Impedanz. Es besteht aus einem im Verhältnis zu den Querabmessungen langgestreckten Rohr mit starren Wänden, in dem sich Schall nur in Längsrichtung ausbreiten kann. Das Schallfeld wird an einem Ende mit einem Lautsprecher angeregt; das gegenüberliegende Ende ist mit der zu messenden Probe abgeschlossen. Dabei ergibt sich ein Schallfeld ebener stehender Wellen, das mit einem in Längsrichtung verschiebbaren Mikrophon abgetastet wird. Aus der Lage und dem Verhältnis der maximalen und minimalen Schalldrücke lassen sich Schallabsorptionsgrad und akustische Impedanz für senkrechten Schalleinfall errechnen.

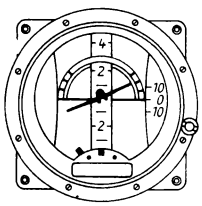
Kundtsche Staubfiguren, die durch feinen Staub (Korkmehl) sichtbar gemachten Knoten stehender Schallwellen in geschlossenen, gasgefüllten Glasröhren. Das in der Röhre verteilte Korkmehl wird durch die Schwingungen hochgeschleudert und sammelt sich rasch an den ruhenden Knotenstellen. Die K.n S., zum erstenmal von dem Physiker A. Kundt erzeugt, dienen zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen.

Kunstfaserstoffe, svw. → Chemiefaserstoffe.

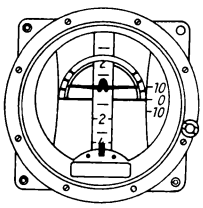
Kunstharze, Harze und harzartige Produkte organischer Natur, die sich durch gelenkte Reaktionen synthetisch aus niedrigmolekularen Ausgangssubstanzen herstellen lassen, aus gewissen Naturprodukten durch chemische Veredlungsprozesse gewonnen werden oder bei der Verarbeitung von Naturprodukten als harzartiger Anteil anfallen. Man versteht unter K.n eine Untergruppe der Plaste, und zwar hauptsächlich



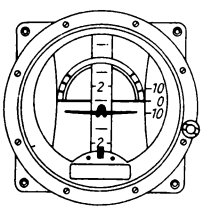
a



b



c



d

Künstlicher Horizont: *a* Horizontalflug, *b* Linkskurve, *c* Steigflug, *d* Sinkflug

Lackharze und härtbare Harze (Duroplaste), die sich auf Grund ihrer Eigenschaften, ihrer Verarbeitungsbedingungen (→ Edelkunstharze) und ihres Einsatzgebietes als echte → Harze auszeichnen. Man stellt K. meist durch Polykondensation folgender Ausgangsstoffe her: 1) Aldehyde und Ketone mit sich selbst oder miteinander (Aldehyd-, Keton- und Keton-Aldehyd-Harze), 2) Phenole und Aldehyde bzw. Ketone (Phenol-, Kresol-, Xylenolharze), 3) Harnstoff und Aldehyde (Harnstoffharze), 4) Amine und Aldehyde (Aminoplaste), 5) Dikarbonsäuren und Polyalkohole (z. B. Polyesterharze), 6) Kumaron (Kumaronharze), 7) Kohlenwasserstoffe, z. B. Naphthalin, und Aldehyde (Kohlenwasserstoffharze), 8) Epichlorhydrin und aromatische Hydroxyverbindungen (Epoxidharze) und 9) Siloxane (Silikonharze).

Kunsthorn, ein dem Naturhorn ähnlicher Plastwerkstoff. K. wird hergestellt durch Härten von Kasein mit Formaldehyd und anschließendes Pressen. In seinen Eigenschaften entspricht K. dem Schildpatt und Elfenbein und kann zu Knöpfen, Kämmen, Klaviertasten, Schachfiguren u. a. verarbeitet werden. Im Handel ist K. unter der internationalen Bezeichnung **Galalith.**

Kunstleder, flächenhafte flexible Erzeugnisse von lederartigem Aussehen mit teilweise lederähnlichen Eigenschaften.

1) **Lederfaserwerkstoffe,** abg. **Lefa,** sind aus zerfaserten Lederabfällen, z. T. mit einem Zusatz von anderen tierischen oder pflanzlichen Fasern, unter Verwendung eines gummiartigen oder sonstigen plastischen Bindemittels aufgebaut; sie geben Material für Schuhkappen, Brand- und Zwischensohlen sowie für Täschnerwaren (als Versteifung). Mit zunehmendem Bindemittelanteil geht der lederähnliche Charakter mehr und mehr verloren.

2) **Textilkunstleder** sind mit plastischen Massen beschichtete Gewebe oder Gewirke, deren Oberfläche eine lederähnliche Beschaffenheit (lederartige Prägung) aufweist. Für die Beschichtung verwendet man z. T. Zellulosenitrat, vor allem aber Polyvinylchlorid (PVC) mit entsprechendem Weichmacherzusatz sowie andere synthetische plastische Massen, z. B. Polyakrylate, Polyisobutylen, Polyamide, Polyurethane. Die Herstellung verläuft in folgenden Stufen: a) Herrichten der Textilgrundlage, Beseitigen von Noppen, Waschen und Färben; b) Auftragen der Beschichtungsmasse (z. B. PVC + Weichmacher + Farbpigmente) in mehreren dünnen Einzelschichten; c) Warmluftbehandlung (bei PVC zur Ausgelierung, bei Nitrobeschichtung zum Verdunsten der Lösungsmittel, bei Beschichtung mit trocknenden Ölen zur Lackbildung durch Oxydation, Polymerisation oder Kondensation; d) Aufbringen der Oberflächenprägung auf Kalandern, zuweilen auch Farbendruck. Textilkunstleder dienen zur Fertigung von Täschnerwaren, Sitzpolsterbezügen, Regenbekleidung; entsprechende Qualitäten werden auch in der Schuhfabrikation verwendet.

3) **Folienkunstleder** (z. B. Borfol, Wz. DDR) sind lediglich gewalzte oder gezogene Folien der verschiedenen Plastwerkstoffe, die durch Anfärben und entsprechende Prägung lederähnlich wirken. Sie werden vor allem zu Täschnerwaren verarbeitet.

4) **Vlieskunstleder** sind z. T. Kunstlederpapiere zum Bekleben von Etuis und Buchhüllen, z. T. aus reißfesteren Faservliesen durch Imprägnieren mit plastischen Massen verfestigte, oft mehrlagig kaschierte Werkstoffe; sie dienen auch als Brandsohlenmaterial in der Schuhindustrie.

Lit. → Leder.

künstliche Lunge, → extrakorporale Systeme.

künstliche Nebel, → Nebelmittel.

künstliche Niere, → extrakorporale Systeme.

künstlicher Horizont, ein Kreiselgerät in Luftfahrzeugen, kombinierter Absolut-Längs- und Querneigungsmesser als Ersatz für den natürlichen Horizont beim Instrumentenflug. Als Meßfühler dient ein Kreisel mit 3 Freiheitsgraden und vertikaler Rotationsachse. Der Kreisel wird meist elektrisch, nur noch selten (als Notsystem) pneumatisch angetrieben. Das Gehäuse und ein an der Sichtscheibe befestigter Horizontbalken sind meist starr mit dem Luftfahrzeug verbunden und machen alle seine Bewegungen mit, während das Symbol eines Luftfahrzeuges durch einen Kreisel stets in waagerechter Lage gegenüber der Erdoberfläche gehalten wird. Das Gerät zeigt daher immer die Lage des Luftfahrzeuges gegenüber dem natürlichen Horizont an. Es gibt auch Bauarten, bei denen das Symbol des Luftfahrzeuges feststeht und der Horizontbalken beweglich ist. Vielfach kombiniert man den künstlichen H. mit einem → Wendezeiger einschließlich Kugellibelle zum Wendehorizont. (Abb.)

künstlicher Regen, aus vorhandenen Wolken durch Einbringen von Chemikalien oder Wassertröpfchen erzeugter Regen. Die Chemikalien, z. B. Trockeneis (Kohlendioxidschnee), Silberjodid, Natriumchlorid, werden meist vom Flugzeug aus in die Gipfel unterkühlter Quellwolken eingestreut (z. B einige kp Trockeneisflocken von etwa 1 cm Durchmesser) oder auf die Wolken gesprüht (10 bis 10^2 l Wasser). Bei einem anderen Verfahren werden mit Silberjodid imprägnierte Trägermaterialien verbrannt, und der Rauch wird vom Flugzeug aus oder bei Großversuchen aus vielen Raucherzeugern vom Erdboden her abgeblasen, um so der Wolke die Silberjodidkristalle zuzuführen. Man läßt auch kleine Bomben, die mit Natriumchlorid vermischtes Pulver enthalten, an Ballonen in die Wolke aufsteigen, bringt sie nahe deren Untergrenze zur Explosion und führt so die Salzpartikeln in Größen zwischen 5 bis 100 μm der Wolke zu. Der Nachweis über den Erfolg der Verfahren zur Erzeugung künstlichen R.s kann nur nach langjährigen Versuchen statistisch erbracht werden, da im Einzelfall der künstliche R. nicht vom natürlichen zu trennen ist.

künstliches Herz, → extrakorporale Systeme.

künstliche Sprache, eine auf elektroakustischem Wege erzeugte Nachbildung der natürlichen Sprache. Die k. S. setzt sich aus unterschiedlichen, elektrisch erzeugten und in akustische umgewandelten Schwingungen zusammen (*Sprachsynthese*). Mittels einer Tastatur kann man die entsprechende Mischung und Filterung der für Vokale benötigten harmonischen Klänge und des für die Nachbildung der Konsonanten erforderlichen unharmonischen Rauschens vornehmen und so „künstlich sprechen".

Besondere technische Bedeutung hat die *Sprachanalyse.* Hier wird die natürliche Sprache über ein Mikrophon durch Filter, Amplituden- und Zeitbewertungsschaltungen, Gleichrichter, Tiefpässe u. a. in typische elektrische Signale (Kennwerte) zerlegt. Diese Kennwerte können z. B. für die Übertragung von Gesprächen in der Trägerfrequenztechnik über Telephonleitungen oder Funk benutzt werden. Sie benötigen nur etwa 12 % der Bandbreite der natürlichen Sprache (3 kHz), d. h., es können je Kanal entsprechend mehr Gespräche gleichzeitig übertragen werden. An der Empfangsstelle steuern die Kennwerte den „künstlichen Sprecher". Eine weitere wichtige Anwendung der durch die Sprachanalyse erhaltenen elektrischen Kennwerte ist die phonetische Eingabe von Ziffern und Befehlen in elektronische Rechenautomaten.

Kunstseide, veraltete Bezeichnung für → Chemieseide.

Kunststoffe, Werkstoffe makromolekularer Natur, die entweder vollsynthetisch oder durch meist chemische Behandlung von vorgebildeten natürlichen Makromolekülen hergestellt werden. Allgemein unterscheidet man **anorganische K.**, z. B. Glas und Porzellan, und **organische K.** (Plaste im weiteren Sinne). In der Anwendungstechnik unterteilt man in → Fluidoplaste, → Plaste, → Elaste, außerdem werden noch häufig die → Chemiefaserstoffe, Lackrohstoffe (→ Lacke) und → Klebstoffe als besondere Kunststoffgruppen eingegliedert.

Kunststoffflammspritzen, svw. → Plastspritzen.

Kunze-Knorr-Bremse, → Eisenbahnbremsen.

Kunzit, ein → Augit.

Kupellation, svw. → Treibarbeit.

Küpenfarbstoffe, sehr wasch- und lichtechte Farbstoffe, die nur in reduziertem Zustand auf das Fasermaterial aufziehen. Die wichtigsten K. enthalten als Grundgerüst Anthrachinon oder Indigo, einige Naphthalin oder Perylen. Da die K. in Wasser meist unlöslich sind, werden sie durch Zusatz von Natriumdithionit, Zinkstaub, Eisen(II)-salzen oder auch enzymatisch in eine reduzierte, in alkalischen Flotten leicht wasserlösliche Form übergeführt. Dieser Vorgang wird als **Verküpen** bezeichnet, die Lösung der Farbstoffe als **Küpe.** Die Küpe hat vielfach eine wesentlich andere Farbe als der unverküpte Farbstoff. Das zu färbende Fasermaterial wird in die Küpe gebracht und angefärbt. Danach wird es an der Luft verhängt, wo durch den Luftsauerstoff eine Oxydation zum ursprünglichen wasserunlöslichen Farbstoff erfolgt. Bei modernen Färbeverfahren wird der Farbstoff als Pigment auf das Färbegut gebracht und auf der Faser verküpt. K. sind z. B. Indigo, Indigofarbstoffe und Indanthrenfarbstoffe (Wz. WD).

Kupfer, Symbol **Cu,** chemisches Element aus der I. Nebengruppe des Periodensystems, ein Schwermetall; Ordnungszahl 29, Massenzahlen der Isotope 63 und 65, Atomgewicht 63,54 (bezogen auf ^{12}C), Wertigkeit I, II, seltener III, D. 8,92 g cm^{-3}, F. 1083 °C, Kp. 2350 °C. K. besitzt von allen Metallen nach Silber die beste elektrische Leitfähigkeit, die jedoch durch Fremdstoffe z. T. erheblich herabgesetzt wird. Es ist ein hellrotes, sehr weiches, aber zähes und sehr dehnbares Metall, das man leicht zu feinen Drähten ausziehen und zu grünlichblau durchscheinenden Blättchen ausschlagen kann. An feuchter Luft oxydiert es zu Kupfer(I)-oxid, das als fester, roter Beschlag auf dem K. haftet. Mit dem Kohlendioxid der Luft verbindet sich K. bei Gegenwart von Wasser zu dem grünen basischen Kupferkarbonat (*Patina*). Von oxydierenden Säuren, z. B. von Salpetersäure und heißer konzentrierter Schwefelsäure, wird K. gelöst. In der Natur kommt K. gediegen in Form von regulären Kristallen, meist jedoch in Verbindungen vor. Die wichtigsten Kupfererze sind Chalkopyrit, Bornit, Chalkosin, Bournonit, Malachit, Azurit, Kuprit und Chrysokoll. Wegen des geringen Kupfergehalts der Erze muß vor der Verhüttung eine Anreicherung erfolgen.

Beim *trockenen Verfahren* wird das sulfidische Erz zunächst teilweise abgeröstet, um einen Teil des Schwefels zu entfernen. Das Röstgut, bestehend aus Kupfer(I)-sulfid Cu_2S, Eisen(II)-sulfid FeS und Eisen(III)-oxid Fe_2O_3, wird unter Zusatz von Quarz und Koks verschmolzen. Dabei bilden sich flüssige Eisensilikatschlacke und flüssiger Kupferstein $Cu_2S \cdot nFeS$ mit 35 bis 50 % Kupfergehalt. Der Kupferstein wird im Konverter auf **Roh-, Schwarz-, Konvert-** oder **Blasenkupfer** mit 94 bis 97 % K. verblasen. Dabei oxydiert zunächst FeS und wird durch Zugabe von Quarz verschlackt und abgezogen. Dann wird Cu_2S zu Cu_2O oxydiert, das sofort mit weiterem Cu_2S unter Bildung von K. reagiert: $Cu_2S + 2\,Cu_2O \rightarrow 6\,Cu + SO_2$.

Das *nasse Verfahren* wird vor allem auf kupferarme, nicht aufbereitbare Erze angewendet. Aus den zerkleinerten Erzen wird durch bestimmte Lösungsmittel das K. herausgelöst und die Lösung vom Rückstand getrennt. Die Abscheidung des Kupfers geschieht entweder durch Zementation mit Eisen **(Zementkupfer)** oder durch Elektrolyse. *Raffination*: Das auf trockenem oder nassem Wege gewonnene K. enthält noch Verunreinigungen und Edelmetalle, die entfernt werden müssen. Dazu wird das K. zunächst einer oxydierenden Feuerraffination unterworfen, bei der alle unedleren Verunreinigungen und gelösten Gase durch Einschmelzen, Verblasen, Braten und Polen entfernt werden. Man erhält **Raffinat-** oder **Garkupfer** mit 99,4 bis 99,6 % K. Sofern dieses noch Edelmetalle enthält, muß es einer elektrolytischen Raffination unterworfen werden. Dazu wird es in Form plattenförmiger Anoden in einen schwefelsauren, kupferhaltigen Elektrolyten eingehängt und mit dünnen Kupferkatoden zusammengehalten. Bei Stromdurchgang geht an der Anode K. in Lösung und scheidet sich an der Katode als sehr reines **Elektrolytkupfer** (abg. **E-Kupfer**) mit 99,9 % K. wieder ab. Edelmetalle und auch Selen werden anodisch nicht gelöst, sie reichern sich im Anodenschlamm an und können aus diesem gewonnen werden. Die übrigen Verunreinigungen lösen sich in der Elektrolytlösung.

K. ist das wichtigste Buntmetall und war früher nach Eisen und Aluminium das wichtigste Gebrauchsmetall. Heute dient es vor allem als Leitungsmaterial in der Elektrotechnik, ferner zur Herstellung von Kesseln, Heizrohren, Kühlschlangen u. a. für die chemische Industrie, als Dachbelag, im Maschinenbau, für galvanische Elemente, in der Galvanoplastik und zum Verkupfern. In ausgedehntem Maße wird es auch mit anderen Metallen legiert (→ Bronzen, → Deltametall, → Doublé, → Duranametall, → Lot, → Heuslersche Legierungen, → Konstantan, → Kuprodur, → Lagermetalle, → Manganin, → Messing, → Monel, → Muntzmetall, → Neusilber, → Nickelin, → Rotguß).

Kupferverbindungen. Die löslichen Verbindungen wirken giftig, besonders auf niedrige Organismen. **Kupferarsenit (Scheeles Grün),** $Cu(AsO_2)_2$, ein gelbgrünes Pulver, früher verwendet als Pigment, heute nur noch für Schiffskörperanstriche und als Holzschutzmittel, mit heißer Essigsäure bildet sich **Kupferarsenitazetat (Schweinfurter Grün),** $Cu(CH_3COO)_2 \cdot 3\,Cu(AsO_2)_2$, früher verwendet als Pigment, heute als Schädlingsbekämpfungsmittel; **Kupferazetat,** $Cu(CH\text{-}COO)_2 \cdot H_2O$, dunkelblaugrüne Prismen, verwendet für Kupferfarben, in der Medizin als Adstringens und Ätzmittel, zum galvanischen Verkupfern u. a., ein Gemisch basischer Kupferazetate bildet → Grünspan; **Kupfer(I)-chlorid,** CuCl, farblose Kristalle, verwendet zur Gasreinigung und Gasanalyse (Absorption von Kohlenmonoxid); **Kupfer(II)-chlorid** $CuCl_2 \cdot 2\,H_2O$, grüne Kristalle, verwendet als Sauerstoffüberträger bei Farbstoffsynthesen und in der Pyrotechnik; **Kupfer(II)-hydroxid,** $Cu(OH)_2$, blaßblaues Pulver, verwendet als Schiffsbodenfarbe, Beizmittel und vor allem gelöst in Ammoniak (→ Schweitzers Reagens) zur Kupferseideherstellung; an **Kupferkarbonaten** gibt es bisher kein neutrales Salz, sondern nur basische Salze, z. B. von der Formel $Cu_2[OH_2/CO_3]$, in der Natur als Malachit vorkommend, und von der Formel $2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, in der Natur als Azurit vorkommend, verwendet unter Bezeichnungen wie Kupferblau, Lasurblau, Mineralblau als Pigmente, ferner für Porzellanglasuren, als Färbemittel, in der Pyrotechnik u. a.; **Kupfer(II)-**

nitrat, $Cu(NO_3)_2 \cdot 3\,H_2O$, grünblaue Kristalle, verwendet zum Schwarzfärben von Kupfer, als Weißblechtinte, zum Brünieren von Eisen und Stahl; **Kupfer(I)-oxid**, Cu_2O, gelbe oder rote Kristalle, kommt in der Natur als Kuprit vor, verwendet zur Herstellung von Gleichrichtern, als Pflanzenschutzmittel, als Zusatz zu Unterwasserschutzanstrichen, zum Färben von Gläsern und Emaille; **Kupfer(II)-oxid**, CuO, schwarzes Pulver, verwendet als Oxydationsmittel, als Katalysator bei der Chlorgewinnung, zum Entschwefeln von Erdöl, ferner als Zusatz zu synthetischen Edelsteinen und Glasuren; **Kupfer(II)-sulfat** (veraltet **Kupfervitriol**), $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$, blaue, durchsichtige trikline Kristalle, die bei 200 °C in farbloses, wasserfreies $CuSO_4$ übergehen, verwendet als Pflanzenschutzmittel, vor allem zur Bekämpfung der Peronospora der Reben, zur Konservierung von Holz und Tierbälgen, in der Galvanotechnik für Elektrolytlösungen, zur Herstellung galvanischer Elemente, zur Kupferstichätzung, für Mineralfarben und in 5%iger Lösung als Brechmittel; **Kupfer(I)-sulfid**, Cu_2S, kommt in der Natur als Chalkosin vor, verwendet zur Herstellung von Leuchtkörpern und für Elektroden von Thermoelementen; **Kupfer(I)-zyanid**, CuCN, weiße Prismen, die leicht in Alkalizyanidlösungen unter Bildung komplexer Zyanide löslich sind und dann als Bäder bei der Verkupferung in der Galvanotechnik verwendet werden.

Lit. Heß: K. in der Weltwirtschaft (Berlin 1955); Koldaschow: Metallurgie des K.s (dtsch Leipzig 1954); Muratsch: Handb. des Metallhüttenmannes, Bd I (dtsch Berlin 1954); Tafel: Lehrb. der Metallhüttenkunde, Bd I (Leipzig 1951).

Kupferblüte, → Kuprit.

Kupferdruck, der Druck von Kupferstichen, Radierungen, Stahlstichen oder Photogravüren u. a. auf der **Kupferdruckhandpresse.** Die eingefärbte und auf der Oberfläche blankgewischte Kupfer- oder Stahlplatte wird auf den Drucktisch gelegt, darüber das Papier und als Decklage Filz. Durch Drehen eines Sternrades wird der Drucktisch mit der Platte und dem Papier unter Pressung zwischen zwei Stahlgußwalzen hindurchgezogen, wodurch der Abdruck zustande kommt.

Kupferglanz, svw. → Chalkosin.

Kupfergrün, svw. → Chrysokoll.

Kupferkies, svw. → Chalkopyrit.

Kupferlasur, svw. → Azurit.

Kupferschiefer, dunkler, bitumenhaltiger Mergelschiefer. K. ist entstanden als Faulschlammbildung in flachen Meeresbecken, in denen die Metallsulfate, die durch Verwitterungslösungen vom Festland zuströmten, als Sulfide ausgefällt wurden. Der K. im unteren Zechstein enthält bis zu 3% Kupfer, ferner Silber, Blei, Zink, Eisen und in kleinen Mengen andere Metalle. Seine Mächtigkeit beträgt 25 bis 50 cm. Er bildet wichtige Kupferlagerstätten, z. B. am Rand des Harzes bei Mansfeld.

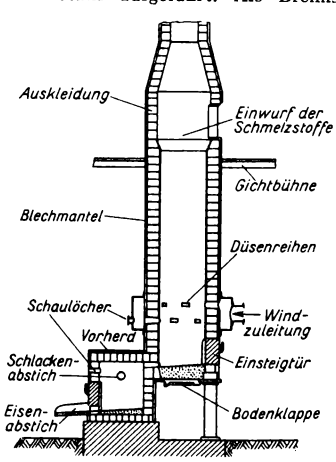
Kupferseide, ein Chemiefaserstoff von großer Feinheit und naturseidenähnlich weichem Griff. K. hat unendliche Fäden im Gegensatz zur **Kupferfaser,** die ein gekräuselter Chemiefaserstoff von bestimmter Länge (Stapelfaser) ist. Als Rohstoffe verwendet man Linters, Edelzellstoff oder eine Mischung von beiden. Sie ergeben durch Auflösen in einer wäßrigen Tetramminkupfer(II)-hydroxidlösung (→ Schweitzers Reagens) eine viskose Lösung, die Zellulose-Tetramminkupferkomplexe enthält und gewöhnlich als Kupferoxidammoniakzellulose bezeichnet wird. Diese Lösung wird nach der Reinigung durch Nickelbrausen mit 0,8 mm weiten Öffnungen in heißes enthärtetes Wasser als Fällbad gedrückt, das geringe Säure- oder Alkalizusätze enthält. Der entstandene Elementarfaden wird im Fällbad nach Austritt aus der Brausenöffnung gestreckt, anschließend entkupfert, neutralisiert und präpariert (→ Präparation). Wichtig für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ist die möglichst vollständige Wiedergewinnung des Kupfers und des Ammoniaks. K. wird zur Herstellung vieler Textilien verwendet (→ Chemiefaserstoffe, Übers.)

Kupferstechkunst, Kupferdruckverfahren, die Kunst, auf eine Kupferplatte gepauste Zeichnungen vertieft spiegelbildlich herauszuarbeiten, so daß man von ihnen nach Einfärben auf der Kupferdruckhandpresse (→ Kupferdruck) Abzüge auf Papier herstellen kann. Nach der Technik unterscheidet man den eigentlichen Kupferstich und die Radierung. 1) Beim eigentlichen **Kupferstich** wird das Bild, ähnlich wie beim → Gravieren, in verschiedener Manier unmittelbar in das Metall eingestochen oder eingeschabt. 2) Bei der **Radierung** wird die polierte Kupferplatte mit einem ätzfesten Deckgrund versehen, und in diesen werden die Zeichnungslinien mit einer Radiernadel eingeritzt. Durch Ätzen mit Eisenchlorid wird die Zeichnung vertieft, wobei die Linien um so tiefer und breiter werden, je länger die Säure einwirkt. Je nach der erstrebten Wirkung werden beim Nachätzen die einzelnen Bildteile nach und nach mit Asphalt abgedeckt.

Eine Sonderform der Radierung ist die von Leprince eingeführte **Aquatinta,** deren Drucke Tuschzeichnungen ähneln. Man bringt hierbei als Deckschicht Kolophonium oder Asphaltstaub auf und ätzt stufenweise (nach jedesmaligem Abdecken), wobei zwischen den Staubkörnern jeweils nur ganz feine Tiefenpunkte entstehen.

Kupferuranglimmer, → Uranminerale.

Kupolofen, ein Schachtofen zum Umschmelzen des Gießmetalls, z. B. des Roheisens, Guß- und Stahlschrotts u. a. Der K. ist mit sauren Steinen ausgekleidet, seine lichte Weite beträgt normalerweise nach Ausmauerung 0,5 bis 2,0 m, seine Gesamthöhe 6,0 bis 10,0 m. Das Ofengefäß selbst ist 4,0 bis 6,5 m hoch. Er wird jeweils nur periodisch (intermittierend) betrieben und hat Schmelzleistungen zwischen 1 und 12 t/h. Für ununterbrochenen Schmelzbetrieb sind also wenigstens zwei Öfen erforderlich. Der zur Koksverbrennung notwendige Wind wird über einen Windkasten auf die Düsen gleichmäßig verteilt. Oberhalb der Düsen befindet sich die heißeste Zone (Schmelzzone), in der etwa 1600 °C erreicht werden können. Kupolöfen werden ohne und mit *Vorherd* (mitunter fahrbar zur Verwendung für zwei Kupolöfen) zum Sammeln des flüssigen Gießmetalls ausgeführt. Als Brennstoff dient



Kupolofen mit feststehendem Vorherd

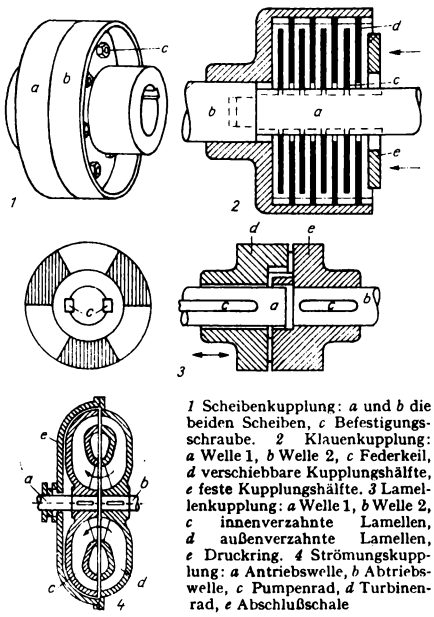
Koks (8 bis 10 % der Gattierung), als Zuschlag Kalk. Die an der Gicht austretenden, noch heißen (400 °C) Verbrennungsgase enthalten kaum noch brennbare Bestandteile, so daß nur ihre fühlbare Wärme noch zum Erhitzen der Verbrennungsluft in einem Rekuperativsystem oder einer Regenerativfeuerung verwendbar ist **(Heißwindkupolofen)**. Kupolöfen werden auch als Vorschmelzaggregate für Stahlwerke verwendet. In diesem Falle können sie wesentlich größer sein, als hier angegeben.

Lit. Schmid: Bau und Betrieb von Kupolöfen (2 Bde 2. Aufl. Leipzig 1953/56); Sper: K.-Schmelzbetrieb (Leipzig 1953), Der K. (Berlin 1953).

Kuppelstange, eine Stange, die zwei gleichlaufende Kurbeln oder Räder verbindet, z. B. bei Lokomotiven die Verbindungsstange der Treibräder.

Kupplung, 1) Maschinenbau: eine Vorrichtung zur lösbaren Verbindung zweier fluchtender oder nahezu fluchtender drehbeweglicher Maschinenteile, meist zweier Wellenenden zur Übertragung eines Drehmomentes. Hinsichtlich der Funktion werden unterschieden:

1) **Starre K.en** dienen zur starren Verbindung genau fluchtender Wellenenden. Bei der **Schalenkupplung** werden zwei in Längsrichtung geteilte Schalen durch Schrauben auf die beiden mit Paßfedern versehenen Wellenenden gepreßt; bei der **Scheibenkupplung** werden zwei flanschähnliche Scheiben meist mit Paßfedern auf den Wellenenden befestigt und durch Schrauben miteinander verbunden.



1 Scheibenkupplung: *a* und *b* die beiden Scheiben, *c* Befestigungsschraube. *2* Klauenkupplung: *a* Welle 1, *b* Welle 2, *c* Federkeil, *d* verschiebbare Kupplungshälfte, *e* feste Kupplungshälfte. *3* Lamellenkupplung: *a* Welle 1, *b* Welle 2, *c* innenverzahnte Lamellen, *d* außenverzahnte Lamellen, *e* Druckring. *4* Strömungskupplung: *a* Antriebswelle, *b* Abtriebswelle, *c* Pumpenrad, *d* Turbinenrad, *e* Abschlußschale

2) **Bewegliche K.en** dienen zum Ausgleich geringer Lagerungsungenauigkeiten bei den zu verbindenden Wellen. Die **Zahnkupplung,** bei der eine innenverzahnte Hülse über die außenverzahnten Kupplungsscheiben gesteckt ist, ermöglicht je nach Konstruktion Quer-, Längs- oder Winkelbeweglichkeit der Wellen oder Kombinationen derselben. Beim **Kreuzgelenk** werden zur Wellenlängsachse an der Nabe befestigte Bolzen um 90° zueinander versetzt gelagert und ermöglichen so größere Winkelverlagerungen (z. B. Kardangelenk beim Kraftfahrzeug).

3) **Drehelastische K.en** besitzen als elastisches Übertragungselement Federn verschiedener Form aus Federstahl oder Puffer, Bänder, Pakete aus Gummi oder Leder, die eine Relativverdrehung der Wellen zueinander um die Längsachse zulassen. Sie dienen zur Minderung kurzer Stöße und zur Vermeidung von Schwingungen. Die hauptsächlichsten Bauformen sind die **elastische Bolzenkupplung,** die der Scheibenkupplung ähnelt, aber mit Gummipolstern abgefedert ist; die **elastische Klauenkupplung,** bei der die Klauen des einen Kupplungsteiles gegen Gummi- oder Lederpakete des anderen arbeiten; die **Schlangenfederkupplung,** bei der schlangenartig gebogene Federstahlstreifen zwischen den der Verformung dieser Federn entsprechend ausgebildeten Zähnen am Umfang der beiden Kupplungshälften die Elastizität gewährleisten.

4) **Schaltkupplungen** dienen zur wahlweisen Verbindung oder Trennung gleichachsiger Triebwerkteile. Man unterscheidet form- und kraftschlüssige K.en. a) Die *formschlüssigen, ausrückbaren K.en* sind nur im Stillstand oder bei Gleichlauf schaltbar. Zu ihnen gehört die **Klauenkupplung,** bei der zwei mit Klauen versehene Muffenstücke miteinander in Eingriff gebracht werden; sie wird mit verschiedenen Abwandlungen auch als elastische K. ausgebildet. b) Die *kraftschlüssigen K.en* können auch im Betrieb ein- oder ausgerückt werden. Sie sind Reibkupplungen mit kegel-, zylinder- oder kreisringförmigen Reibflächen. Hierzu gehören die **Kegel- (Konus-) K.,** bei der gegen eine auf dem einen Wellenende befestigte, kegelförmig ausgedrehte Scheibe ein mit dem anderen Wellenende verbundener Kegel so fest gedrückt wird, daß die entstehende Reibung das Drehmoment überträgt; die **Einscheibentrockenkupplung** und die **Lamellenkupplung,** bei denen eine oder mehrere kreisringförmige Stahlscheiben, die wechselweise mit dem einen oder anderen Kupplungsteil formschlüssig, aber axial verschiebbar verbunden sind, gegeneinander gepreßt werden, um so durch die entstehende Reibung das Drehmoment zu übertragen. Die **Elektromagnet-Kupplung** besitzt einen Elektromagneten, welcher die beiden Kupplungshälften zusammenzieht, womit eine Drehmomentenübertragung ermöglicht wird. Bei **magnetischen Flüssigkeitskupplungen** und **Magnetpulverkupplungen** wird die in einem engen Spalt zwischen den beiden Kupplungshälften vorhandene, mit feinstem Eisenpulver durchsetzte Ölschicht bei Einwirkung magnetischer Kräfte steif und bewirkt so die Übertragung des Drehmoments. Diese Verbindungen arbeiten sehr nachgiebig und sind durch Änderung des magnetischen Kraftflusses in gewissen Grenzen regelbar.

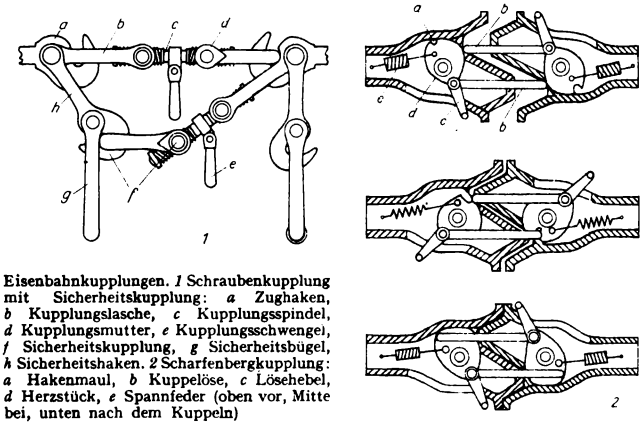
5) **Schlupfkupplungen** benötigen zur Momentenübertragung einen Schlupf zwischen beiden Kupplungshälften. Bei **Strömungskupplungen (hydraulische K.en, Flüssigkeitskupplungen, Turbokupplungen, Föttinger-Kupplungen)** wird die Strömungsenergie flüssiger Medien, meist Öl, bei großen K.en auch Wasser, zur Drehmomentenübertragung benutzt. Das antreibende Wellenende ist mit dem Pumpenrad fest verbunden, an dem das mit ihm rotierende Kupplungsgehäuse angeschraubt ist, und das Turbinenrad ist auf dem Abtriebswellenende befestigt. Wird das Pumpenrad in Drehung versetzt, so wird die Kupplungsflüssigkeit genau wie bei der Kreiselpumpe nach außen gefördert, treibt auf Grund der ihr nunmehr innewohnenden Strömungsenergie das Turbinenrad und gelangt wieder zur Pumpe zurück. Flüssigkeitskupplungen sind sehr anpassungsfähig und werden vor allem in der Fördertechnik, auch in Kraftfahrzeugen angewendet. Bei der **Induktionskupplung** erfolgt die Übertragung des Drehmoments durch die Wirkung eines elektromagnetischen Kraftfeldes.

6) Zu den **selbstschaltenden K.en** gehören die **Rutschkupplungen.** Sie sind Reibkupplungen, die

bei Überschreitung eines bestimmten Drehmomentes durchrutschen und so die Triebwerksteile bei Überlastung vor Zerstörung bewahren. **Fliehkraftkupplungen** schalten bei Erreichen einer bestimmten Drehzahl ein und erhöhen die Anpreßkraft bei Drehzahlsteigerung. **Überholungskupplungen** entkuppeln, wenn die Abtriebsdrehzahl vorübergehend größer ist als die Antriebsdrehzahl. **Freilaufkupplungen** wirken nur in einer Drehrichtung.

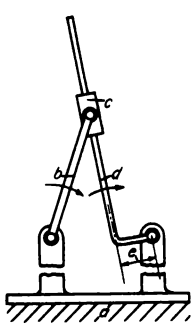
Lit. Pampel: K.en, Bd 1 (Berlin 1958); → Lager.

2) Fahrzeugbau: eine lösbare Verbindung zwischen Fahrzeugen, z. B. an Eisenbahnfahrzeugen und Straßenbahnwagen. Als Eisenbahnkupplung wird meist die **Schraubenkupplung** verwendet, die aus Haken und Ösen und einer Schraubenspindel zum Spannen besteht und in der Mitte der Pufferbohle befestigt ist. Moderner sind **Mittelpufferkupplungen** (z. B. die Scharfenbergkupplung), die K. und → Puffer in sich vereinigen. Beim Gegeneinanderfahren stößt ein Bügel des einen Wagens in einen Führungstrichter des anderen. Hierdurch wird eine Segmentscheibe verdreht und die K. geschlossen; der Rangierer braucht dabei nicht zwischen den Wagen zu stehen. Mittelkupplungen werden verwendet bei Triebwagen, Straßen- und Schmalspurbahnen sowie an allen Eisenbahnfahrzeugen in der UdSSR.



Eisenbahnkupplungen. *1* Schraubenkupplung mit Sicherheitskupplung: *a* Zughaken, *b* Kupplungslasche, *c* Kupplungsspindel, *d* Kupplungsmutter, *e* Kupplungsschwengel, *f* Sicherheitskupplung, *g* Sicherheitsbügel, *h* Sicherheitshaken. *2* Scharfenbergkupplung: *a* Hakenmaul, *b* Kuppelöse, *c* Lösehebel, *d* Herzstück, *e* Spannfeder (oben vor, Mitte bei, unten nach dem Kuppeln)

Kupplungsautomat, automatische Kupplung, bei modernen Kraftwagen eine Einrichtung zur Bedienungserleichterung beim Anfahren und Schalten. Beim K. fällt das Kupplungspedal fort. Der K. besteht aus Anfahrkupplung, Schaltkupplung und Steuereinrichtung. Als **Anfahrkupplung** wird eine Fliehkraftkupplung, eine hydraulische Kupplung oder eine Magnetkupplung verwendet. Die Anfahrkupplung überträgt bei Motorleerlauf kein Drehmoment, mit steigender Drehzahl nimmt das Kupplungsmoment zu. Die **Schaltkupplung,** die mit der Anfahrkupplung kombiniert oder in Reihe nachgeschaltet ist, wird mechanisch, pneumatisch, hydraulisch oder magnetisch betätigt. Die **Steuereinrichtung** wird elektrisch betätigt. Zu diesem Zweck sind im Schalthebel Kontakte eingebaut, die beim Berühren des Schalthebels einen Stromkreis schließen, der auf die Steuereinrichtung einwirkt und das Trennen der Kupplung hervorruft.



Umlaufende exzentrische Kurbelschleife. *a* Gestell, *b* Kurbel (Antrieb), *c* Gleitstein (Koppel), *d* Schleife (Abtrieb), *e* Exzentrizität

Kupren *n*, ein Äthin-Polymerisationsprodukt, das im Gemisch mit flüssigem Sauerstoff als Sprengstoff verwendet wird.

Kupri..., veraltete Bezeichnung für Kupfer(II)-...

Kuprit, Rotkupfererz, ein Mineral, Cu_2O; kubisch, rot, rotbraun bis grau. Härte nach Mohs 3 bis 4, D. 5,8 bis 6,2 g cm^{-3}. K. ist weit verbreitet; er ist ein Oxydationsprodukt von Kupfererzen und findet sich derb und körnig in diesen Lagerstätten, auch nadelig-haarig verfilzt als **Chalkotrichit (Kupferblüte).** Mit Limonit vermengt bildet er das „*Ziegelerz*".

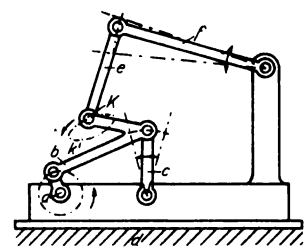
Kupro..., veraltete Bezeichnung für Kupfer(I)-...

Kuprodur, eine hochfeste Kupferlegierung mit 97% Kupfer, 2% Nickel und 1% Silizium. K. wird an Stelle von Reinkupfer bei hoher mechanischer Beanspruchung als Leiterwerkstoff eingesetzt.

Kurare, giftiger Bestandteil des indianischen Pfeilgiftes, das verschiedene Alkaloide (*Kurarine*), besonders das sehr giftige **D-Tubokurarin,** enthält. Im D-Tubokurarin sind zwei Tetrahydrobenzylisochinolinringe über Sauerstoffbrücken miteinander verbunden. Pharmakologisch dient D-Tubokurarin als muskelerschlaffendes Narkosehilfsmittel, zur Behandlung des Wundstarrkrampfes, in der Geburtshilfe und bei Krämpfen.

Kurbel, ein einarmiger Hebel zum Drehen einer Welle (Kurbelwelle), das Antriebsglied der → Kurbelgetriebe. **Handkurbel** ist eine mit einem Handgriff versehene K.

Kurbelgetriebe, Koppelgetriebe, ein → Gelenkgetriebe, das als Verbindung seiner Glieder nur niedere Elementenpaare besitzt (mit Ausnahme des Schraubenpaares). Durch die Flächenberührung der Elementenpaare bleibt die Abnutzung gering; es tritt dadurch keine Veränderung des Bewegungsgesetzes ein wie bei Kurvengetrieben durch Abnutzung der Kurvenscheibe. Die → Kurbel als Antriebsglied ist gegenüber den anderen Gliedern im allgemeinen voll umlauffähig (Ausnahme z. B. → Doppelschwinge). Zu den einfachsten K.n, die aus der → Viergelenkkette entwickelt werden, gehören unter anderem → Kurbelschwinge und → Doppelkurbel, ferner die aus der Schubkurbelkette (→ Schubkurbel, → Kurbelschleife), der Kreuzschleifenkette (→ Kreuzschleife) und der Schubschleifenkette (→ Schubschleife) gebildeten Getriebe. Bei einem Getriebe der Schubkurbelkette ist ein Prismenpaar vorhanden, die Übertragung der Antriebsbewegung auf das Antriebsglied erfolgt durch die Koppel als Übertragungsglied. **Schubkurbelgetriebe** werden verwendet, wenn der Abtrieb gerade geführt werden muß (→ Geradführung), z. B. Kolbenantrieb bei Dampfmaschinen. Nach der Form der kinematischen Ketten unterscheidet man ebene, räumliche und sphärische K., → Getriebe.



6gliedriges Kurbelgetriebe. *a* Kurbel (Antrieb), *b* Koppel (Übertragungsglied), *c* Schwinge, *d* Gestell, *e* Übertragungsglied, *f* Schwinge (Abtrieb), *k* Koppelkurve des Koppelpunktes *K*. *a*–*d* Kurbelschwinge mit angelenktem Zweischlag *e*–*f*

Besondere K. sind die Koppelrastgetriebe (→ Rastgetriebe), Getriebe für Geradführungen und → Zweistandgetriebe.

K. werden angewendet in allen Gebieten des Maschinenbaues, besonders im Textil-, Verpakkungs-, Verarbeitungs- und Landmaschinenbau.

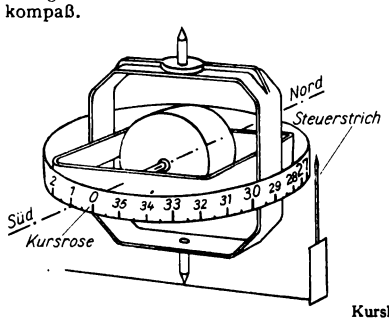
Kurbelschleife, Koppelschleife (Abb.), aus der Schubkurbelkette (→ Viergelenkkette) ent-

wickeltes → Kurbelgetriebe mit zwei Rundlingspaaren (→ Elementenpaar) und einem Schiebepaar (→ Elementenpaar). Wird das kürzeste Glied a (Abb.) zum Gestell, dann können Antriebsglied b (→ Kurbel) und Schleife d umlaufen (**umlaufende K.**), wobei die Abtriebsbewegung ungleichförmig ist bei gleichförmigem Antrieb. Der Gleitstein c ist entweder mit der Kurbel oder mit dem Gestell mittels Rundlingspaar gelenkig verbunden. Bei der **schwingenden K.** ist das kürzeste Glied Antriebsglied. Auch hier kann der Gleitstein mit der Kurbel oder mit dem Gestell drehbar verbunden sein. Geht die Bewegungsrichtung des Gleitsteines durch den Gestelldrehpunkt des Abtriebsgliedes und durch das Gelenk Kurbel – Koppel, liegt eine **zentrische K.** vor, andernfalls spricht man von einer **exzentrischen K.**

Kurbelschwinge, das einfachste aus der → Viergelenkkette entwickelte → Kurbelgetriebe, das nur Rundlingspaare (→ Elementenpaar) besitzt. Die im Gestell d (Abb.) drehbar gelagerte Kurbel a als kürzestes Getriebeglied kann voll umlaufen, die ebenfalls im Gestell gelagerte Schwinge c führt eine Schwingbewegung aus. Die Bewegung der Kurbel wird durch die Koppel b auf die Schwinge übertragen. In der **durchschlagenden K.** sind z. B. Kurbel a und Koppel b gleich lang, die Schwinge c ist so lang wie das Gestell d. In den meisten mehrgliedrigen Kurbelgetrieben kommen K.n als Grundgetriebe vor.

Kurbelwelle, eine mehrfach gekröpfte Welle, z. B. beim Kraftwagenmotor, die über die Pleuel die hin- und hergehende Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung umformt und dabei die vom Pleuel übertragene Kolbenkraft in ein Drehmoment umwandelt.

Kurskreisel, ein Gerät, das den Kurs (Winkel zwischen Längsachse und Erdmeridianebene) eines Luftfahrzeuges anzeigt. Als Meßfühler dient ein Kreisel mit 3 Freiheitsgraden und horizontaler, in Nord-Süd-Richtung verlaufender Rotationsachse. Ein gehäuse- und somit auch bordfester Steuerstrich bewegt sich bei Kursänderungen relativ zu einer mit dem raumfesten Kreisel verbundenen Kursrose. Der Kreisel wird elektrisch, nur noch vereinzelt (als Notsystem) pneumatisch angetrieben. Da der Kreisel kein erdgebundenes Richtmoment besitzt, das das Meßelement nach Auslenkung durch die Erddrehung, den Flug um die Erde und Gerätefehler (z. B. Unwucht, Reibung) in die richtige Lage gegenüber der Erde zurückführt, muß er nach jeweils 10 bis 15 Minuten nach einem Kompaß korrigiert werden. Der K. ist somit ein Halbkompaß.



Kurskreisel

Erfolgt die Überwachung des K.s automatisch durch einen Magnet- oder Induktionskompaß, so nennt man das durch diese Kombination entstandene Gerät **Kreisel-Magnet-Kompaß** bzw. **Kreisel-Induktionskompaß** (→ Kompaß).

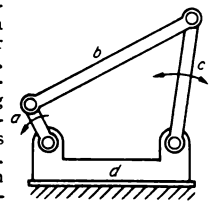
Kurtschatovium, Symbol **Ku**, radioaktives, nur künstlich darstellbares chemisches Element der IV. Nebengruppe des Periodensystems, Ordnungszahl 104, Massezahlen der bisher bekannten Isotope 260 (Halbwertszeit 0,3 s, α-Strahler) und 264 (äußerst instabil). K. wurde 1964 von I. Zvara im Laboratorium für Kernreaktionen des Vereinigten Instituts für Kernforschung in Dubna (UdSSR) beim Beschießen von Plutonium-242 mit beschleunigten Neon-22-Ionen entdeckt. Es ähnelt chemisch dem Hafnium.

Kurve, ein grundlegender geometrischer Begriff. Während man im allgemeinen Sprachgebrauch unter einer K. eine stetig gekrümmte Linie versteht, bezeichnet man in der Mathematik jede Linie, auch die gerade, als K. In der Elementargeometrie definiert man eine K. als geometrischen Ort gewisser Punkte, z. B. den Kreis als geometrischen Ort aller Punkte (der Ebene), die von einem festen Punkt den gleichen Abstand haben, oder als Schnitt zweier Flächen, z. B. die Kegelschnitte als Schnittlinien von Ebenen mit geraden Kreiskegeln u. dgl. K.n, deren Punkte in einer Ebene liegen, nennt man **ebene K.n** (z. B. Gerade, Kreis, Kegelschnitt), andernfalls **Raumkurven** (z. B. Schraubenlinie). Die Auffassung einer K. als geometrischen Ort aufeinanderfolgender Lagen eines sich bewegenden Punktes führt auf die Parameterdarstellung einer K. Die jeweilige Lage des Punktes wird dabei durch Angabe seiner Koordinaten in einem rechtwinkligen (kartesischen) Koordinatensystem bestimmt, und zwar in Abhängigkeit von einem Parameter t. So kann man z. B. einen Kreis in der xy-Ebene vom Radius r, dessen Mittelpunkt die Koordinaten $x = a$ und $y = b$ hat, durch $x = \varphi(t) = a + r \cdot \cos t$ und $y = \psi(t) = b + r \cdot \sin t$ darstellen, wobei der Parameter t das Intervall $-\pi < t \leqq \pi$ durchläuft. In der analytischen Geometrie wird durch eine Gleichung der Form $F(x, y) = 0$ eine ebene K. definiert, z. B. die Ellipse mit den Hauptachsen a und b durch $F(x, y) = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - 1 = 0$. Je nachdem, ob die Gleichung algebraisch oder transzendent ist, nennt man die durch sie definierte K. **algebraisch** (z. B. Kegelschnitte) oder **transzendent** (z. B. Kettenlinie).

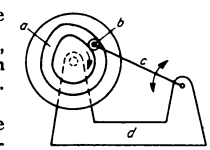
Als *Ordnung* einer ebenen K. definiert man die Anzahl ihrer (reellen und imaginären) Schnittpunkte mit einer in ihrer Ebene liegenden allgemeinen Geraden, entsprechend die Ordnung einer Raumkurve als Anzahl ihrer Schnittpunkte mit einer allgemeinen Ebene. Die Geraden z. B. sind K.n 1. Ordnung, die Kegelschnitte K.n 2. Ordnung. Ebene Kurven werden angewendet zur graphischen Darstellung von wissenschaftlichen, statistischen und technischen Gesetzmäßigkeiten sowie von Funktionen mit einer unabhängigen Veränderlichen in einem Koordinatensystem.

Kurvengetriebe, ein → Gelenkgetriebe, in dem von einem meist gleichförmig rotierenden Kurventräger (Scheibe oder Zylinder) ein Eingriffsglied (Schieber oder Hebel) in bestimmte vorgeschriebene Bewegung versetzt werden kann. K. besitzen mindestens 3 Glieder. Sie werden besonders dort verwendet, wo zwischen den Bewegungszeiten vollkommene Stillstände des Eingriffsgliedes oder komplizierte Bewegungsabläufe verlangt werden (z. B. bei Textilmaschinen, Verpackungsmaschinen). Wegen des höheren Elementenpaares zwischen Kurventräger und Eingriffsglied sind K. nicht beliebig stark zu belasten; bei Abnutzung der Kurvenscheibe ändert sich das Bewegungsgesetz. Oft lassen sich die verlangten Bewegungen mit → Kurbelgetrieben zweckmäßiger erreichen.

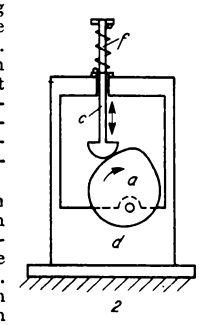
Ein K. ist z. B. das → Wälzhebelgetriebe. Eine Spezialform der Kurvenscheibe ist der → Nocken.



Kurbelschwinge. *a* Kurbel (Antrieb), *b* Koppel (Übertragungsglied), *c* Schwinge (Abtrieb), *d* Gestell



1



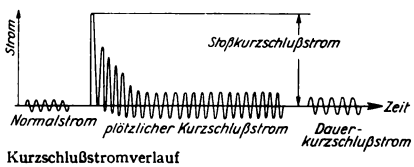
2

1 4gliedriges Kurvengetriebe mit Rolle am Schwinghebel, Formschluß durch Nutkurve. *a* Kurventräger mit Nutkurve (Antrieb), *b* Rolle (Übertragungsglied), *c* Schwinge (Abtriebsglied), *d* Gestell. *2* 3gliedriges Kurvengetriebe mit geradgeführtem Stößel, Kraftschluß durch Feder. *a* Kurvenscheibe (Antrieb), *c* Stößel (Abtriebsglied), *d* Gestell, *f* Feder

Kurvenmesser, Kurvimeter, Meßrädchen, ein Gerät zum Messen der Länge von beliebig gekrümmten Linien auf einer Zeichnung, z. B. von Weglängen auf Landkarten (**Kartometer, Kilometermesser**), oder von Leitungsdrahtlängen auf Installationsplänen. Man fährt mit dem K. die zu messenden Strecken und Kurven ab, wobei sich die Umdrehungen eines Meßrädchens auf einen Zeiger übertragen, der sich über einer runden, meist in verschiedenen Maßstäben gehaltenen Skale dreht. Der Zeiger ermöglicht ein direktes Ablesen der gemessenen Länge unter Berücksichtigung des Planmaßstabes.

Kurzschluß, die annähernd widerstandslose elektrische Verbindung von Punkten, die normalerweise eine Spannung gegeneinander aufweisen. Der Strom in einem durch Fehler kurzgeschlossenen Stromkreis kann unzulässig hohe Werte annehmen. Als Folge eines Kurzschlusses werden vorgeschaltete → Sicherungen oder Überstromausschalter ausgelöst, bei deren unrichtiger Bemessung tritt starkes Erwärmen auf. Dies kann zum Glühen von Leitungen und Kabeln (Brandgefahr!), zum Verbrennen der Wicklungen von Geräten führen. Jeder Leitungsquerschnitt ist daher nach TGL mit einer ganz bestimmten Stromsicherung zum Schutz gegen Überlastung abzusichern.

In der Starkstromtechnik kann der K. je nach dem Widerstand der Stromlaufbahn unter Umständen verheerende Folgen haben, insbesondere der erste Teil des Kurzschlußverlaufes, der **Stoßkurzschlußstrom,** durch seine mechanische Wirkung. Der erste Stromanstieg des Stoßkurzschlußstromes wirkt auf Sammelschienen, Endverschlüsse, Leitungen und Wicklungen von Generatoren und Transformatoren wie ein Hammerschlag. Er klingt innerhalb von etwa 5 bis 6 Sekunden auf den Dauerkurzschlußstrom ab, der so lange bestehen bleibt, bis das Zeitrelais eines Schalters der Stromlaufbahn anspricht und den Stromkreis abschaltet. Der Dauerkurzschlußstrom hat eine Erwärmung der Wicklungen



Kurzschlußstromverlauf

und Leitungen zur Folge. Große Schäden können durch genaue zeitliche Staffelung der Relais der Überstromschalter, laufende Kontrolle ihrer Auslösezeiten und Auslösestromstärken, Einbau von Drosselspulen in die einzelnen Stromabzweige, Bemessung der Schalter für eine ausreichende Abschaltleistung verhindert werden. Ähnlich dem K. wirkt ein → Erdschluß, der vielfach mit ihm verwechselt wird.

Lit. Gerlach: Berechnung von Kurzschlußströmen (6. Aufl. Berlin 1958); Schnessl: Kurzschlußvorgänge (Berlin 1959); Weickert: Hochspannungsanlagen (10. Aufl. Leipzig 1959).

Kurzschlußbremsung, svw. → Widerstandsbremsung.

Kurzschlußläufermotor, eine → elektrische Maschine.

Kurzschlußschalter, ein im Primärstromkreis der Magnetzündanlage fremdgezündeter Verbrennungsmotoren eingebauter Schalter, der das Überbrücken (Kurzschließen) des Unterbrecherkontaktes, also ein Abstellen der Zündung und damit des Motors gestattet. K. sind vielfach in Rennfahrzeugen eingebaut. Sie werden bei plötzlich sich ergebenden gefährlichen Situationen benutzt, teilweise auch zur kurzzeitigen Unterbrechung der Motortriebkraft zum schnellen Schalten der einzelnen Gänge ohne Betätigung der Kupplung.

Kurzschlußspannung, eine Kenngröße von → Transformatoren. Die K. ist verantwortlich für die Spannungsänderung des Transformators bei Belastung und für den Strom, den der Transformator im Kurzschluß führt.

Kurzstart, der Start eines Luftfahrzeuges, bei dem nur eine kurze Strecke zum Anrollen benötigt wird. Bei kleineren Flugzeugen spricht man von K. bei einer Anrollstrecke von 60 bis 200 m, bei großen Transportflugzeugen bereits bei einer Anrollstrecke kleiner als 400 m. K. kann ermöglicht werden durch → Starthilfen oder durch besondere Konstruktion des Luftfahrzeugs, z. B. beim Tragschrauber, Flugschrauber und Konvertiplan. Für K. geeignete Flugzeuge bezeichnet man als **Kurzstartflugzeuge** oder **STOL-Flugzeuge** (Abk. für englisch short take-off and landing).

Kurzwellen, Dekameterwellen, elektromagnetische Wellen, im weiteren Sinne mit einer Frequenz zwischen 3 und 30 MHz und einer Wellenlänge zwischen 10 und 100 m. Typisch ist für diesen Frequenzbereich die Versorgung des Empfangsgebiets mittels der Raumwelle. Diese wird an den Schichten der Ionosphäre ein oder mehrere Male reflektiert, daher werden K. für Verbindungen über sehr große, meistens transatlantische Entfernungen benutzt. Die Bodenwelle ist im Kurzwellenbereich bereits praktisch ohne Bedeutung. Im engeren Sinne versteht man unter dem Kurzwellenbereich für Rundfunkzwecke die Frequenzen zwischen 6 und 26 MHz (Wellenlänge von 11 bis 49 m).

Die Bedingungen für die Reflexion in der Ionosphäre sind von der Tageszeit und von der Frequenz abhängig. Durch ansteigende Dämpfung bei sinkender Frequenz bedingt, ergibt sich eine niederste brauchbare Frequenz (englisch Lowest Useful Frequency, LUF). Die Durchlässigkeit der reflektierenden Schichten steigt mit höherer Frequenz. Demzufolge gibt es auch eine obere Grenzfrequenz (englisch Maximal Useful Frequency, MUF). Der Frequenzbereich zwischen LUF und MUF wird Übertragungsfrequenzbereich (ÜFB) genannt. Innerhalb des ÜFB gibt es eine optimale Übertragungsfrequenz (englisch Frequency of Optimum Traffic, FOT), die erfahrungsgemäß etwa 15 % unterhalb der MUF liegt. Infolge der Mehrwegeausbreitung sind → Schwunderscheinungen für den Kurzwellenbereich ebenfalls charakteristisch.

K. werden in der Technik (Kurzwellenrundfunk) und in der Medizin (→ Kurzwellentherapie) zur Wärmeerzeugung verwendet.

Kurzwellenbandspreizung, eine Einrichtung bei größeren Rundfunkempfängern, durch die auf der Empfängerskale eine erhebliche Verbreiterung eines kleinen Wellenbandes erreicht wird. Die K. erfolgt durch starke Verkleinerung der Variationsbereiche der Schwingungskreise und dient zur Erleichterung der Abstimmung im Kurzwellenbereich.

Kurzwellendiathermie, → Kurzwellentherapie.

Kurzwellenlupe, eine Vorrichtung an Tonrundfunkempfängern zur Abstimmerleichterung im Kurzwellenbereich durch Dehnung eines mit dem Abstimmknopf eingestellten Frequenzbandes. Im Prinzip stellt die K. eine kleine, variable Kapazität dar, die der Abstimmeinheit parallelgeschaltet ist.

Kurzwellentherapie, Kurzwellendiathermie, die Anwendung der durch Kurzwellen erzeugten dielektrischen oder Wirbelstrom-Erwärmung (→ Hochfrequenzwärme) zur Heilbehandlung von erkranktem Gewebe. Es werden Kurzwellen von 10 bis 30 MHz (Megahertz) oder Ultrakurzwellen von 30 bis 50 MHz (**Ultrakurzwellen-**

therapie) verwendet. Ihre Wirkung beruht in erster Linie darauf, daß sie im Gewebe Joulesche Wärme erzeugen. Dadurch werden tiefer liegende Körperteile, vor allem Knochen, innere Organe und Muskulatur, besser durchwärmt als bei Benutzung langer Wellen oder bei Heranbringen der Wärme an den Körper von außen; außerdem wird die Haut nicht durch Erwärmung belastet. Die Erzeugung des hochfrequenten Wechselstromes erfolgt mittels Elektronenröhren, die ungedämpfte Schwingungen liefern. Zur Übertragung dienen im einfachsten Fall zwei plattenförmige Elektroden, die — in einem bestimmten Abstand oder durch eine Isolationsschicht getrennt — vor und hinter dem betreffenden Körperteil angeordnet werden.

Die K. wird angewendet zur Behandlung von rheumatischen Leiden, Neuralgien, entzündlichen Gelenk- und Unterleibserkrankungen, Asthma u. a. Durch Erwärmung des ganzen Körpers mit Hilfe besonders dafür gebauter Elektroden kann auch künstliches Fieber erzeugt werden **(Elektropyrexie)**.

Lit. Rentsch: Taschenb. der K. (Jena 1958).

Kurzzeitmessung, die Zeitmessung bei schnell veränderlichen Vorgängen. Man unterscheidet mechanische und elektrische K. 1) **Mechanische K.** Sie kann erfolgen a) mit → *Stoppuhren* und b) mit → *Chronographen.* c) Bei der K. mittels *fallender Körper* oder *Pendel* werden die Vorgänge auf einen fallenden Körper oder einen mit einem Pendel schwingenden Kreisbogen aufgezeichnet. Aus dem Abstand der Zeitmarken läßt sich der Zeitabstand berechnen. d) Bei der K. mit *rotierenden Spiegeln* ergibt ein vor einem sich drehenden Spiegel liegendes Objekt ein Spiegelbild, das sich um den doppelten Drehungswinkel des Spiegels verschiebt. Zwei zeitlich auseinanderliegende Vorgänge sieht man räumlich um einen bestimmten Abstand auseinanderliegend. Hiermit lassen sich noch Vorgänge trennen, die 10^{-7} s auseinanderliegen.

2) **Elektrische K.** a) K. mittels → *Oszillographen.* Beim Katodenstrahloszillographen z. B. werden an einem Ablenkplattenpaar die Meßspannung und an dem anderen die Zeitimpulse zugeführt, die mit hoher Genauigkeit elektrischen Schaltungen entnommen werden können. b) K. durch *Messung einer Elektrizitätsmenge.* Der Strom einer bekannten Spannungsquelle wird zum Anfang eines Meßvorganges über einen Widerstand geschlossen und am Ende wieder unterbrochen. Die dabei verflossene Elektrizitätsmenge ist ein Maß für die zu messende Zeit. Die Elektrizitätsmenge läßt sich z. B. mit einem Kriechgalvanometer oder durch Aufladung eines Kondensators messen. c) Durch *Beleuchtung mit elektrischen Funken* lassen sich photographische Aufnahmen erzielen, die noch Vorgänge von 10^{-6} s unterscheiden lassen. d) K. durch elektronisches *Auszählen elektrischer Schwingungen* einer sehr genauen und hohen (z. B. 400 kHz) Frequenz. Die kleinste Meßzeit hängt von der Höhe der Meßfrequenz ab.

Kurzzeitphotographie, → Hochfrequenz-Kinematographie.

Küstenschutzschiff, svw. Korvette, → Fregatte.

Kutta-Joukowskischer Satz, ein durch Kutta und Joukowski unabhängig voneinander gefundener Lehrsatz, nach dem der aerodynamische Auftrieb A je Längeneinheit eines Körpers gleich dem Produkt aus der Dichte ϱ des strömenden Mediums, der → Zirkulation Γ um diesen Körper und der Relativgeschwindigkeit w zwischen Körper und Medium ist: $A = \varrho \Gamma w$. Dieser Satz hat besondere Bedeutung bei der Tragflügelberechnung.

Kutter, 1) ein Boot zum Pullen (Rudern) und Segeln mit Spiegelheck, z. B. zur seemännischen Ausbildung. 2) früher ein Segelschiff für Aufgaben der Küstenschiffahrt (Zoll-, Lotsen-, Fischkutter). 3) ein kleines Motorschiff für Küsten- und Hochseefischerei, → Fischereifahrzeuge.

kV, Kurzz. für Kilovolt, → Volt.

kVA, Kurzz. für Kilovoltampere, → Voltampere.

kvar, Kurzz. für Kilovar, → Var.

kW, Kurzz. für Kilowatt, → Watt.

kWh, Kurzz. für Kilowattstunde, → Wattstunde.

KWK, Abk. für Kampfwagenkanone, z. B. bei Panzer und Panzerspähwagen.

KWL, Abk. für Konstruktionswasserlinie, → Linienriß.

Kyanit, svw. → Disthen.

Kybernetik [griechisch, ‚Steuermannskunst'], von N. Wiener verwendete Bezeichnung für die von ihm 1948 begründete Wissenschaft, die gemeinsame Prinzipien der „Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine" (Untertitel des Werkes „Cybernetics" von N. Wiener) untersucht. Der Versuch, eine allgemeingültige, umfassende Definition der K. zu geben, die der Vielseitigkeit dieser neuen Wissenschaft gerecht wird, ist bis jetzt auf Schwierigkeiten gestoßen. Es existieren z. Z. bereits mehr als 100 Definitionen, die aber jeweils bestimmte Aspekte betonen, andere hingegen vernachlässigen und somit mehr oder weniger einseitig und unvollständig bleiben.

Das Forschungsanliegen, allgemeine Struktur- und Funktionsprinzipien in Maschinen und Lebewesen zu erforschen, war aus praktischen Bedürfnissen bei der Entwicklung automatisch funktionierender technischer Systeme entstanden. Die Entdeckung weitgehender Ähnlichkeiten bestimmter Strukturen und Funktionen sowohl in Maschinen als auch bei Lebewesen machte eine prinzipielle Untersuchung auf verallgemeinerter Ebene möglich und notwendig. Seit dieser Entdeckung, die durch vielfältige Ergebnisse auf den verschiedensten Wissenschaftsgebieten vorbereitet worden war, hat sich die K. in breitem Umfang entwickelt und trotz ihrer kurzen Entwicklungsgeschichte wesentliche neue Erkenntnisse geliefert, die die einzelwissenschaftliche Forschung entscheidend befruchten konnten. Die theoretisch-methodologische Wirksamkeit der K. erstreckt sich auf Wissenschaftsdisziplinen mit sehr verschiedenen Gegenständen, z. B. auf Technik, Biologie (vor allem Genetik und Physiologie), Psychologie, Linguistik und Gesellschaftswissenschaft (vor allem Ökonomie, Soziologie, Planungs- und Leitungswissenschaft). Diese interdisziplinäre Wirksamkeit der K., ihr wissenschaftsintegrierender Charakter, beruht im wesentlichen auf den folgenden Eigenschaften. 1) Bei theoretisch-kybernetischen Untersuchungen wird vom Mitdenken einer konkreten Realisierungsebene materieller Systeme abstrahiert, die K. ist also bewegungsformindifferent. Das besagt, daß ihre Untersuchungen, die auf die Erforschung allgemeiner Prinzipien der Organisation beliebiger materieller Systeme und der innerhalb dieser Systeme stattfindenden Informationsverarbeitung für Steuerungs- und Regelungszwecke gerichtet ist, ohne direkten Bezug auf eine bestimmte Bewegungsform der Materie erfolgen. 2) Auf Grund dieser Eigenschaft ermöglicht die K. Modellkonstruktionen, die durch verschiedene konkrete Sachverhalte interpretiert werden können. Sie kann daher als allgemeine Modellmethode (hinsichtlich der Anwendung ihrer Ergebnisse in den verschiedenen Einzel wissenschaften) aufgefaßt werden.

Aus diesen Eigenschaften folgt die besondere Stellung der K. im System der Wissenschaften. Im Unterschied zu den Einzelwissenschaften kann die K. daher als Querschnittswissenschaft bezeichnet werden.

Die theoretische und praktische Bedeutung der K., die sie seit ihrer Entstehung erlangt hat,

führte zu einer Differenzierung. Es lassen sich drei Ebenen der K. — die theoretische, die angewandte und die technische — unterscheiden. 1) Die **theoretische K.** umfaßt im wesentlichen vier Disziplinen, die durch die K. in enge Beziehung zueinander getreten sind: die → Systemtheorie, die → Informationstheorie, die Regelungstheorie und die → Spieltheorie. 2) Die **angewandte K.** befaßt sich mit den Möglichkeiten, die allgemeinen Erkenntnisse der K. in verschiedenen Bereichen wirksam zu machen. Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind Biologie, Psychologie, Medizin, Gesellschaftswissenschaften, Linguistik, Militärwissenschaft und Pädagogik. 3) Die **technische K.** beschäftigt sich mit der technischen Realisierung kybernetischer Modelle, mit dem Entwurf und der Realisierung automatischer Systeme (z. B. Automatisierungstechnik, Rechenautomaten). Ein wichtiges Gebiet der technischen K. ist die → Bionik.

Wichtigste Grundlage und entscheidendes Mittel der K. ist die Mathematik, insbesondere Wahrscheinlichkeitstheorie, mathematische Statistik, Topologie, Mengentheorie und Algebra (lineare Programmierung) sowie die mathematische Logik. Bemerkenswert ist, daß einzelne Disziplinen der theoretischen K. selbständige mathematische Theorien geworden sind (z. B. Informationstheorie, Spieltheorie). Neben der allgemeinmethodologischen Bedeutung hat die K. das Eindringen mathematischer Methoden in die Einzelwissenschaften beschleunigt.

Lit. Wiener: K. (2. Aufl. Düsseldorf u. Wien 1963, Mensch und Menschmaschine (Frankfurt/M. 1964); Steinbuch: Automat und Mensch (3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York 1965); Tsien: Technische K. (Stuttgart 1957); Känel: Einführung in die K. (Berlin 1967); G. Klaus: K. und Erkennungstheorie (2. Aufl. Berlin 1967); Nemes: Kybernetische Maschinen (Berlin 1967); Peschel: K. und Automatisierung (2. Aufl. Berlin 1966).

QUELLENNACHWEIS

Tafelabbildungen (Tafel/Abb.)

Armeerundschau: 15/2 (Gebauer); Automobiles M. Berliet, Lyon: 2/1; VEB Automobilwerk Eisenach: 2/6, 3/5; VEB Barkas-Werke Karl-Marx-Stadt: 2/5; VEB Baumaschinen Gatersleben: 42/4; Baumberg, Halle: 6/6; Bauplanung — Bautechnik, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin: 41/5; Klaus G. Beyer, Weimar: 3/1; Herbert Blunck, Berlin: 49/1 und 4, 53/1 und 2; Karl-Heinz Böhle, Dresden: 44/4, 45/2 und 3; VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer: 22/4; Brockhaus ABC der Optik, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1961: 1; Foto-Brüggemann, Leipzig: 22/1, 23/3, 25/5, 27/4, 29/2, 30/1, 35/2, 45/4, 46/2, 4 und 5, 47/3, 51/5; VEB Carl Zeiss Jena: 52/1, 2, 4 und 5, 53/3 bis 6; VEB Chemische Werke Buna, Schkopau: 25/1 und 2; Foto-Clauss, Leipzig: 14/2; Foto Curth-Tabbert, Berlin: 24/4 und 5, 25/3 und 4, 32/5; VEB DEFA, Potsdam-Babelsberg: 55/3 und 5, 55/7 (Caspar); Deutsche Bauinformation, Berlin: 41/1; Deutsche Fotothek, Dresden: 38/6 (Möbius); Deutsche Philips GmbH., Hamburg: 48/3; Deutsche Post, Rundfunk- und Fernsehtechnisches Zentralamt Berlin: 5, 41/4, 48/5; Deutsche Reichsbahn (Signalbuch) und Manfred Lorenz, Dresden: 3; Deutsche Reichsbahn, Zentrale Bildstelle, Berlin: 7/5 und 6, 14/4, 43/5; Dewag-Werbung, Berlin: 7/4, 39/1, 51/3; Dewag-Werbung, Dresden: 7/5; Dewag-Werbung, Leipzig: 34/1 und 2, 47/2; VEB Druckmaschinenwerk Victoria, Heidenau: 34/4; Eastman Kodak Boeing: 56/4; J. Edelmann, Dresden: 52/6; VEB Eisenhüttenkombinat Ost, Eisenhüttenstadt: 26/1; VEB Elbtalwerk Heidenau: 39/5 und 6; VEB Elektrochemisches Kombinat Bitterfeld: 23/2, 25/6; VEB Elektromaschinenbau Sachsenwerk, Dresden: 39/2 und 4; VEB Fahrradwerk Elite Diamant, Karl-Marx-Stadt: 35/5; VEB Fernmeldewerk Arnstadt: 51/6; Stefan Fey, Berlin: 39/3; VEB Flachglaskombinat Torgau: 33/4; Forschungsinstitut für Technische Entwicklung und Wärmetechnik der Metallurgie, Leipzig: 27/3; PGH Foto-Zentrum, Leipzig: 20/5 und 6, 46/1: VEB Funkwerk Kölleda: 51/4; Reimar Gilsenbach, Berlin: 22/5; Götaverken, Göteborg: 13/6; Grafik-Foto-Film-Werbung, Dresden: 49/2; Dr.-Ing. Rudolf Hell, Kiel: 34/3; Lichtbild-Hempel, Karl-Marx-Stadt: 35/1 und 7; VEB Hochbauprojektierung Erfurt: 41/2; VEB Hochbauprojektierung Rostock: 41/3; VEB IFA-Automobilwerke Ludwigsfelde: 2/3; Gerhard Illner, Leipzig: 6/4, 7/3 und 4; VEB Inducal Berlin „Hermann Schlimme": 28/6; Max Ittenbach, Berlin: 33/1 und 2; VEB Jenaer Glaswerk Schott & Gen., Jena: 33/6; Lothar Jung, Schulzendorf/Eichwalde: 48/1; Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 56/1; VEB Keramische Werke Hermsdorf: 47/7; Foto-Werkstätten Walter Kirsch, Lutherstadt Wittenberg: 14/1; Hans Krämer, Berlin: 48/2; Heinz Krüger, Falkensee: 23/1; Max Künzel, Karl-Marx-Stadt: 51/1 und 2; VVB Landmaschinenbau Leipzig: 36/1 bis 6; Dr. Lehfeldt & Co. GmbH., Heppenheim a. d. B.: 30/4; MacGregor-Foto: 12/2; VEB Mansfeld Kombinat Wilhelm Pieck, Lutherstadt Eisleben: 21/5; VEB Maxhütte, Bergbau- und Hüttenkombinat, Unterwellenborn: 27/1; H. Meyer, Freiberg: 21/2; Militär-Bilddienst, Berlin: 12/6, 16/2, 3, 6 und 7, 17/1 und 5, 16/5 (Hoepner), 15/3, 16/4 (Klöppel), 17/6 (Weiss); Erich Müller, Böhlitz Ehrenberg: 48/7, 49/5; VVB Nachrichten- und Meßtechnik Leipzig: 50/3; VEB Nähwirkmaschinenbau Malimo, Karl-Marx-Stadt: 35/4; National Radio Astronomy Observatory, Cambridge/Mass.: 56/2; Neumeister, Potsdam: 37/4; Nowosti, Moskau: 12/7, 15/6, 18/1 und 4, 19/4, 44/1 und 5, 47/1; VEB Papiermaschinenwerke Freiberg: 32/4 und 6; VEB Pentacon Dresden: 54/1 und 2, 55/8; Pfeifer, Leipzig: 37/3; Pfeifer, Wetterzeichen überall, Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin: 37/2; Wolfgang Rasch, Bergfelde: 13/3; F. W. Richter, Jena: 45/1; Foto-Richter, Leipzig: 7/1 und 2, 32/1 bis 3, 34/5 und 6; VEB Robur-Werke Zittau: 7/2 und 3; Foto-Römer, Karl-Marx-Stadt: 28/1 bis 5, 29/1, 3 bis 5, 30/2, 47/6; Rössing-Winkler, Leipzig: 4, 54/3 bis 5; Gerhard Royé, Dresden: 30/3; VEB Sachsenring Automobilwerke Zwickau: 3/2 und 4, 9/1; VVB Schienenfahrzeuge Berlin: 6/3; Schimsa, Berlin: 50/1 und 6; Heinz A. F. Schmidt, Berlin: 10/6 und 8, 11/3 und 6, 13/4, 15/7 und 8, 49/6; VE Spezialbaukombinat Magdeburg, Produktionsbereich Brandenburg: 43/4; VEB Spurenmetalle Freiberg, Muldenhütten: 23/5; VEB Strickmaschinenbau Karl-Marx-Stadt: 35/6; VVB TAKRAF Leipzig: 20/1, 3 und 4; telefunkenbild: 50/2, 4 und 5; United States Information Service, Bad Godesberg: 2/2, 18/2 und 3, 19/5 und 6, 38/1, 42/1 und 5, 43/6, 44/2, 47/5, 56/3; VEB Waggonbau Görlitz: 6/1; VEB Webstuhlbau Karl-Marx-Stadt: 35/3; VEB Werkstoffprüfmaschinen Leipzig: 31/2; Lothar Willmann, Berlin: 10/1, 11/4 und 5; Zeitschrift „Schiff und Hafen", Hamburg: 12/3; Zentralbild, Berlin: 17/2, 31/3 und 4 (Biscan), 37/1 (CAF), 13/2 (DPA), 24/2 (Friedrich), 27/6 (Gahlbeck), 40/5 (Gramowski), 23/4, 38/4 und 5 (Großmann), 24/6 (Hartmetz), 13/1 und 5, 30/5, 40/1 (Karnitzki), 33/5 (Koch), 38/2, 40/4, 46/3, 48/6 (Kohls), 17/4 (Kollektiv), 26/2 (Krueger), 42/2 (Kyodo), 21/4, 26/5, 47/4 (Löwe), 17/3 (MBD/Barsch), 10/4 (Nordfoto), 6/2, 52/3 (PANA), 43/2 (Photopress), 12/1, 24/1 (Popper), 11/2 (Ringier), 46/6 (Ritter, 22/2 und 3, 24/3 (Schaar), 43/3 (Sengpiehl), 40/2 (Siebahn), 26/3, 27/2 und 5 (Siegert), 19/1, 40/3 (Spremberg), 31/1 (Steinberg), 15/1, 16/1 (Stöhr), 2/4, 6/5, 10/2, 3, 5 und 7, 11/1, 15/4, 18/5, 19/2 und 3, 21/1 und 3, 26/4, 38/3, 42/3, 43/1, 44/3, 45/5 und 6 (TASS), 3/3 (Werkfoto), 33/3 (Wittig); Zentralinstitut für Schweißtechnik der Deutschen Demokratischen Republik, Halle: 31/5; Georg Zimmer, Leipzig: 12/4 und 5, 14/3, 5 und 6, 20/2, 49/3.

Textabbildungen

Bauingenieur, Heft 8/1965; Bolling, Was ist das für ein Schiff? VEB Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1961; Brockhaus ABC Chemie, 2 Bände, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1965; Brockhaus

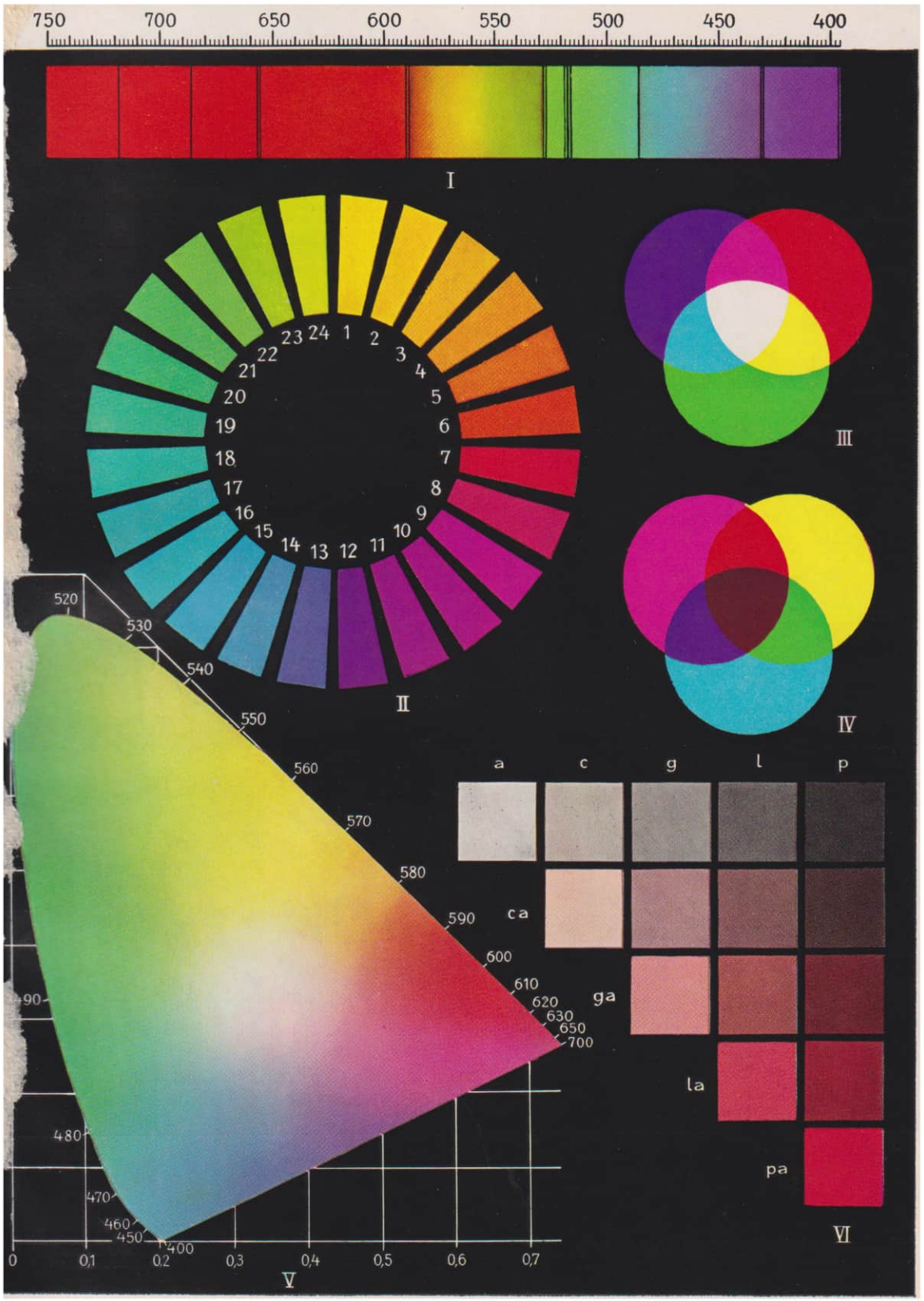
ABC der Astronomie, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1961; Brockhaus ABC der Landwirtschaft, 2 Bände, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1962/63; Brockhaus ABC der Optik, VEB F. A. Brockhaus Verlag, Leipzig 1961; Civil Engineering — ASCE, August 1965; Duda, Flugzeuggeräte, 2 Bände, VEB Verlag Technik, Berlin 1961; Elektrie, Heft 8/1964; VEB Elektromaschinenbau Sachsenwerk, Dresden; Eucken u. Wicke, Grundriß der physikalischen Chemie, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig 1959; Fachkunde für den Steinkohlenbergbau, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1954; Flieger-Jahrbuch 1967, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1966; Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, Dresden — Weißer Hirsch; Handbuch des Energiemaschinenbaues, VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1958; Hertz, Lehrbuch der Kernphysik, Band II, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1960; Heyde, Landmaschinenlehre, Band I, VEB Verlag Technik, Berlin 1965; Hoffmann, Dampfkraftwerke, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1959; Houot u. Willm, Two thousand fathoms down, Penguin Books Ltd. 1958; Institut für Geodynamik Jena der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin; Jahn u. Wittling, Technologie der chemischen Industrie, VEB Verlag Technik, Berlin 1962; Jahrbuch Schiffahrt 1961, transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1960; Jugend und Technik, Heft 3/1967; Kleine Enzyklopädie Land — Forst — Garten, VEB Verlag Enzyklopädie, Leipzig 1960; Kleine Enzyklopädie Technik, VEB Bibliographisches Institut Leipzig 1966; Liebscher u. Willert, Technologie der Keramik, VEB Verlag der Kunst, Dresden 1955; VEB Medizintechnik Leipzig; VEB Meßgeräte- und Armaturenwerk „Karl Marx" Magdeburg-Buckau; Meteorologischer Dienst der Deutschen Demokratischen Republik, Mitteldeutsche Wetterdienststelle Leipzig; Meyers Neues Lexikon, Band I, III, IV u. VI, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1961, 1962 u. 1963; Meyers Taschenlexikon Luftfahrt, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1965; Meyers Taschenlexikon Raketentechnik — Raumfahrt, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1967; Meyers Taschenlexikon Schiffbau — Schiffahrt, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1964; Michel u. Schering, Fachkunde für Keramiker, VEB Verlag Technik, Berlin 1956; Model u. Newjashskij, Hochfrequenzsender, VEB Verlag Technik, Berlin 1953; Oechelhaeuser, Atlas der Technik des Gasfaches, VEB Verlag Technik, Berlin 1953; Philippow, Taschenbuch Elektrotechnik, Band I, VEB Verlag Technik, Berlin 1968; Reichardt, Die Grundlagen der Elektroakustik, Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., Leipzig 1960; Schiffbautechnik, Heft 2/1967; Schneider-Carius, Die Grundschicht der Troposphäre, Leipzig 1953; Schulze, Grundbau, Leipzig 1956; Siegel, Strukturformen der modernen Architektur, Verlag Georg D. W. Callwey, München 1960; Smers, Das maschinelle Lochkartenverfahren, VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1966; Straßen- und Tiefbau, Heft 2/1962; Taschenatlas Die Weltmeere, VEB Hermann Haack Geographisch-Kartographische Anstalt, Gotha 1962; Umschau in Wissenschaft und Technik, Heft 6/1965; VDI-Zeitschrift 106, Heft 20/Juli 1964; VEB Waschgerätewerk Schwarzenberg; Weyers Flottentaschenbuch, XLVII. Jahrgang 1965, J. F. Lehmann Verlag München; Wie funktioniert das? Bibliographisches Institut, Mannheim 1963; Wissenschaftliche Zeitschrift der Karl-Marx-Universität 1966/67; Zill, Messen und Lehren im Maschinen- und Feingerätebau, Leipzig 1956.

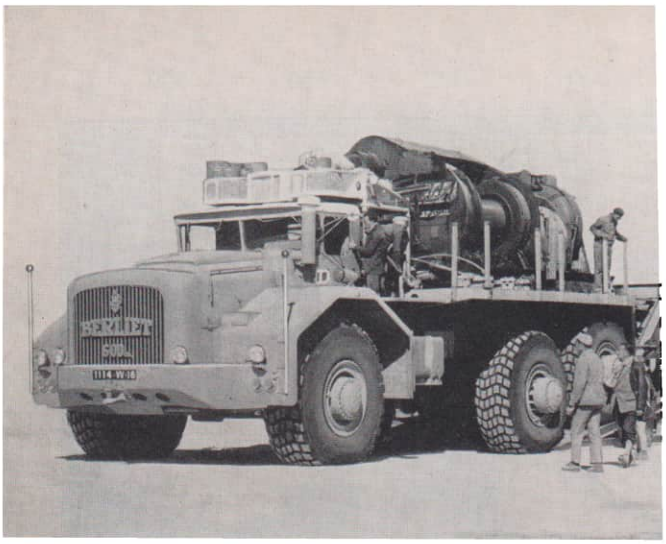
TAFELVERZEICHNIS

Farbe 1
Kraftwagen I 2
Kraftwagen II 3
Vierfarben-Buchdruck 4
Farbfernsehen 5
Eisenbahn I 6
Eisenbahn II 7
Eisenbahn III 8
Verbrennungskraftmaschinen 9
Luftfahrzeuge I 10
Luftfahrzeuge II 11
Schiffe I 12
Schiffe II 13
Fördertechnik 14
Militärtechnik I 15
Militärtechnik II 16
Militärtechnik III 17
Raumfahrt I 18
Raumfahrt II 19
Bergbau I 20
Bergbau II 21
Chemieindustrie I 22
Chemieindustrie II 23
Chemieindustrie III 24
Chemieindustrie IV 25
Metallurgie I 26
Metallurgie II 27
Fertigungstechnik I 28
Fertigungstechnik II 29
Fertigungstechnik III 30
Werkstoffprüfung 31
Holz und Papier 32
Glas 33
Polygraphische Maschinen 34
Textilmaschinen 35
Landtechnik 36
Meteorologie 37
Elektroenergieerzeugung 38
Elektrische Maschinen 39
Hochbau I 40
Hochbau II 41
Tiefbau I 42
Tiefbau II 43
Kerntechnik 44
Angewandte Radiochemie 45
Messen, Steuern, Regeln 46
Elektronische Datenverarbeitung 47
Fernsehtechnik 48
Rundfunktechnik, Funkortung 49
Radar 50
Fernschreib- und Fernsprechtechnik 51
Mikroskopie 52
Laser, Photogrammetrie 53
Photographie 54
Filmtechnik 55
Astronomie 56

Tafel 1

Farbe. I Sonnenspektrum mit einigen wichtigen Frauenhoferschen Linien. **II** 24teiliger Farbkreis. Nach W. Ostwald werden die Farbtöne mit 1 bis 24 bezeichnet. Der Farbkreis entsteht durch Zusammenbiegen des Sonnenspektrums unter Einschaltung der Purpurfarben 8 bis 11 zwischen Violett und Rot. **III** Additive Farbmischung. Durch Überlagerung von drei Farben entsteht der Farbeindruck Weiß. **IV** Subtraktive Farbmischung. Durch Filterung derselben drei Farben entsteht der Farbeindruck Schwarz. **V** Normfarbtafel für Normlichtart C mit Mittelpunktsvalenz E. Die vom Spektralfarbenzug und der Verbindungsgeraden seiner Endpunkte, der Purpurgeraden, umschlossene Fläche enthält die Farborte aller reellen Farben. **VI** Farbtongleiches Dreieck nach W. Ostwald; Abtönung einer roten Vollfarbe pa des Farbtones 7 nach Weiß a und Schwarz p. Die Reihe a bis pa enthält die hellklaren, die Reihe p bis pa die dunkelklaren, die Reihe a bis p die grauen Farben; parallel zur Graureihe verlaufen die Schattenreihen. Die Farben im Innern des Dreiecks heißen trübe Farben


750
700
650
600
550
500
450
400
I
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
II
III
IV
520
530
540
550
560
570
580
590
600
610
620
630
650
700
490
480
470
460
450
400
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
V
a
c
g
l
p
ca
ga
la
pa
VI



1

2

3

4

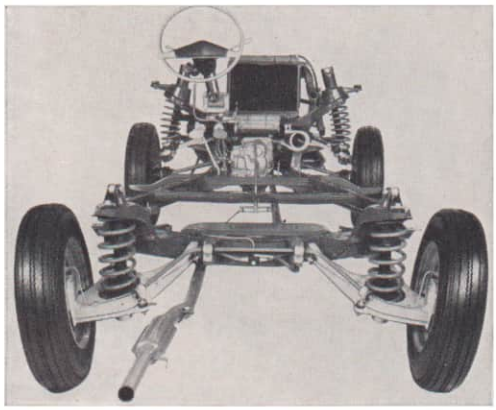
5

6

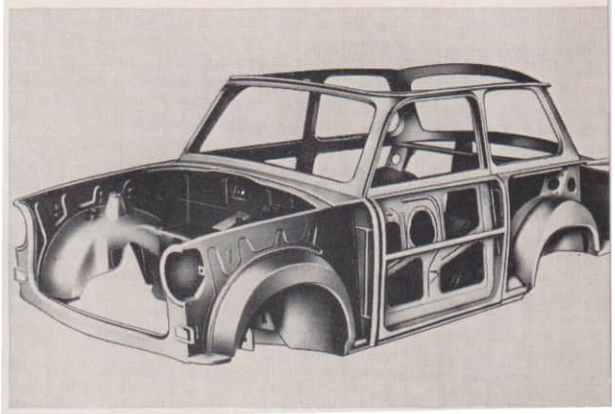
Kraftwagen I. 1 berliet T 100 (Frankreich), der größte LKW der Welt, Nutzmasse 100 t. Er ist speziell für den Einsatz in der Sahara bestimmt. **2** Gasturbinen-Lastzug von Ford (USA). **3** LKW W-50 (DDR), Nutzmasse 5 t. **4** Ein kleiner und ein großer Repräsentant der sowjetischen Kraftwagenproduktion: links Kleinwagen SAS 966 W Saporoshez (Heckmotor), rechts Selbstkipper BELAS 540 (Nutzmasse 27 t). **5** Barkas B 1000 (DDR), Ausführung Kombiwagen, Nutzmasse 910 kg. **6** PKW Wartburg 1000-353 (DDR), Hubraum 991 cm³, Leistung 42 PS, Höchstgeschwindigkeit 130 km/h

1

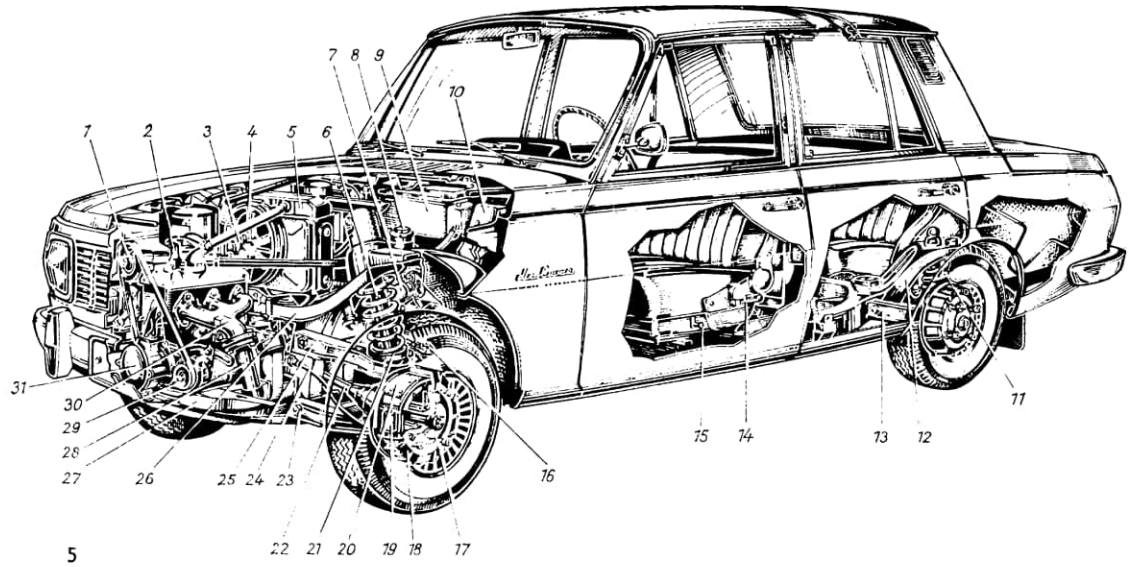
2



3



4

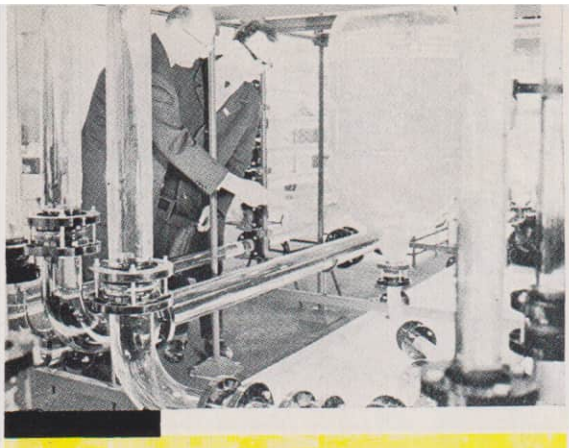


5

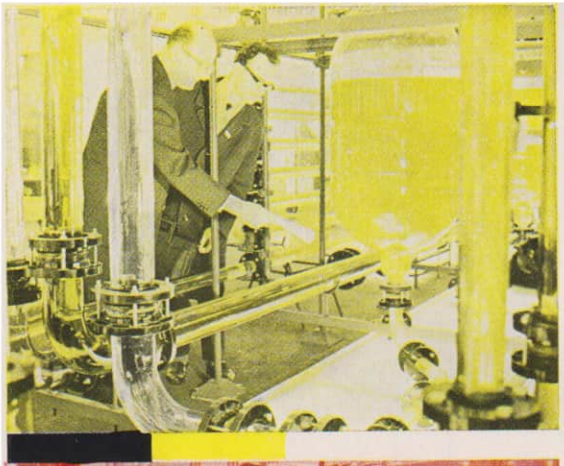
Kraftwagen II. 1 Montagefließstraße für PKW Wartburg 1000-353. **2** Montagefließstraße für PKW Trabant 601 (Endmontage). **3** Chassis des PKW Wartburg 1000-353. **4** Mit Stahlblechgerippe zur selbsttragenden Karosserie verschweißter Plattformrahmen des Trabant 601. **5** Röntgenaufnahme des Wartburg 1000-353: *1* Antrieb für Wasserpumpe und Lüfter, *2* Zündkerzenstecker, *3* Einbau-Wasserpumpe im Zylinderkopf, *4* Leitring des Lüfters, *5* Kühler, *6* vorderer Stoßdämpfer, *7* Lenkung, *8* Vorratsbehälter für Bremsflüssigkeit, *9* Wärmetauscher für Heizung, *10* Scheibenwischermotor, *11* hintere Schraubenfeder, *12* hinterer Federträger, *13* hinterer Schräglenker, *14* Rückenlehnenverstellung, *15* Sitzverstellung, *16* Spurstangengelenk, *17* Radnabe, *18* Bremstrommel mit Kühlrippen, *19* Radbremszylinder, *20* Bremsbacke, *21* vordere Schraubenfeder, *22* nadelgelagerte Doppelgelenkwelle, *23* unterer Querlenker, *24* Bremsschlauch, *25* oberer Querlenker, *26* vorderer Federträger, *27* vorderer Querträger des Rahmens. *28* Hauptschalldämpfer der Auspuffanlage, *29* Lichtmaschine mit Riemenscheibe, *30* Auspuffkrümmer, *31* Anbau-Dreihebelunterbrecheranlage

Tafel 4

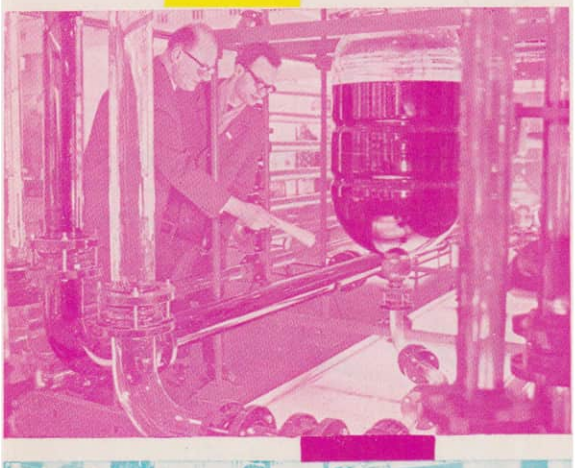
Vierfarben-Buchdruck. **1** Schwarz-Platte. **2** Gelb-Platte. **3** Zusammendruck der Schwarz- und Gelb-Platte. **4** Rot-Platte. **5** Zusammendruck der Schwarz-, Gelb- und Rot-Platte. **6** Blau-Platte. **7** Zusammendruck aller vier Farbplatten (Reihenfolge der Platten nach TGL 5171)

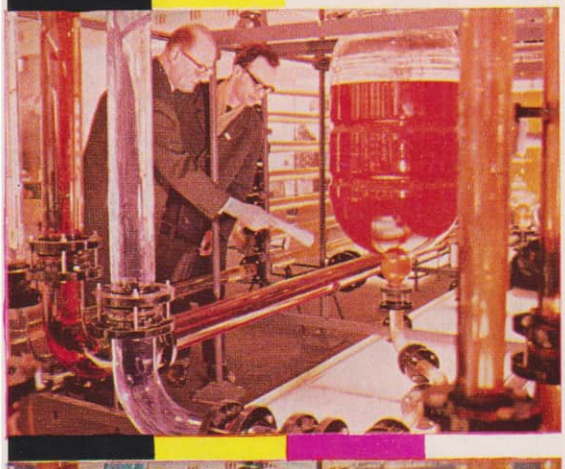


1

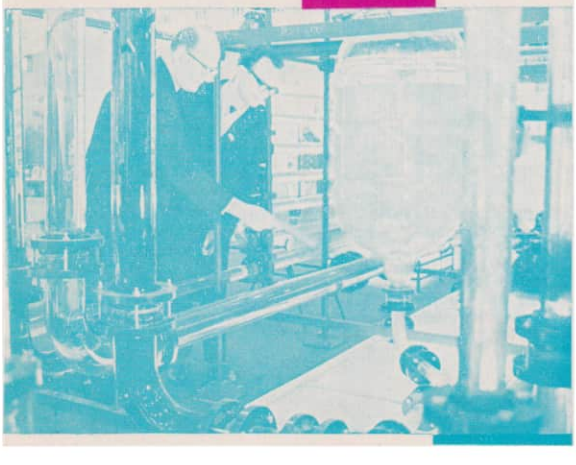


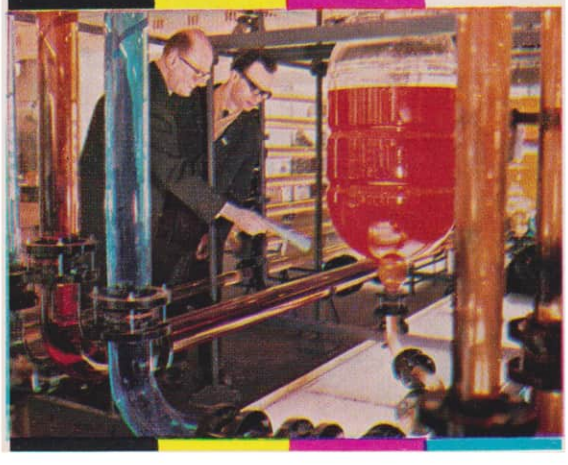
2 · 3



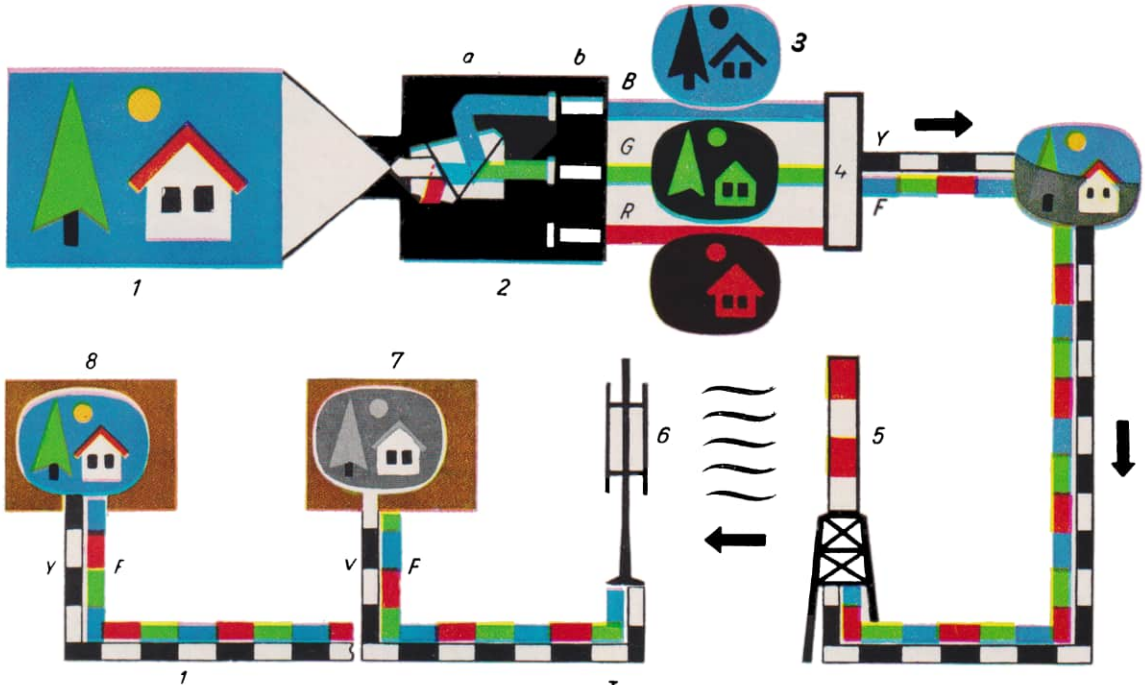


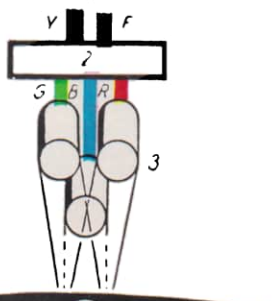
4 · 5

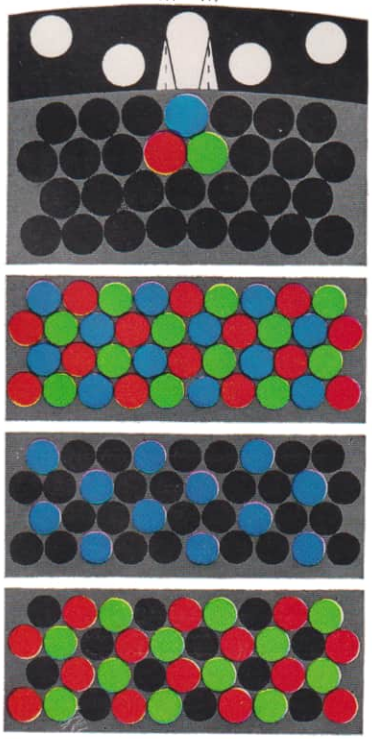


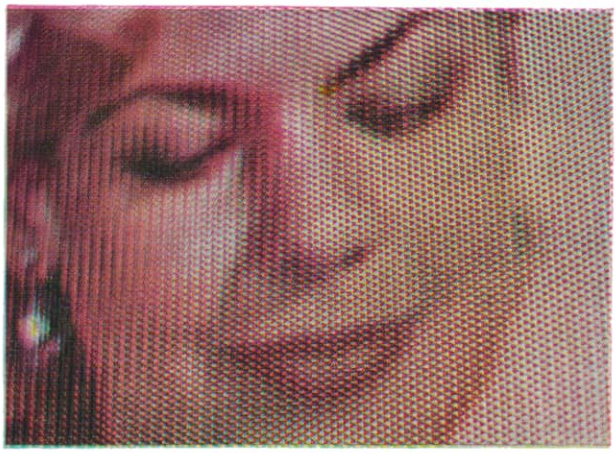


6 · 7



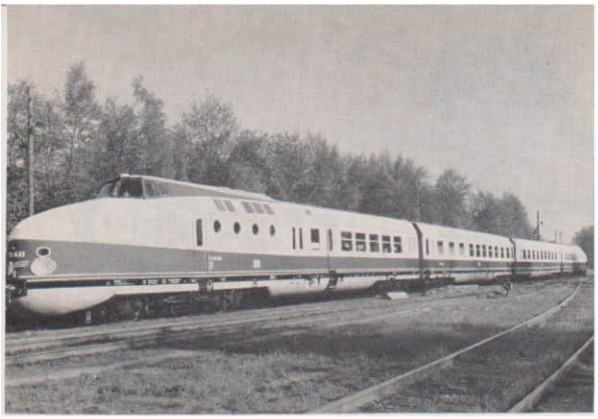






III

Farbfernsehen. I Schematische Darstellung. Das Szenenbild (1) wird in der Kamera (2) mittels Farbteileroptik (a) in die Farbauszüge Rot (R), Grün (G) und Blau (B) zerlegt. Jeder Farbauszug wird mit eigener Bildaufnahmeröhre (b) in ein Bildsignal (3) umgewandelt. Der Farbcoder (4) bildet aus den R-, G- und B-Signalen ein Helligkeitssignal Y und ein Farbsignal F. Diese werden einem hochfrequenten Träger so verschachtelt aufmoduliert, daß sie wie ein Schwarz-Weiß-Fernsehsignal über einen Sender (5) ausgestrahlt werden können. Mittels Antenne (6) werden die Signale empfangen und erzeugen im Farbfernsehempfänger (8) ein farbiges Bild. Mit einem Schwarz-Weiß-Empfänger (7) wird nur Y zu einem Schwarz-Weiß-Bild verarbeitet. **II Entstehung des Farbfernsehbildes im Empfänger.** Y und F (1) werden im Decoder (2) in die R-, G- und B-Signale zurückverwandelt und je einem Strahlerzeugungssystem (3) der Farbbild-Maskenröhre zugeführt. Deren Leuchtschirm besteht aus etwa 1 Million kleiner Phosphorpunkte, die rot, grün und blau aufleuchten und als Farbtripel (5) angeordnet sind. Jeder Punkt ist so klein, daß das Auge nur die additive Farbmischung nebeneinanderliegender roter, grüner und blauer Phosphorpunkte wahrnimmt, z. B. eine weiße Fläche, wenn rote, blaue und grüne Punkte gleich stark aufleuchten (6), oder die Farbe Gelb, wenn rote und grüne Punkte aufleuchten (8). Jede Gruppe von Phosphorpunkten wird von einem Strahlerzeugungssystem angesteuert. Eine Lochmaske (4) zwischen Strahlerzeugungssystemen und Leuchtschirm enthält für jeweils ein Farbtripel ein Loch. Sie bewirkt, daß z. B. der Strahl des blauen Strahlerzeugungssystems nur blau leuchtende Phosphorpunkte trifft (7). **III** Aus rot, grün und blau leuchtenden Phosphorpunkten aufgebautes Farbfernsehbild



1

2

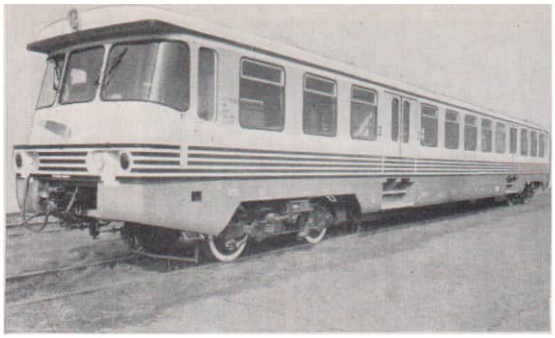
3

4

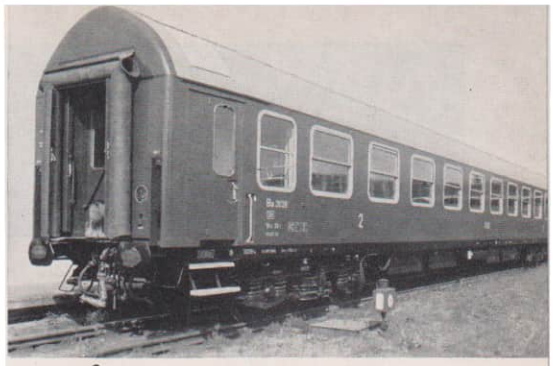
5

6

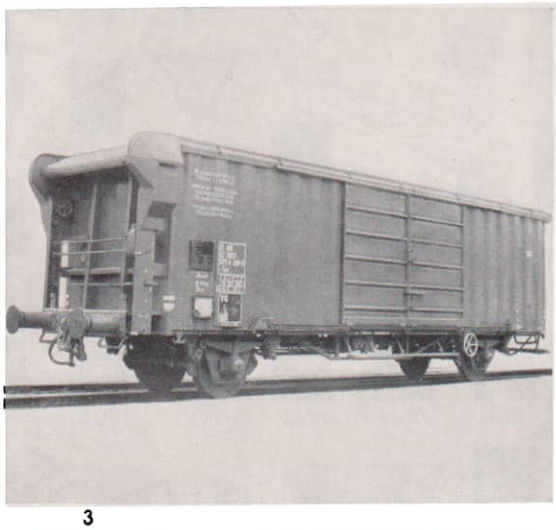
Eisenbahn I. 1 Vierteiliger Dieselschnelltriebzug Typ SVT der DR. **2** Elektrischer Triebwagenzug auf der „Tokaido-Strecke II" (Japan), der zur Zeit modernsten Eisenbahnstrecke der Welt (Höchstgeschwindigkeit bei Blitzzügen 210 km/h). **3** Dieselhydraulische Lokomotive V 180 C'C' der DR. **4** Elektrische Lokomotive E 11 der DR. **5** Gasturbinenlokomotive für Personenschnellzüge (UdSSR). **6** Dampflokomotive 01535 mit Ölfeuerung der DR; diese Traktionsart läuft aus



1

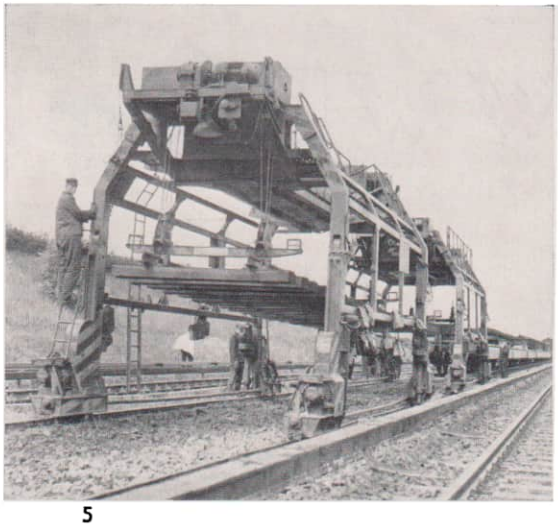


2



3

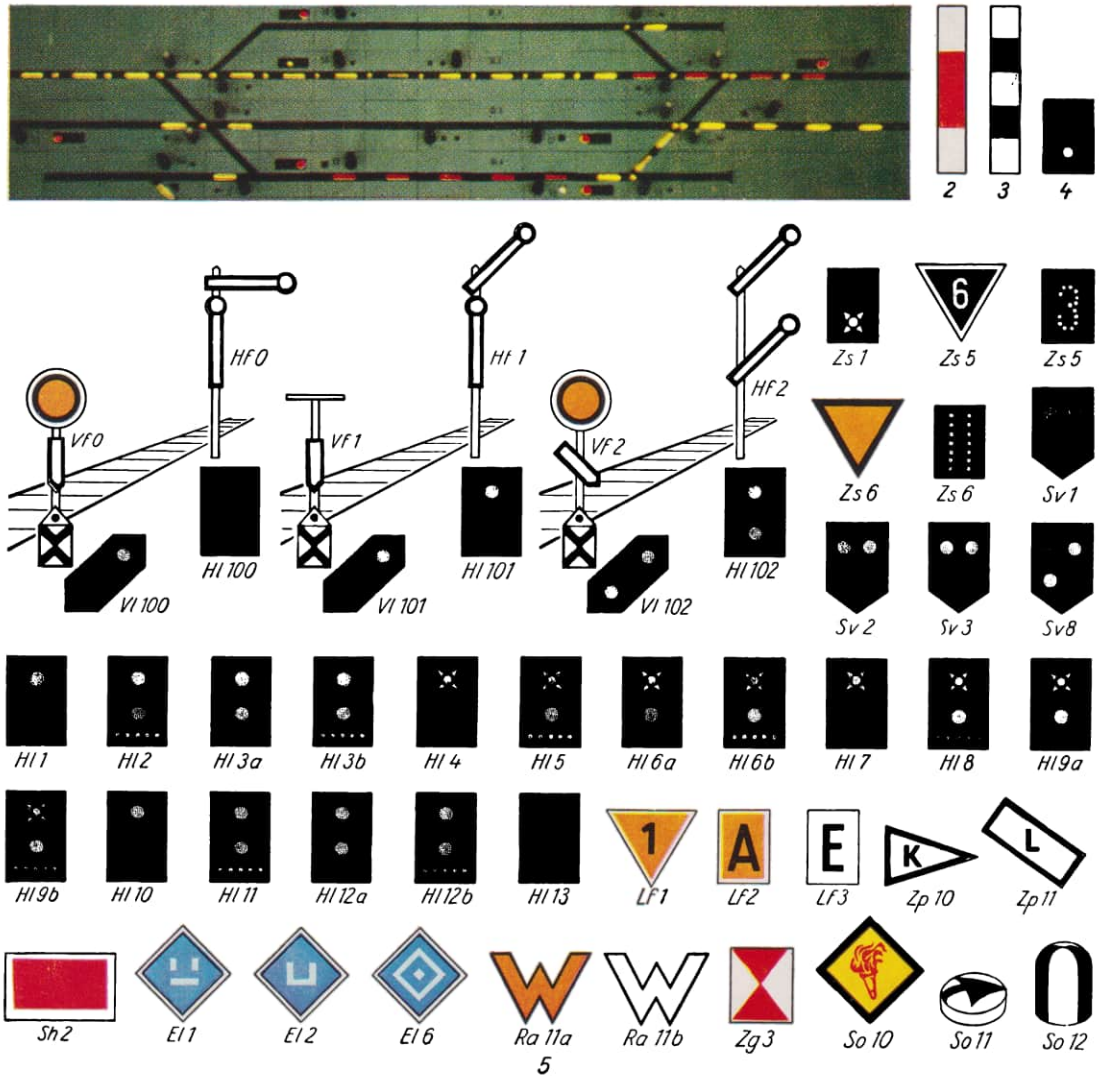
4



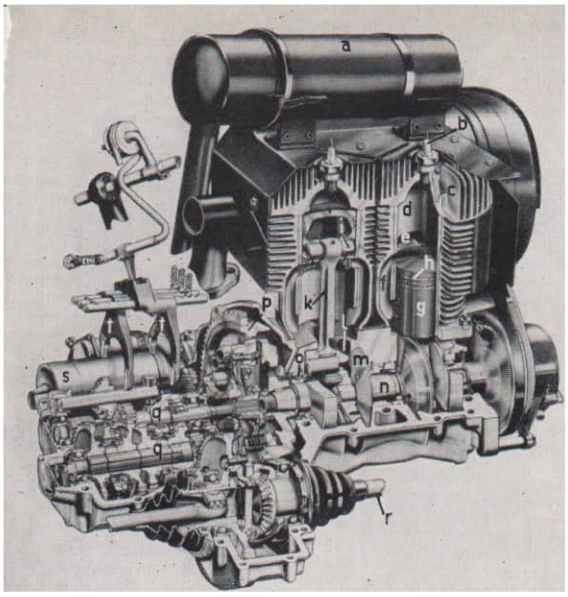
5

6

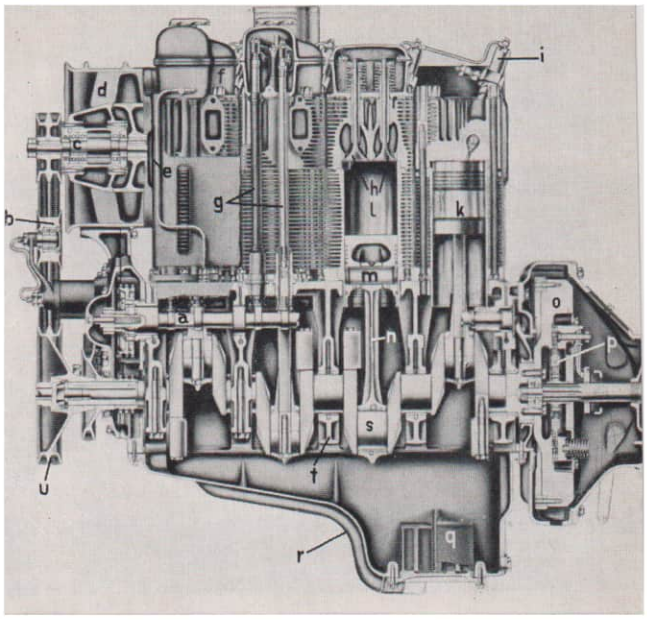
Eisenbahn II. **1** Schienenomnibus der DR. **2** Moderner Reisezugwagen Typ Y der DR. **3** Güterwagen der Französischen Staatsbahn mit verschiebbarem Dach zum leichteren maschinellen Be- und Entladen. **4** Verladen von Kühl- und Thermosbehältern vom Lastkraftwagen direkt auf Spezialwaggons (Behälterverkehr). **5** und **6** Eisenbahnbau: **5** Gleisjochverlegemaschine, **6** Schotterbettreinigungsmaschine



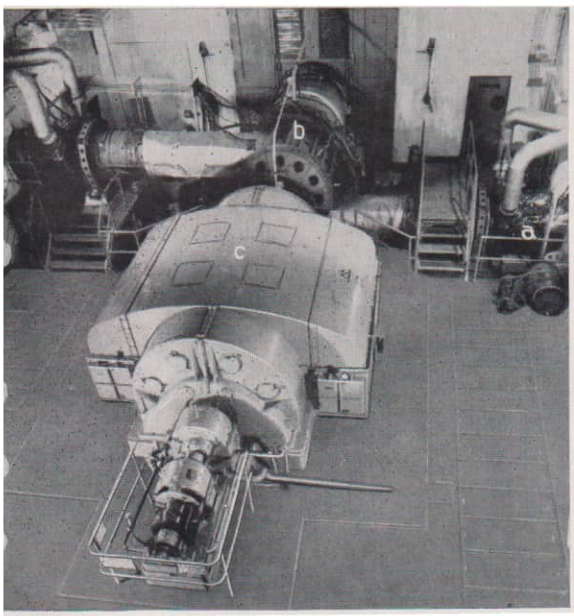
Eisenbahn III. 1 Stelltisch eines Gleisbildstellwerks (Ausschnitt), Bauform II (DR). Gleisausleuchtung: Gelbe Streifen = Fahrstraße mit entsprechender Weichenstellung verschlossen und von Fahrzeugen frei; gelbe Punkte = Fahrstraße festgelegt; rote Streifen = Gleis von Fahrzeugen besetzt. Eingestellt sind zur Zeit: Durchfahrt auf dem oberen Gleis (Zug hat Einfahrsignal bereits passiert und selbsttätig auf Halt gestellt) und Rangierfahrstraße mit Signal Ra 12 vom unteren Gleis nach rechts. **2** und **3** Mastschilder für Hauptsignale. Bei Haltstellung des Signals (oder bei erloschenem Signal) darf bei 2 nur auf Zs 1 (s. u.) oder auf schriftlichen Befehl weitergefahren werden (absolutes Halt); bei 3 darf nach 2 Minuten Halt mit ≦15 km/h auf Sicht gefahren werden (permissives Halt). **4** Kennlicht. Das Lichtsignal ist betriebsmäßig ausgeschaltet. **5** Signale der DR (Bedeutung der Abkürzungen und weitere Signale → Eisenbahnsignale). Hf 0 oder Hl 100: Halt! Hf 1 oder Hl 101: Fahrt frei! Hf 2 oder Hl 102: Fahrt frei mit höchstens 40 km/h! Zs 1: Ersatzsignal (Blinklicht). Zs 5: Zulässige Geschwindigkeit 60 bzw. 30 km/h, Zs 6: Frühhaltanzeiger (der Einfahrweg ist besonders kurz); links als Form-, rechts als Lichtsignal. Sv 1: Fahrt frei, am nächsten Signal ebenfalls Fahrt erwarten! Sv 2: Fahrt frei, Halt erwarten! Sv 3: Halt, Weiterfahrt auf Sicht! Sv 8: Fahrt frei mit Geschwindigkeitsbeschränkung, Halt erwarten! Hl 1 bis Hl 13: Bedeutung → Eisenbahnsignale (Hl 4 bis Hl 9b enthalten oben ein Blinklicht). Lf 1: Ankündigung einer Langsamfahrstelle (nur 10 km/h zulässig). Lf 2 und Lf 3: Anfang und Ende der Langsamfahrstelle. Zp 10: Lokführer soll kürzeste Fahrzeit anstreben! Zp 11: Langsamer fahren! Sh 2: Haltscheibe. El 1: Hauptschalter von Triebfahrzeugen müssen ausgeschaltet sein! El 2: Wiedereinschalten erlaubt! El 6: Halt für Fahrzeuge mit Stromabnehmer! Ra 11a und Ra 11b: Halt für Rangierfahrten! Zg 3: Zugschlußsignal, wird bei Tag am letzten Wagen angebracht. So 10 (rote Brandfackel): Brandgefahr, Funkenflug vermeiden! So 11: Isoliergrenze eines Gleisstromkreises. So 12: Grenzzeichen (→ Weiche)



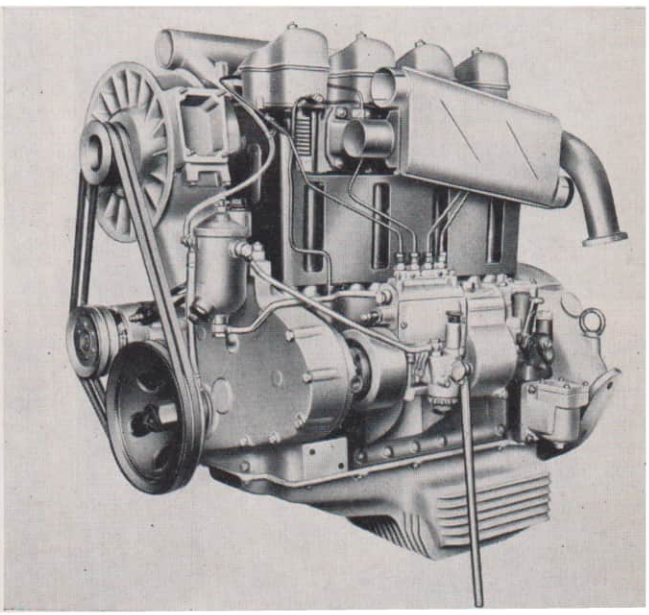
1



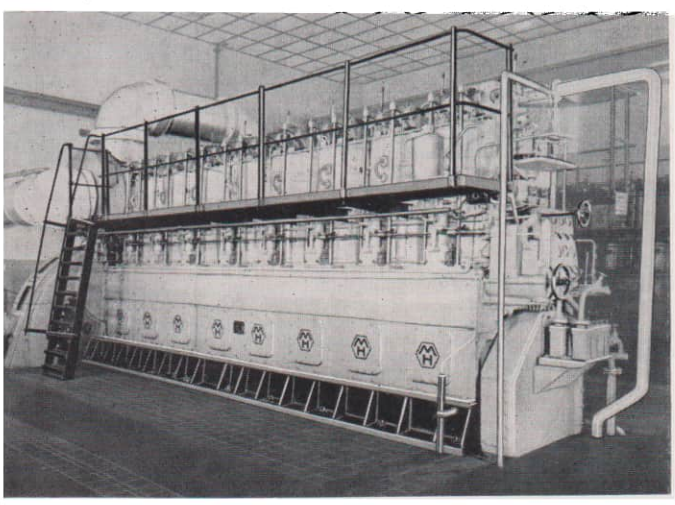
2



5



3



4

Verbrennungskraftmaschinen. **1** Schnitt durch einen Zweitakt-Ottomotor (PKW Trabant 601). *a* Luftfilter, *b* Zündkerze, *c* Kühlrippen, *d* Zylinder, *e* Auspuffkanal, *f* Überströmkanal, *g* Kolben, *h* Kolbenringe, *i* Kolbenbolzen, *k* Pleuelstange, *l* Einlaßkanal, *m* Drehschieber, *n* Kurbelwelle, *o* Kurbelwellenlager, *p* Schwungscheibe mit Anlasserzahnkranz, *q* Getriebewellen, *r* Achsantriebswelle, *s* Anlasser, *t* Schaltgabeln. **2** Längsschnitt durch einen Dieselmotor (Vierzylinder-Viertakt-Wirbelkammermotor mit Luftkühlung für LKW Robur). *a* Nockenwelle, *b* Spannrolle, *c* Antriebswelle für Lüfter, *d* Axiallüfter, *e* Steigleitung für Kipphebelschmierung, *f* Zylinderkopf, *g* Stößelstangen, *h* Ventile, *i* Düsenhalter, *k* Kolben, *l* Zylinder, *m* Kolbenbolzen, *n* Pleuelstange, *o* Schwungrad, *p* Kupplung, *q* Ölsieb, *r* Ölwanne, *s* Kurbelwelle, *t* Kurbelwellenlager, *u* Keilriemenscheibe. **3** Ansicht desselben Dieselmotors. **4** Dieselkraftstation mit Dieselmotor in einem Industriebetrieb. **5** Spitzenlastgasturbinenanlage (12,5 MW) mit zwei Luftstrahltriebwerken als Gaserzeuger. *a* Luftstrahltriebwerke, *b* Nutzleistungsturbine, *c* Generator

1

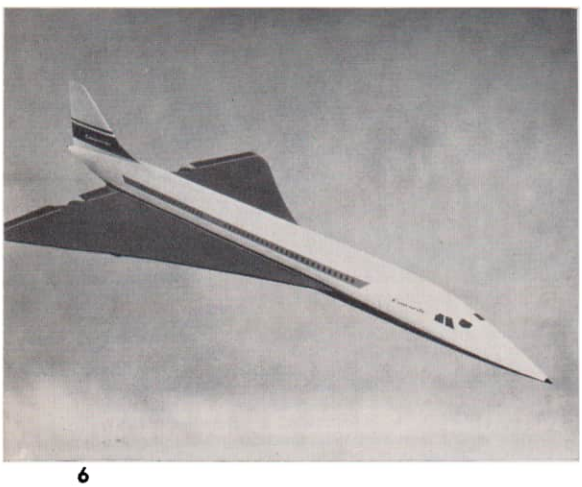
2

3

4

5

7



6

8

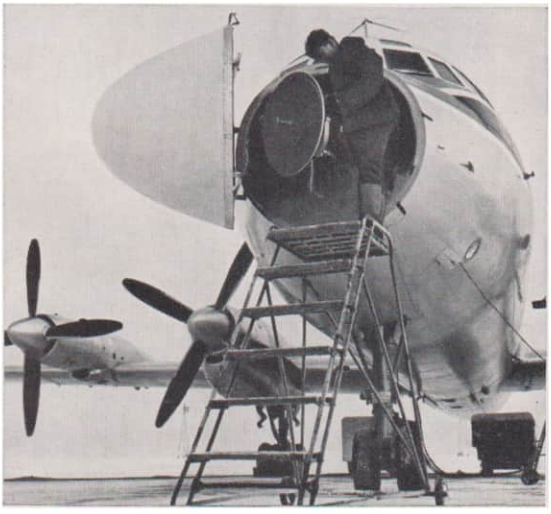
Luftfahrzeuge I. **1** Kurzstreckenverkehrsflugzeug AN-24 der Interflug (Herstellerland UdSSR). **2** Sowjetisches Mittelstreckenverkehrsflugzeug TU-134. **3** Sowjetisches Langstreckenverkehrsflugzeug IL-62. **4** Sowjetisches Frachtflugzeug AN-22, das zur Zeit größte Verkehrsflugzeug der Welt. **5** Sowjetisches Mittelstreckenverkehrsflugzeug TU 154 (zur Zeit in der Erprobung). **6** Englisch-französisches Überschall-Langstreckenverkehrsflugzeug „Concorde" (zur Zeit in der Erprobung). **7** Sowjetisches Überschalljagdflugzeug beim Start mit Unterstützung durch Starthilfe. **8** Senkrecht startendes Flugzeug (VTOL-Flugzeug) mit schwenkbaren Tragflügeln. Über die technischen Daten von 1 bis 6 → Flugzeug

1

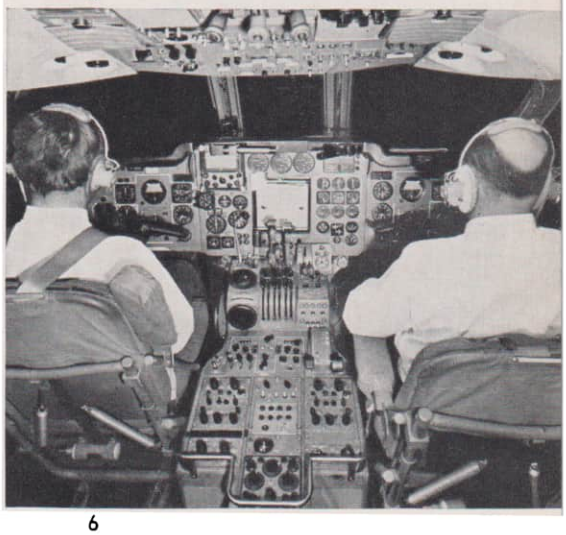
3

2

4



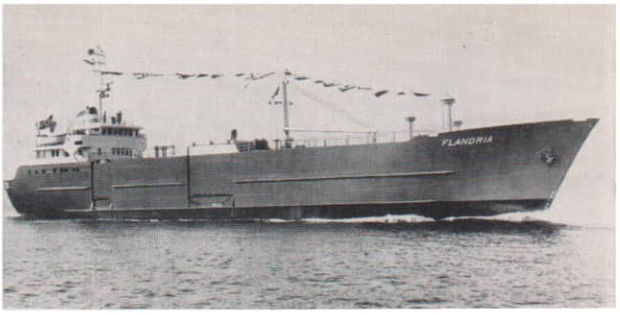
5



6

Luftfahrzeuge II. **1** Sowjetischer Lastenhubschrauber MI-10 mit angehängtem Omnibus. **2** Sowjetischer Lastenhubschrauber MI-6, der zur Zeit größte Hubschrauber der Welt, beim Transportieren schwerer Lasten. **3** Englisches Doppelrumpf-Frachtflugzeug Hawker Siddeley Argosy. **4** Mehrzweckflugzeug L-60 der Interflug (Herstellerland ČSSR) beim Düngerstreuen. **5** Bug einer IL-18 mit Bordradar hinter einer Plastverkleidung. **6** Cockpit eines englischen Verkehrsflugzeuges mit Einrichtung zur automatischen Landung (die Piloten haben zur Demonstrierung der automatischen Landung die Hände von den Bedienungshebeln abgehoben). Weiteres siehe Tafeln 17 und 47

1

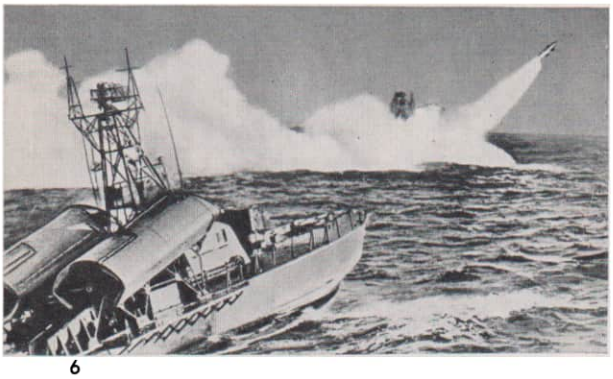


2

3

5

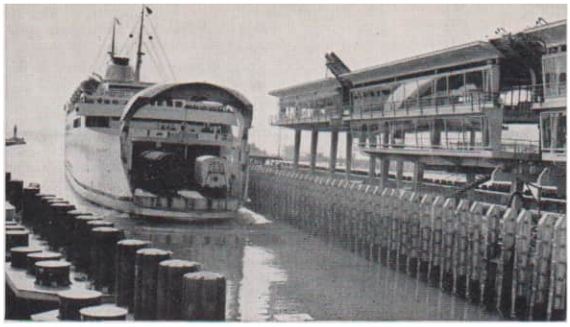
4



6

7

Schiffe I. 1 Seefahrgastschiff „Canberra" für 2238 Fahrgäste, 45270 BRT (Großbritannien). **2** Küstenfrachtschiff mit Seiten-Ladepforten (Westdeutschland). **3** Flüssiggas-Tankschiff (Schweden). **4** Sowjetisches Fang- und Gefrierschiff (Hecktrawler) vom Typ „Atlantik" (DDR-Erzeugnis); links Heckaufschleppe zum Aussetzen und Einholen des Schleppnetzes. **5** Brücke eines Fabrikmutterschiffs (Transport- und Verarbeitungsschiff) der DDR; hinten Radar-Sichtgerät, daneben Decca-Plotter, davor Steuerpult, Mitte und vorn Fischortungsstände mit Fischerei-Echographen. **6** Raketenschnellboote der Volksmarine im Einsatz. **7** Sowjetischer Geleitzerstörer; mittschiffs rechts und links Wasserbombenwerfer

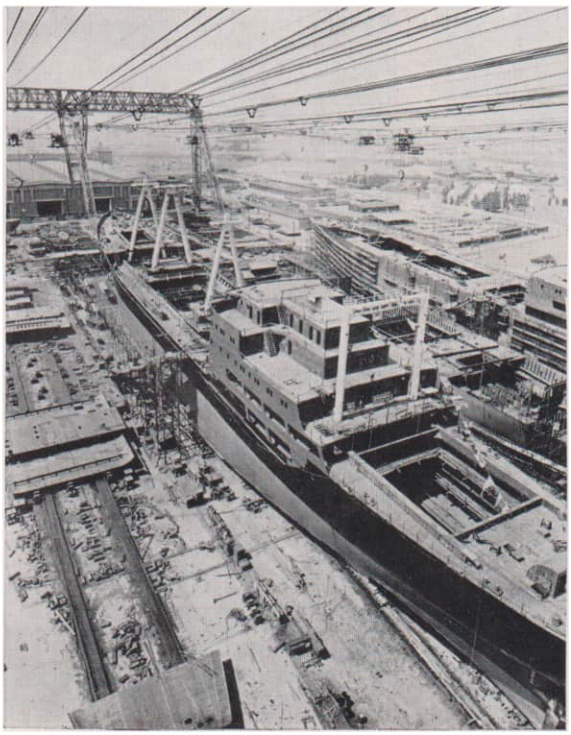


1

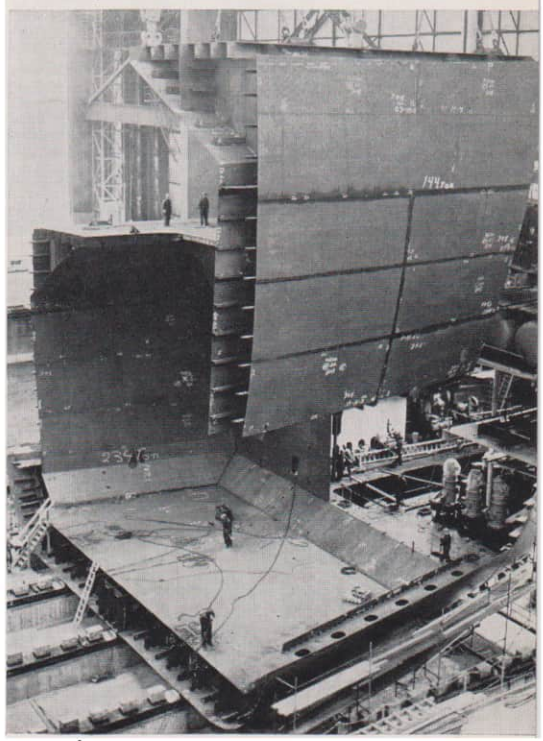
2

3

4



5



6

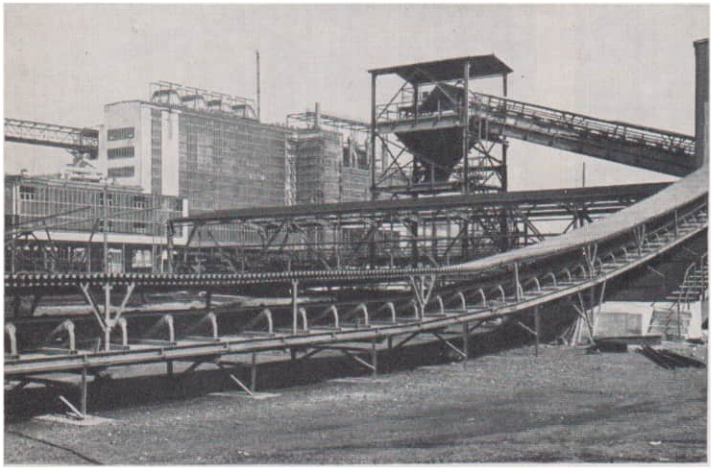
Schiffe II. 1 Eisenbahn-Fährschiff „Saßnitz" (DDR) mit geöffneter Heckklappe bei Einfahrt in den Fährhafen Saßnitz. **2** Sowjetisches Fahrgast-Tragflächenboot vom Typ „Kometa". **3** Schubschiffahrt: Aus einem Schubschiff und zwei Schubbrahmen bestehender Verband (DDR). **4** Britisches Fahrgast-Luftkissenfahrzeug (Bodeneffektgerät) SR. N 2. **5** und **6** Schiffbau: **5** Hellinge und Kabelkrananlage der Warnowwerft (DDR); links Kiellegung, daneben Ausbau von 12000-Tonnen-Motorfrachtern. **6** Zusammenbau eines Schiffskörpers in der Halle (Schweden): Ansetzen der Außenhautvolumensektion vom Heck eines Zweihüllenschiffs

1

2

3

4

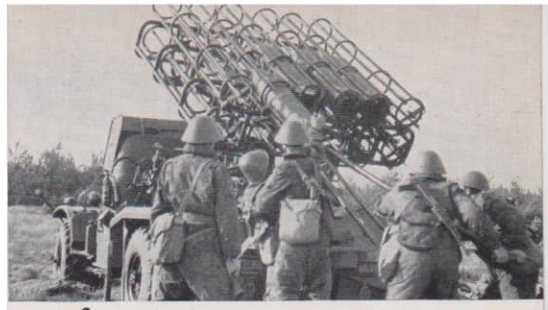


6

5

Fördertechnik. **1** Vollportalkran. **2** Mobildrehkran. **3** Einlenker-Wippdrehkran im Haferbetrieb, im Hintergrund Doppellenker-Wippdrehkrane. **4** Eisenbahndrehkran EDK 1000 t. **5** Löffelbagger (Universalbagger). **6** Gurtbandförderer in einer Brikettfabrik. Weiteres siehe Tafel 20

1



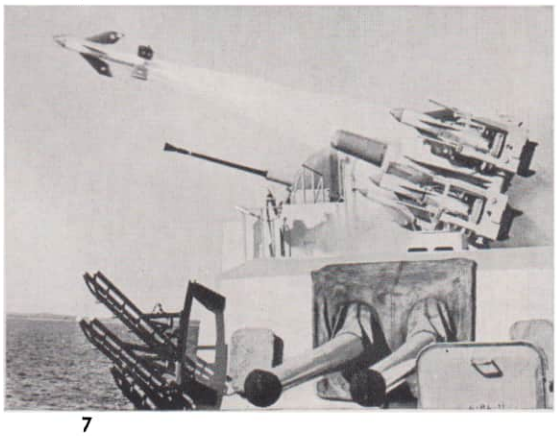
2

3

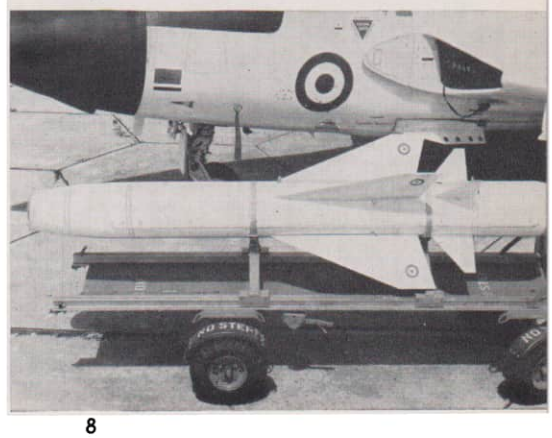
4

5

6



7



8

Militärtechnik I (Raketenwaffen). **1** Auf einem sowjetischen Panzerspähwagen aufmontierte Panzerabwehrlenkraketen in Feuerstellung. **2** Raketenwerfer der NVA während des Ladens. **3** Luftabwehrrakete der NVA beim Fertigmachen zum Start. **4** Sowjetische operativ-taktische Raketen. **5** Sowjetische Interkontinentalrakete. **6** Sowjetische Orbitalraketen. **7** Boden-Luft-Raketen (Schiff-Luft-Raketen) im Einsatz auf einem englischen Kriegsschiff. **8** Luft-Boden-Rakete eines englischen Militärflugzeuges (Lenkung durch Fernsehzielsuchkopf oder Zielanflug auf Feind-Radar)

1

2

3

4

5

6

7

Militärtechnik II. 1 Artilleriebeobachter auf einem sowjetischen Schützenpanzerwagen. **2** 152-mm-Kanonen der NVA in Feuerstellung. **3** Selbstfahrende Panzerabwehrkanone der NVA beim Stellungswechsel. **4** Rückstoßfreies Geschütz der Luftlandetruppen der ČSSR. **5** Panzerbüchse beim Abschuß. **6** Auf Panzer aufgesessene Mot.-Schützen der NVA, links mit Maschinenpistole, rechts mit leichtem Maschinengewehr. **7** Panzerbesatzung der NVA mit Schutzbekleidung bei der Spezialbehandlung nach angenommenem Einsatz von Massenvernichtungsmitteln

1

2

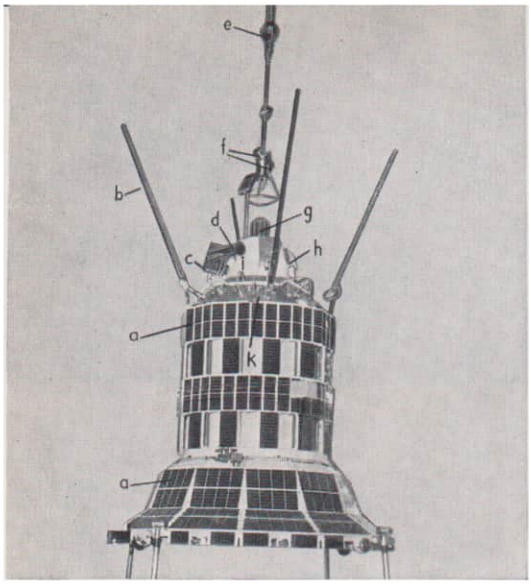
3

4

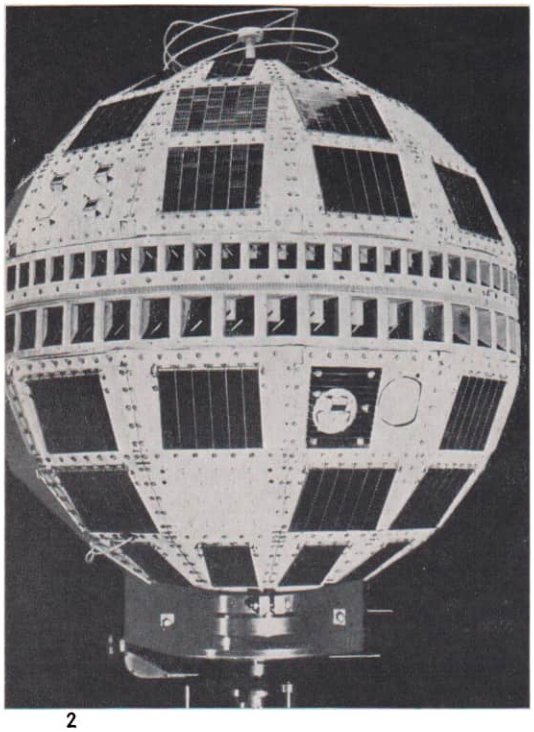
5

6

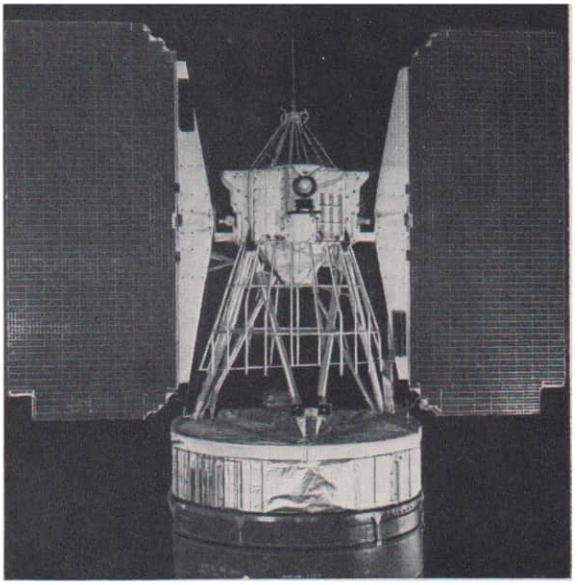
Militärtechnik III. 1 Mittlerer sowjetischer Panzer T 54 mit Minenräumgerät. **2** Polnischer Luftlandepanzer nach dem Absetzen mit einer Transportmaschine. **3** Absetzen von Aufklärern aus einem Hubschrauber der NVA. **4** Mit Lastenfallschirmen abgesetzte Technik der polnischen Luftlandetruppen. **5** Schwimm-Schützenpanzerwagen der NVA beim Überwinden eines Wasserhindernisses. **6** Anlanden von Technik mit Landungsfahrzeugen der Volksmarine



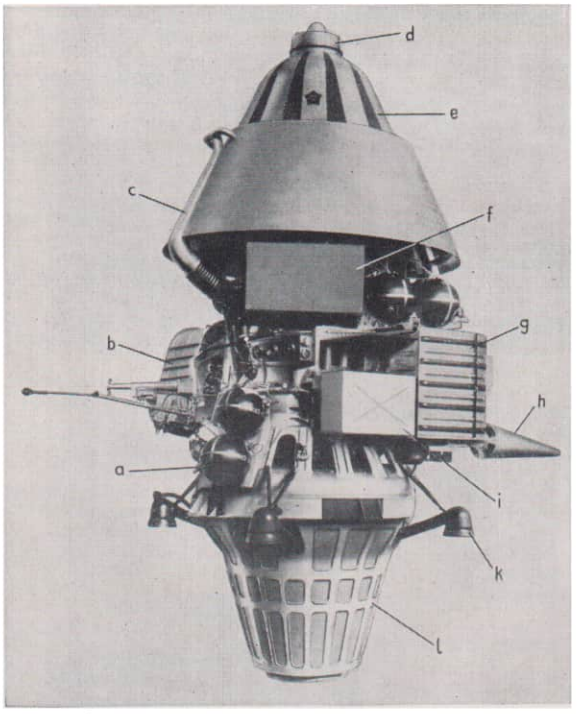
1



2

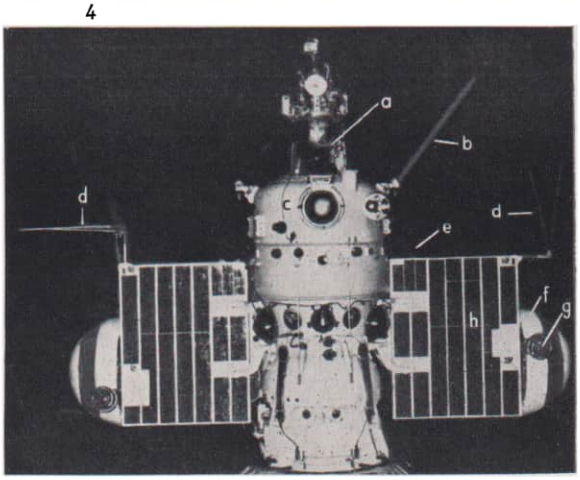


3

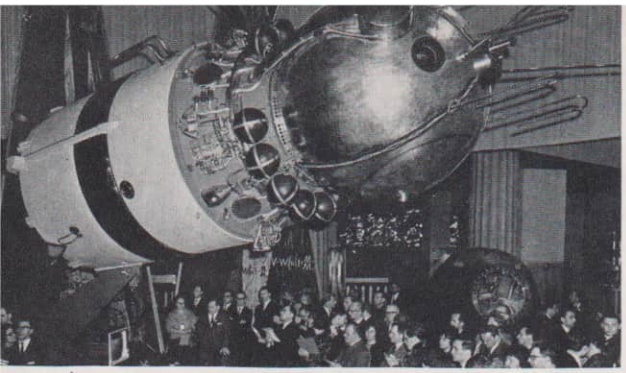


4

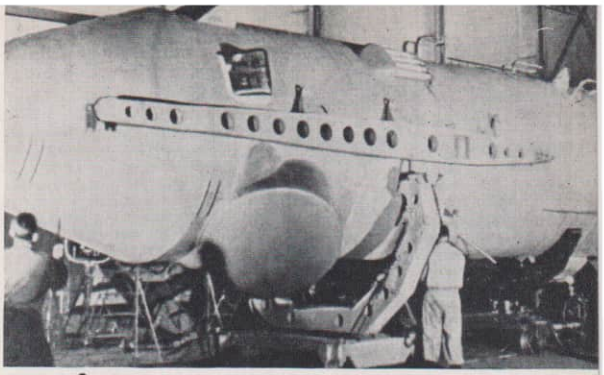
Raumfahrt I. 1 Meßsatellit Elektron 2 (UdSSR). *a* Sonnenbatterien, *b* Antennen, *c* Gerät zur Untersuchung der Energiespektren der Strahlungsgürtel, *d* Gerät zur Untersuchung der kosmischen Strahlung, *e* Magnetometer, *f* Sensor für Sonnenorientierung, *g* sphärischer Analysator zur Untersuchung des Energiespektrums von Teilchen kleiner Energie, *h* Detektor für Protonen kleiner Energie, *i* Massenspektrometer, *k* Gerät zur Untersuchung der Röntgenstrahlung der Sonne. **2** Nachrichtensatellit Telstar 1 (USA). **3** Wettersatellit Nimbus II (USA). **4** Mondsatellit Luna 12 (UdSSR). *a* Gasballon für Steuerorgane des Astronavigationssystems, *b* Fernsehkameras, *c* Kühler des Thermoregulierungssystems, *d* Radiometer, *e* Instrumentenbehälter, *f* chemische Batterie, *g* optisch-mechanisches Gerät und *i* elektronisches Gerät des Astronavigationssystems, *h* Antenne, *k* Steuermotoren, *l* Korrektur- und Bremstriebwerk. **5** Marssonde Mars 1 (UdSSR). *a* Korrekturtriebwerk, *b* Gerätezelle, *c* Stabantennen. *d* Solarzellenausleger, *e* Druckgasbehälter, *f* Sonnensucher, *g* Parabolantenne



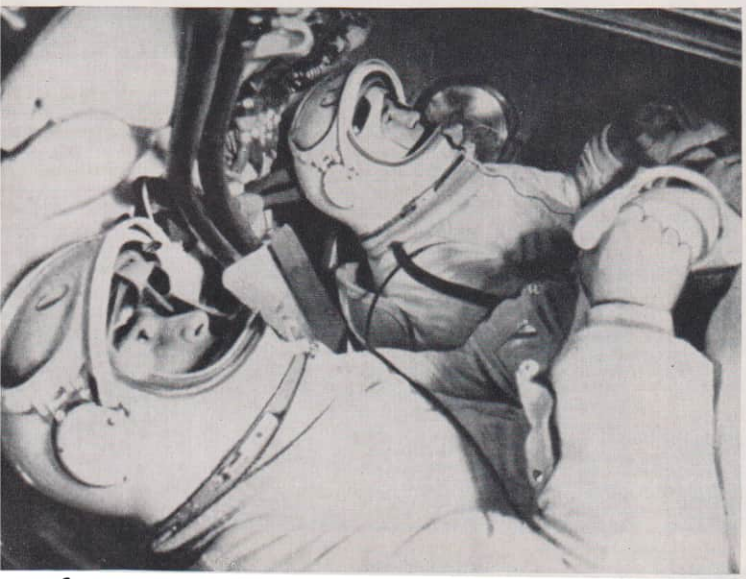
5



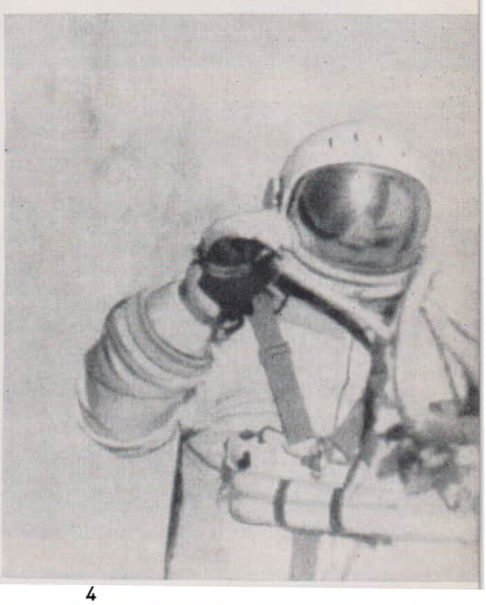
1



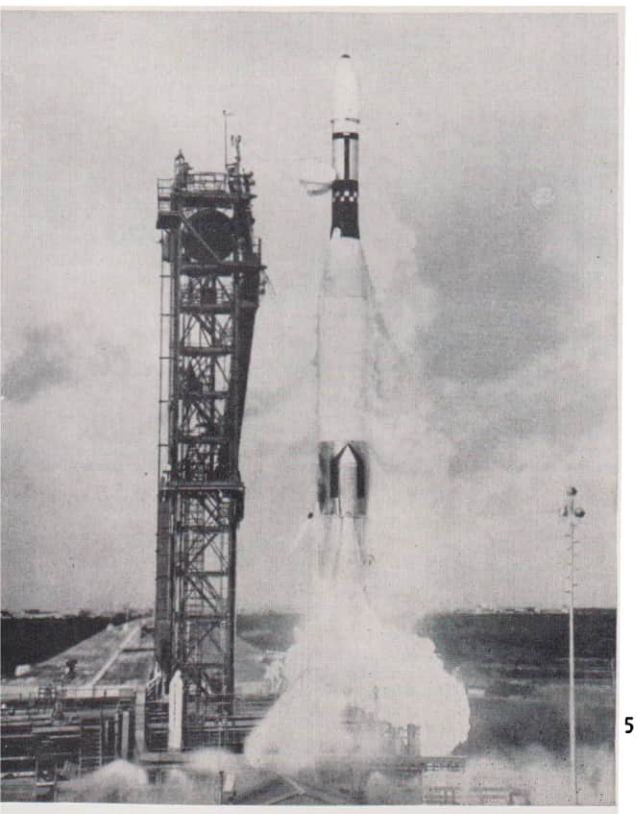
2



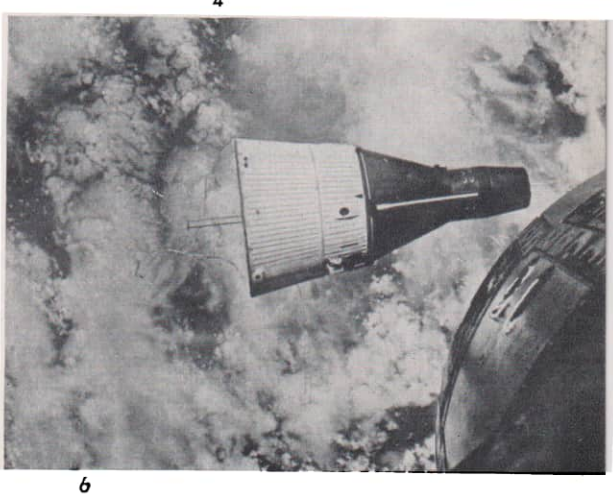
3



4



5

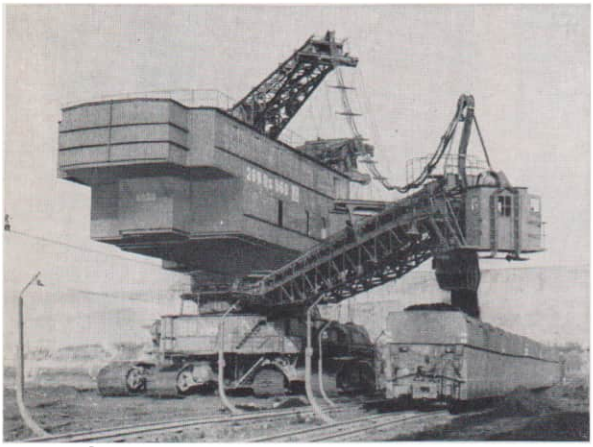


6

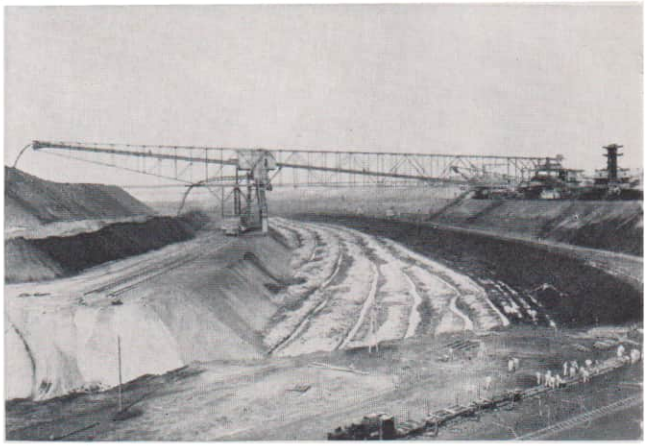
Raumfahrt II. **1** Sowjetisches Raumschiff Wostok 1, mit dem J. Gagarin am 12. 4. 1961 als erster Mensch einen Flug durch den Weltraum unternahm. Vorn die rückführbare Kapsel. **2** Sowjetisches Raumschiff Wos'chod 2 bei der Vorbereitung zum Start (1965). **3** Die sowjetischen Kosmonauten A. Leonow und P. Beljajew in der Kabine des Raumschiffes Wos'chod 2. **4** Der sowjetische Kosmonaut A. Leonow hat das Raumschiff Wos'chod 2 verlassen und schwebt als erster Mensch frei im kosmischen Raum (18. 3. 1965). **5** Start einer Trägerrakete der USA (Atlas-Agena mit Marssonde Mariner 4). **6** Rendezvous-Manöver zwischen den USA-Raumschiffen Gemini 6 (im Vordergrund) und Gemini 7 (1966)

1

2



3



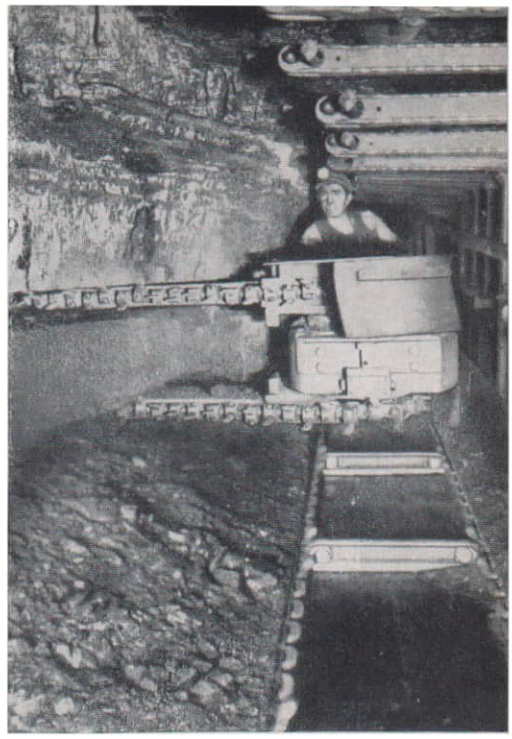
4

5

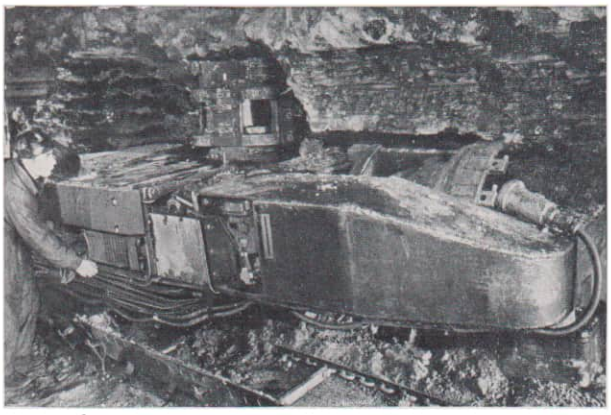
6

Bergbau I. 1 bis **4** Braunkohlentagebau: **1** Für Zugbeladung eingerichteter Eimerkettenschwenkbagger im Hochschnitt. **2** Schaufelradbagger zum Abräumen der Deckgebirgsschichten. **3** Gewinnung und Verladung der Rohkohle. **4** 45-m-Abraumförderbrücke. **5** und **6** Kalibergbau: **5** Großlochbohrwagen. **6** Doppelfrässcheibenlader beim Beladen eines Schwerlasttransporters

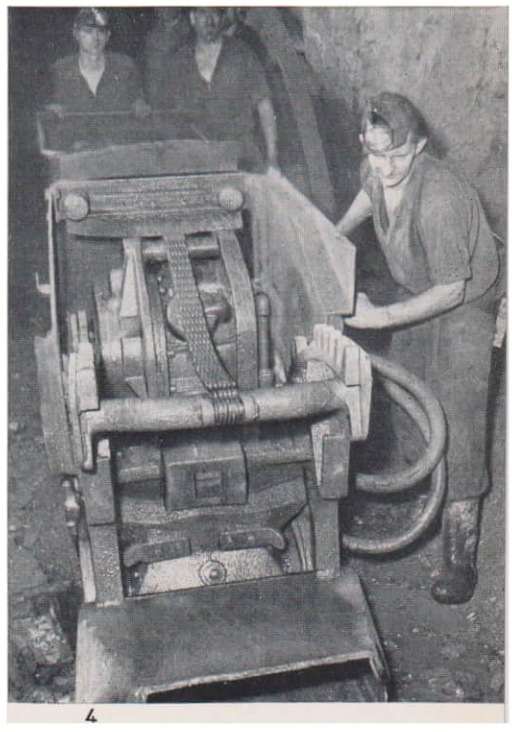
1



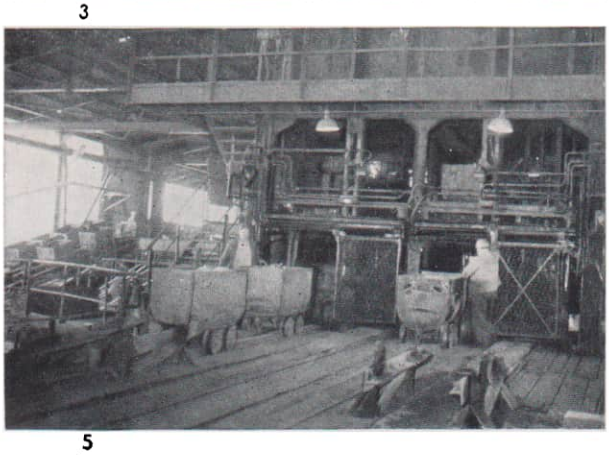
2



3

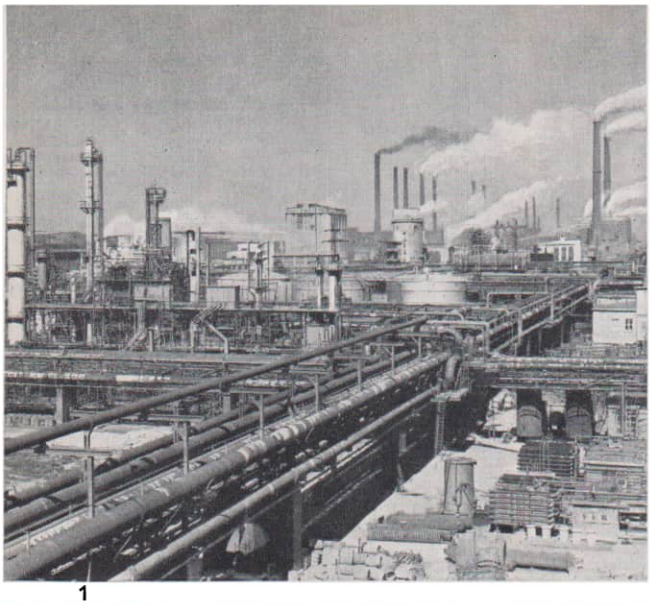


4

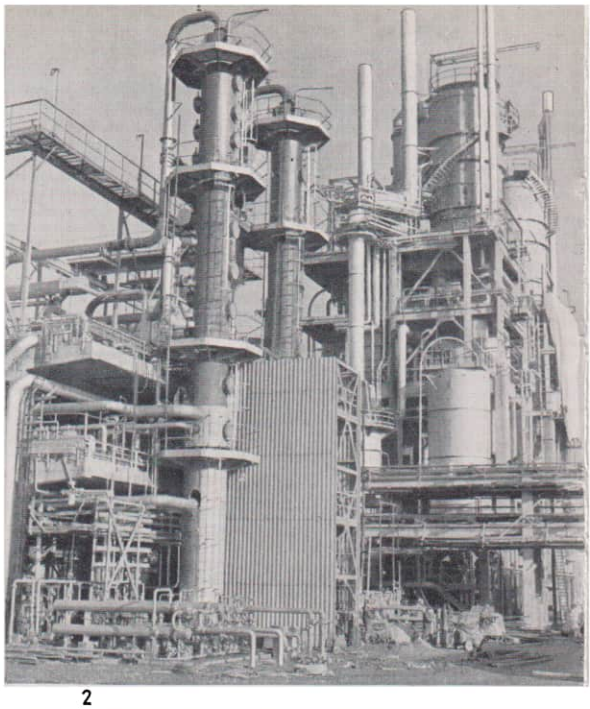


5

Bergbau II. 1 bis **4** Steinkohlenbergbau: **1** Hydromechanische Gewinnung von Steinkohle. **2** Lösen der Steinkohle mit der Schrämmaschine. **3** Einsatz der Kohlenkombine. **4** Streckenvortrieb mit dem Überkopfschaufellader. **5** Lastseite einer Hängebank im Kupferschieferbergbau, links im Hintergrund eine Überhebekettenbahn

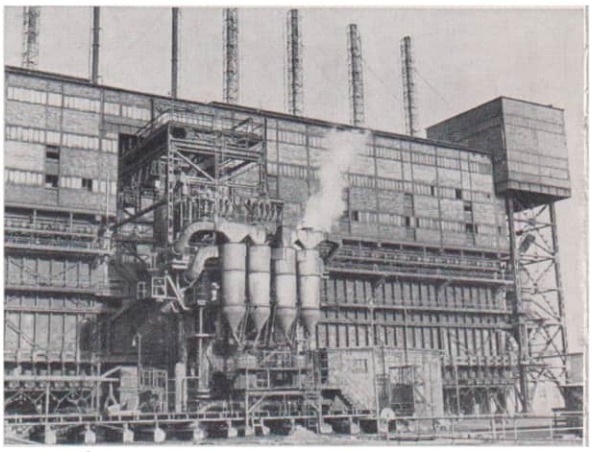


1



2

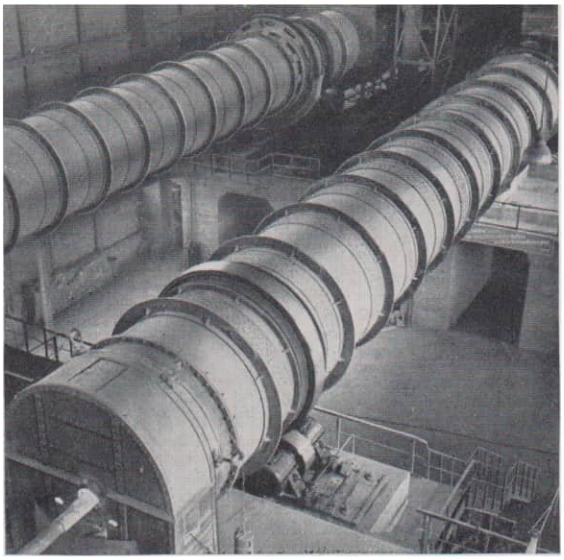
3



4

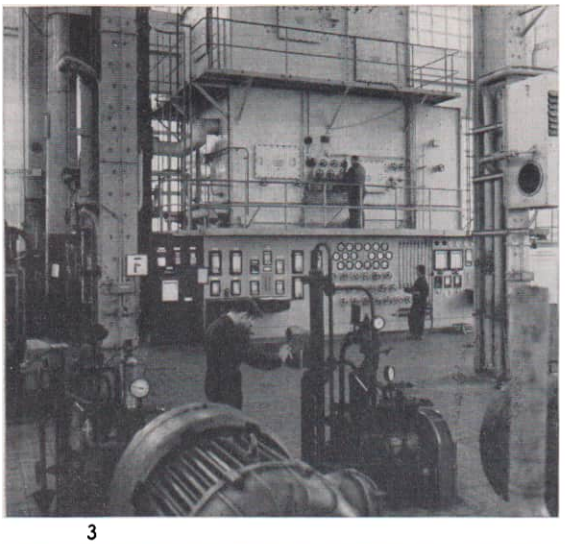
5

Chemieindustrie I. 1 bis **3** VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht": **1** Teilansicht von Süden. **2** Benzinspaltanlage, Werk II. **3** Anlage zur Einfärbung und Homogenisierung des in Werk II hergestellten Hochdruckpolyäthylens. **4** und **5** VEB Braunkohlenkombinat Lauchhammer: **4** Ofenbatterie zur Herstellung von Braunkohlenhochtemperaturkoks; in der Mitte Trockenkokskühler mit Gasentstaubungseinrichtungen. **5** Turmtropfkörper zur biologischen Reinigung von phenolhaltigem Abwasser der Kokerei

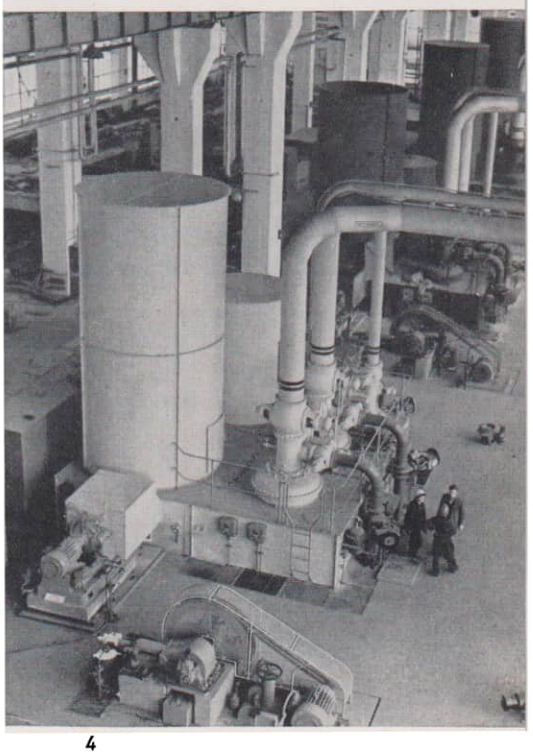


1

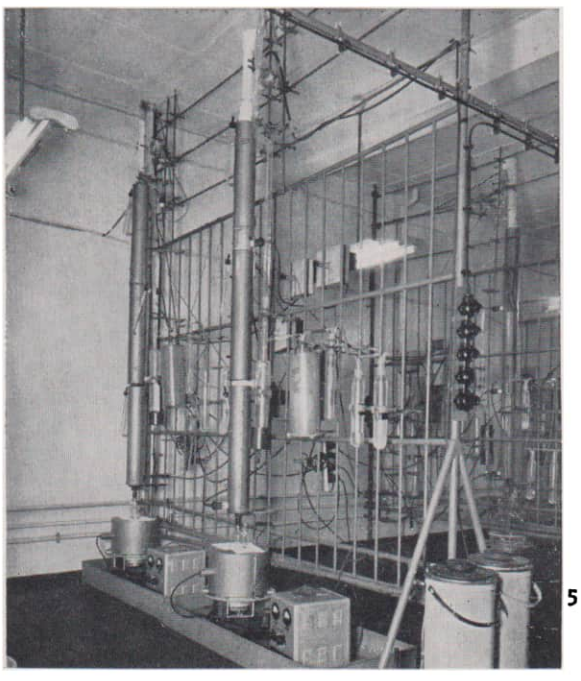
2



3

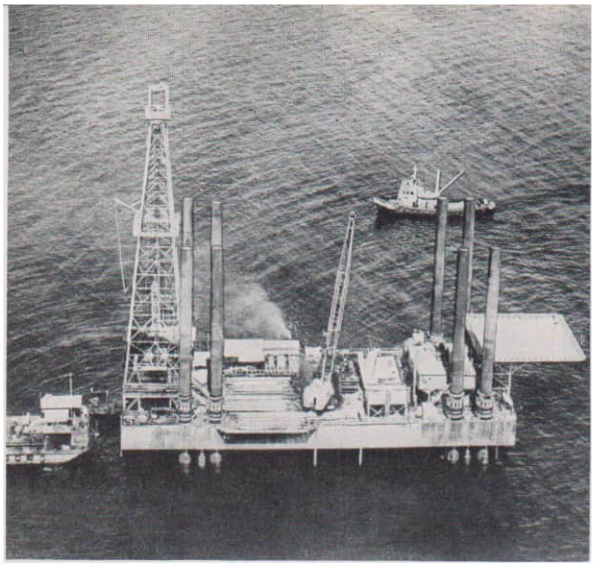


4

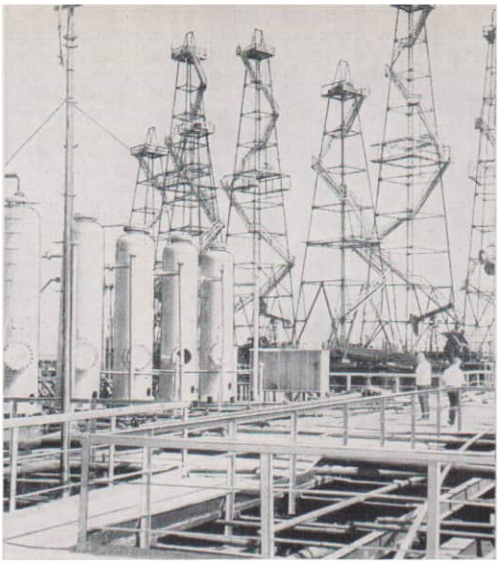


5

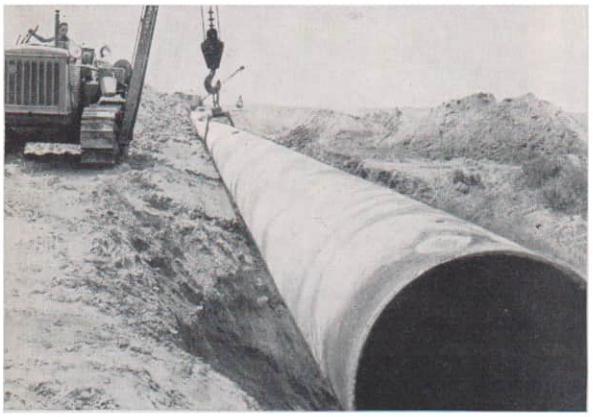
Chemieindustrie II. **1** Drehrohröfen zur Herstellung von Zement und Schwefelsäure aus Gips (oder Anhydrit), Ton, Sand und Koks; vorn die Brenndüse. **2** Reaktionsöfen zur Salzsäuregewinnung. **3** Anlage zur Gewinnung von Argon. **4** Trenner einer Luftzerlegungsanlage zur Gewinnung von Sauerstoff. **5** Anlage zur Feinstreinigung von Germanium



1

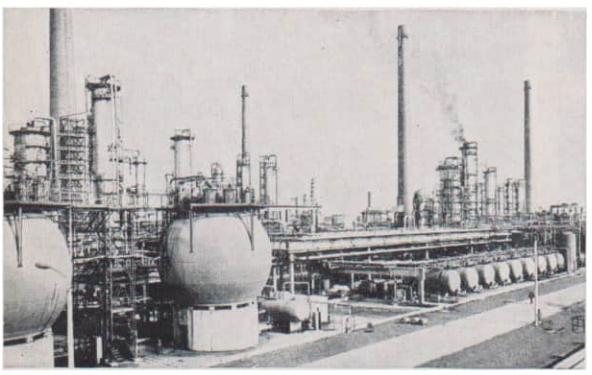


2



3

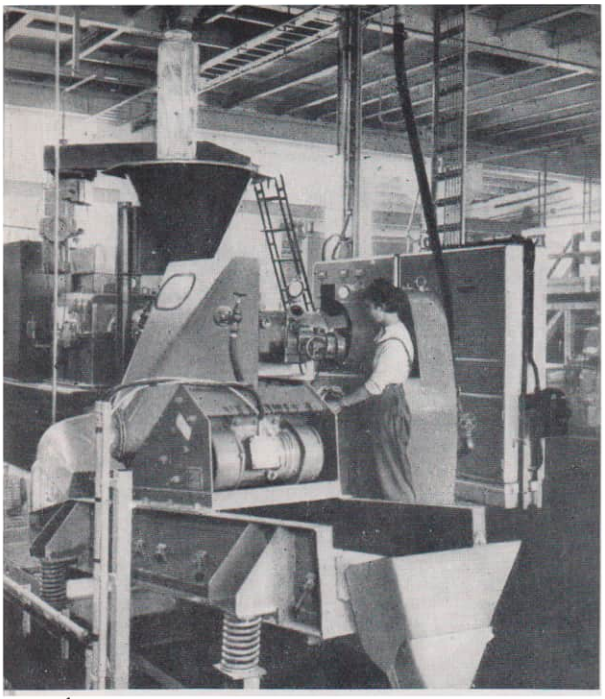
4



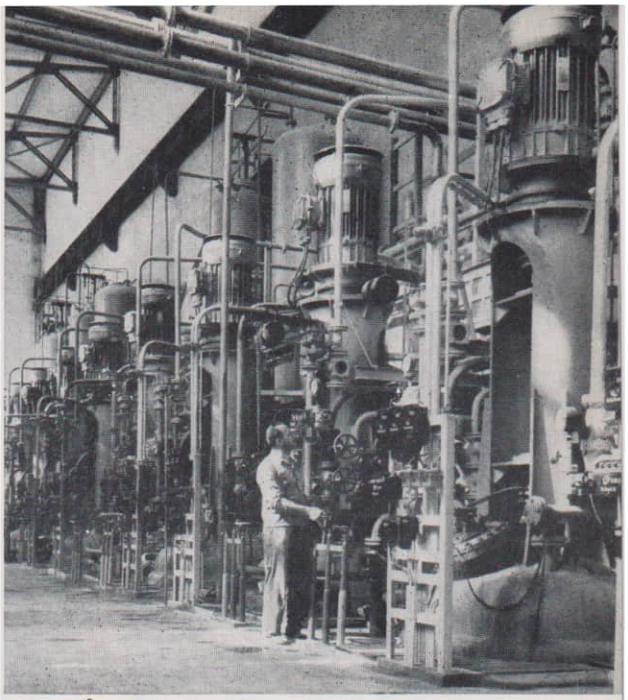
5

6

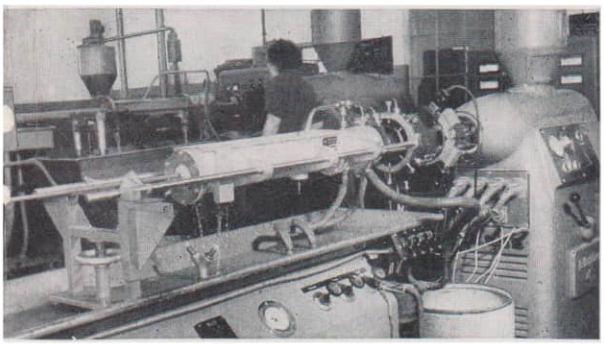
Chemieindustrie III (Erdölchemie). **1** Bohrinsel im Atlantischen Ozean (bei Trinidad) zur Unterwasserbohrung auf Erdöl. Die bewegliche Bohrplattform ruht auf ausfahrbaren Stützbeinen und kann gehoben und gesenkt werden; links Bohrturm, rechts Hubschrauberlandeplatz. **2** Bohrtürme im Kaspischen Meer (Artjom bei Baku). **3** Verlegen der Rohre für die Erdölleitung „Freundschaft". **4** bis **6** VEB Erdölverarbeitungswerk Schwedt: **4** Teilansicht, in der Mitte Erdöltanks. **5** Teilansicht, im Vordergrund Entsalzungsanlagen, im Hintergrund Normaldruck- und Vakuumdestillationsanlagen. **6** Destillationsanlage zur Zerlegung des Rohöls in einzelne Fraktionen (Benzin, Petroleum, Gasöl)



1

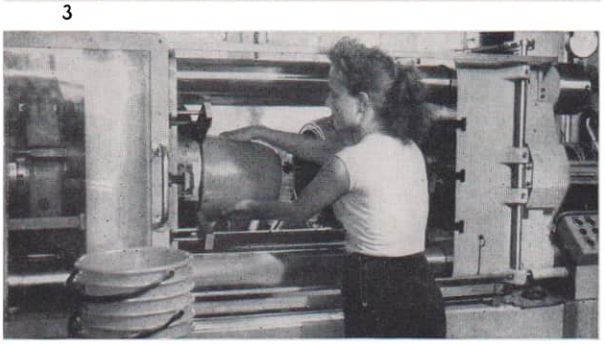


2



3

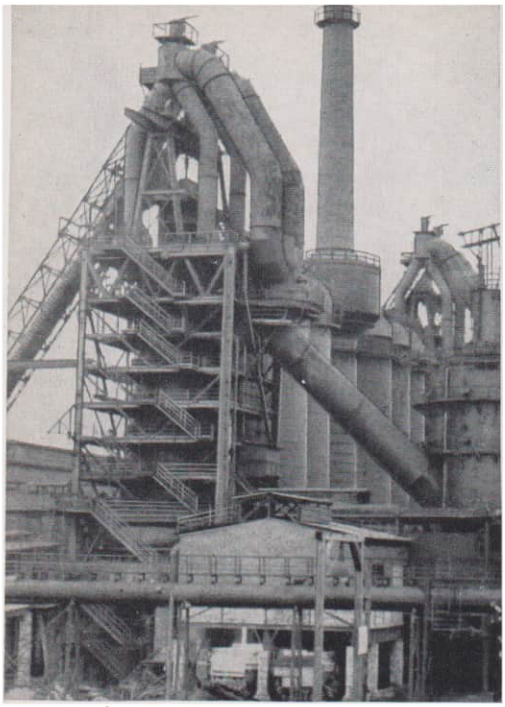
5



4

6

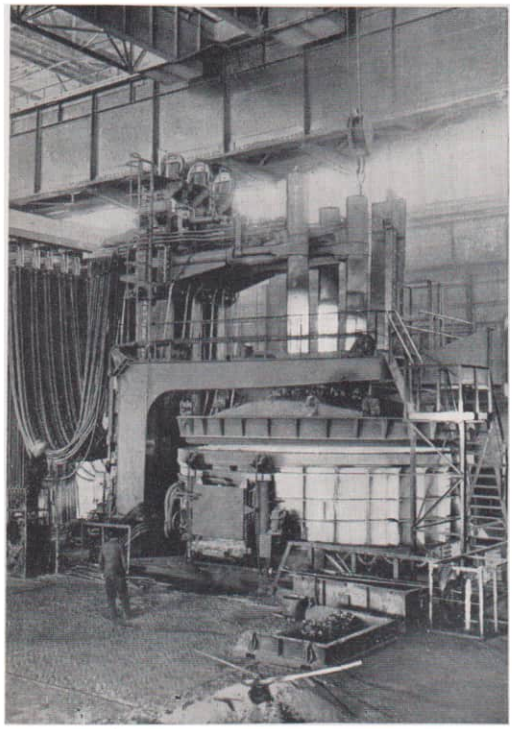
Chemieindustrie IV (Plastherstellung und -verarbeitung. **1** Anlage zur Herstellung von Polystyrol nach dem Verfahren der Suspensionspolymerisation. **2** Polymerisationskessel zur Fabrikation von Polyvinylchlorid (PVC) nach dem Verfahren der Suspensionspolymerisation. **3** Schneckenpresse zur Herstellung von PVC-Rohren. **4** Hydraulische Spritzgußpresse zur Verarbeitung von Thermoplasten. **5** Hydraulische Presse zur Verarbeitung von Duroplasten. **6** Folienblasanlage zur Herstellung von Polyäthylenfolien



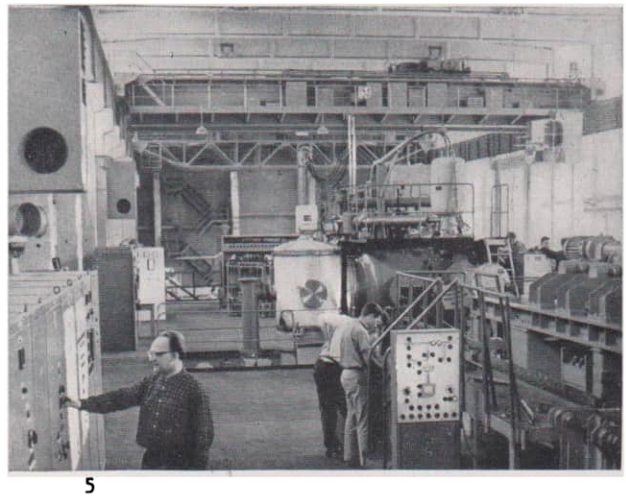
1

2

3

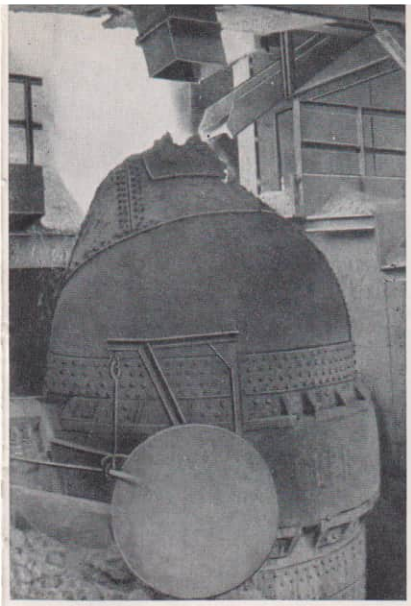


4



5

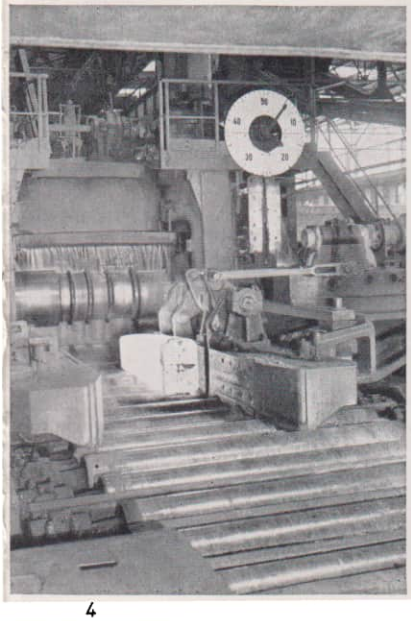
Metallurgie I. 1 Hochofen mit Schrägaufzug und Winderhitzern. **2** Schlackenabstich an einem Hochofen. **3** Chargierkran beim Beschicken eines Siemens-Martin-Ofens. **4** Elektroofen (Lichtbogenofen) zur Stahlerzeugung. **5** Elektronenstrahl-Mehrkammerofen für die Herstellung von besonders reinen Stählen



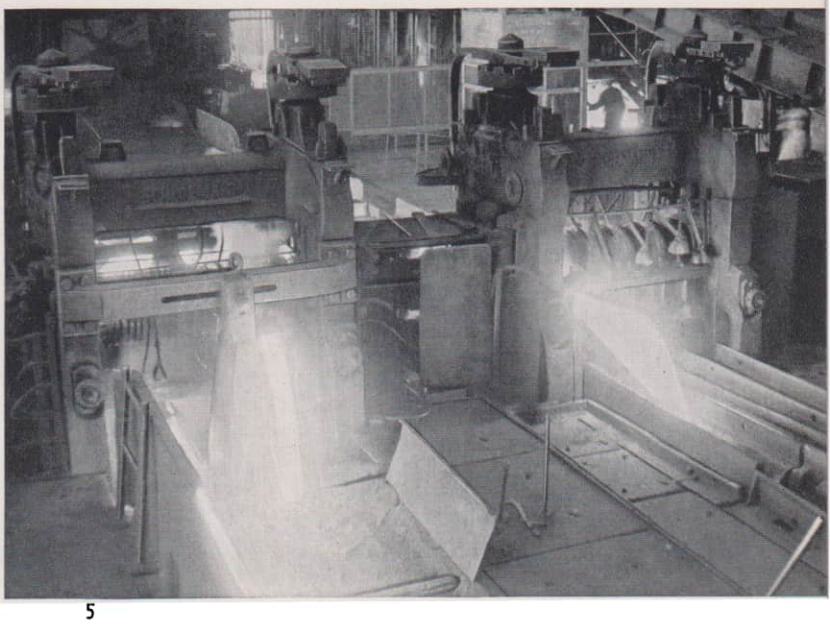
1

2

3



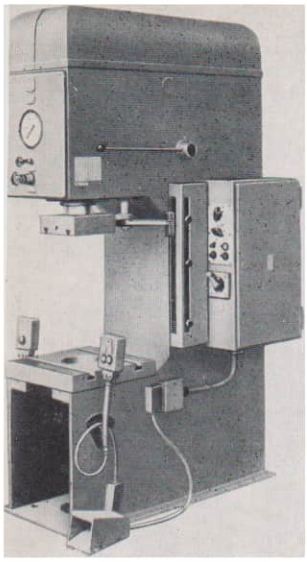
4



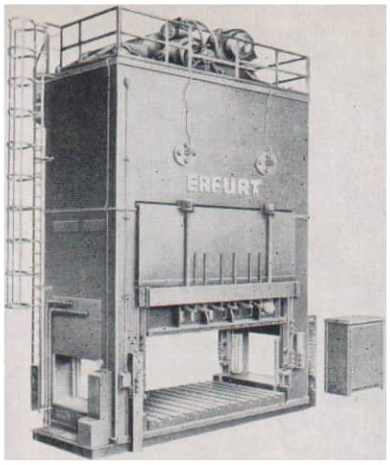
5

6

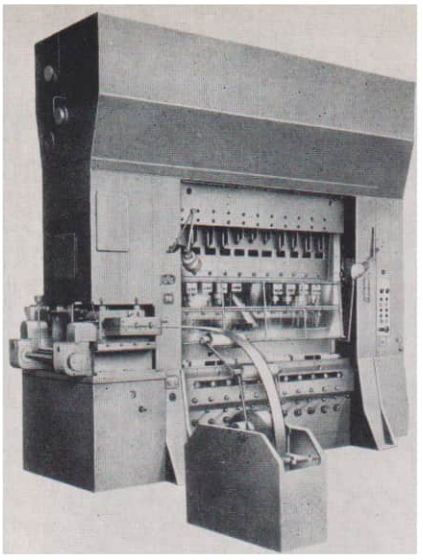
Metallurgie II. **1** Windfrischen im Konverter. **2** Gießen von Stahl in auf Plattformwagen stehende Kokillen (Wagenguß). **3** Stahlstranggußanlage (dreiadrig). **4** Einführung des vorgewärmten Blocks in das Blockwalzwerk. **5** Feinstraße (Vorstraße) eines Stabwalzwerkes. **6** Elektrolyseanlage für die Zinkherstellung



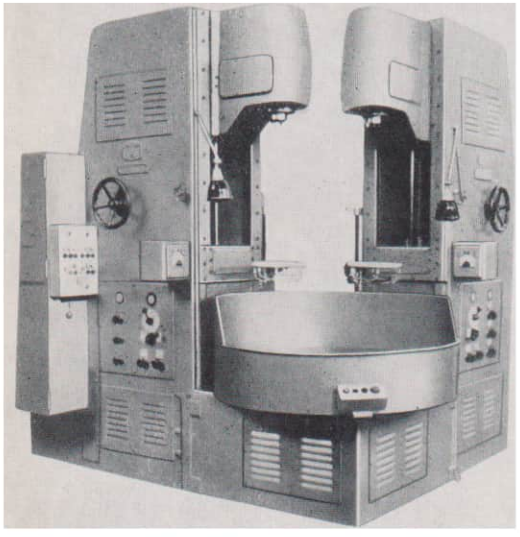
1



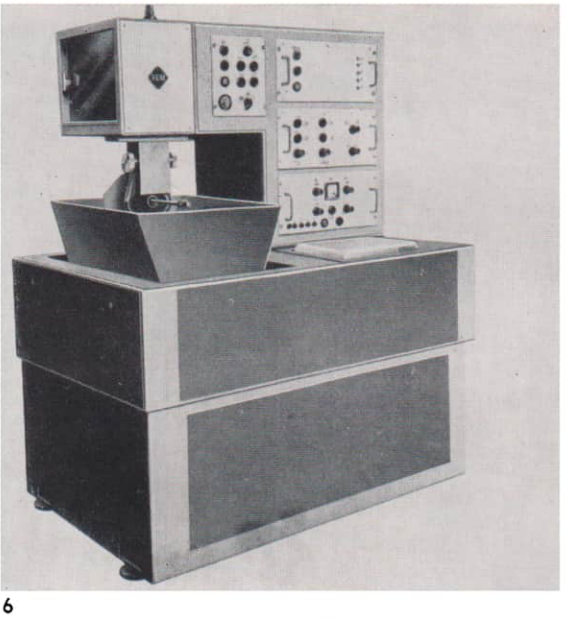
2



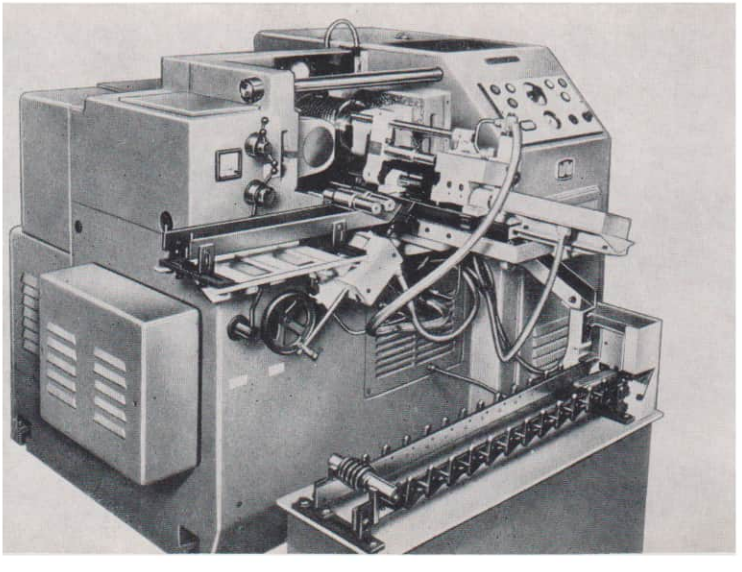
3



4

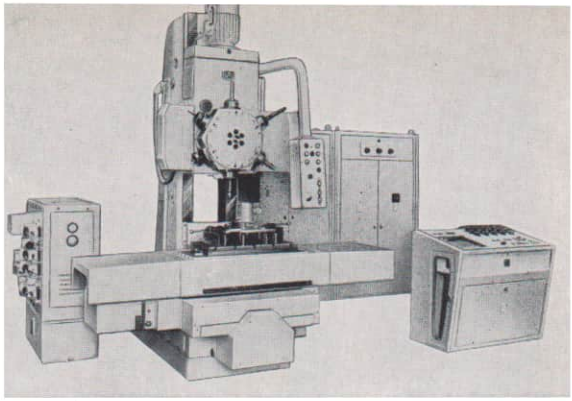


6

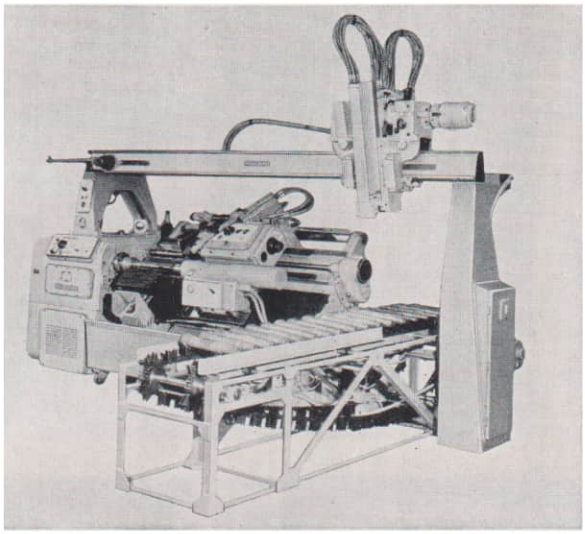


5

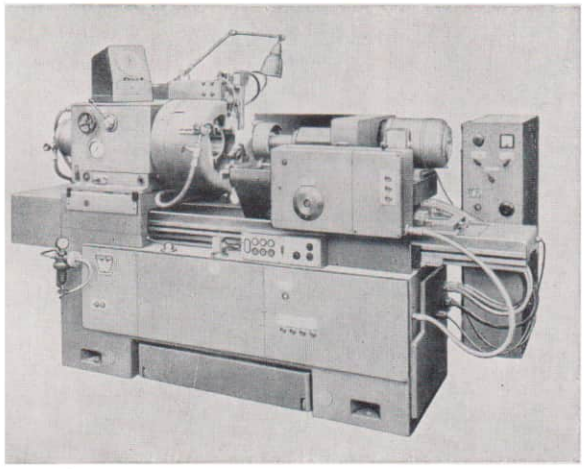
Fertigungstechnik I. 1 bis **5** Umformtechnik: **1** Hydraulische Einständerpresse. **2** Zweiständer-Kurbelpresse. **3** Stufen-Umformautomat. **4** Zweispindlige Ziehschleifmaschine. **5** Profilwalzmaschine mit Werkstückzu- und -abführung. **6** Elektroerodiermaschine



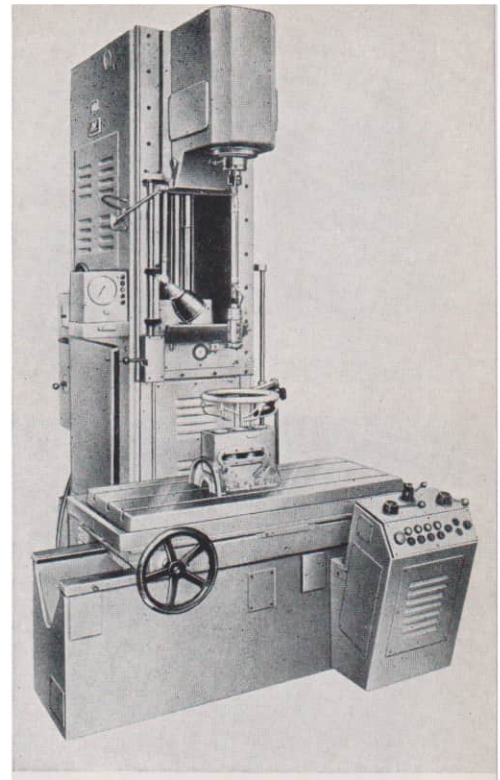
1



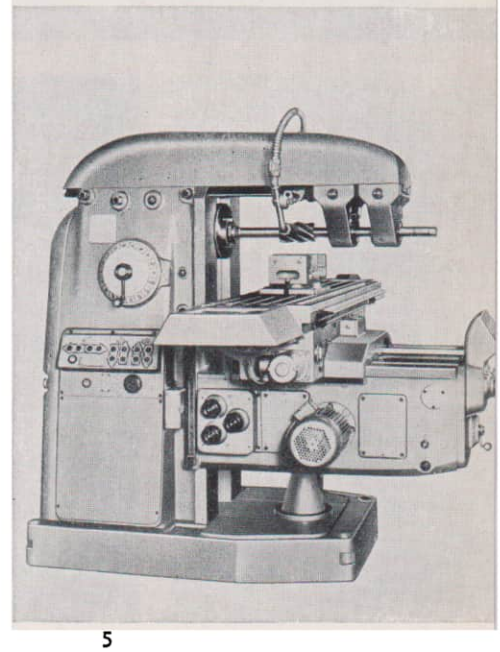
2



3

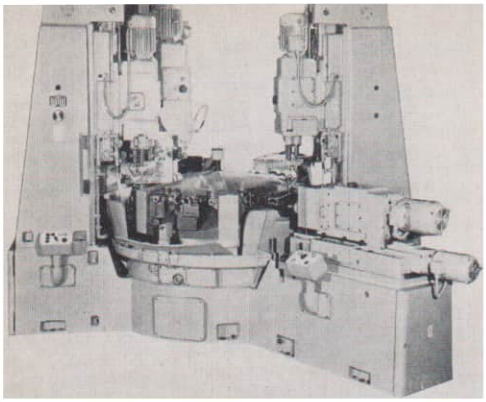


4

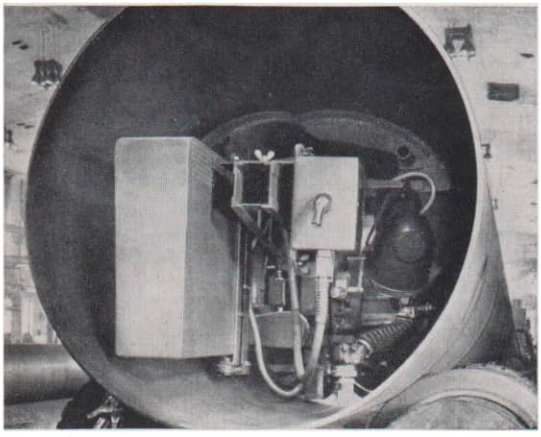


5

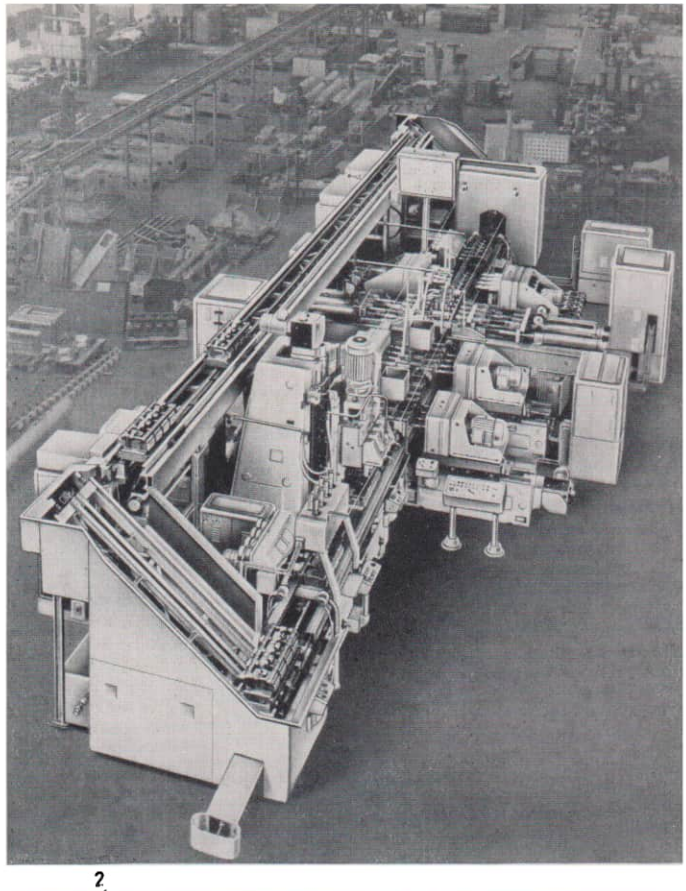
Fertigungstechnik II. Spanendes Formen: **1** Programmgesteuerte Bohrmaschine. **2** Automatische Nachformdrehmaschine mit Beschickungseinrichtung zur Fertigung von Wellenteilen. **3** Innenrundschleifmaschine mit Meßsteuerung. **4** Senkrecht-Ziehschleifmaschine. **5** Waagerecht-Fräsmaschine



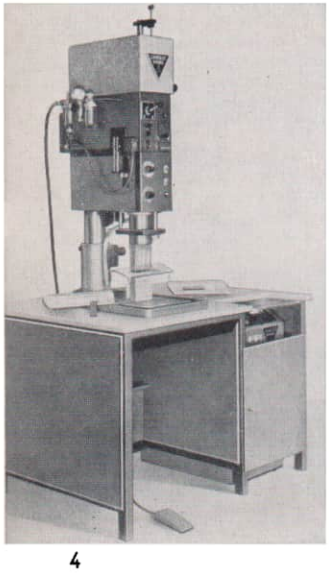
1



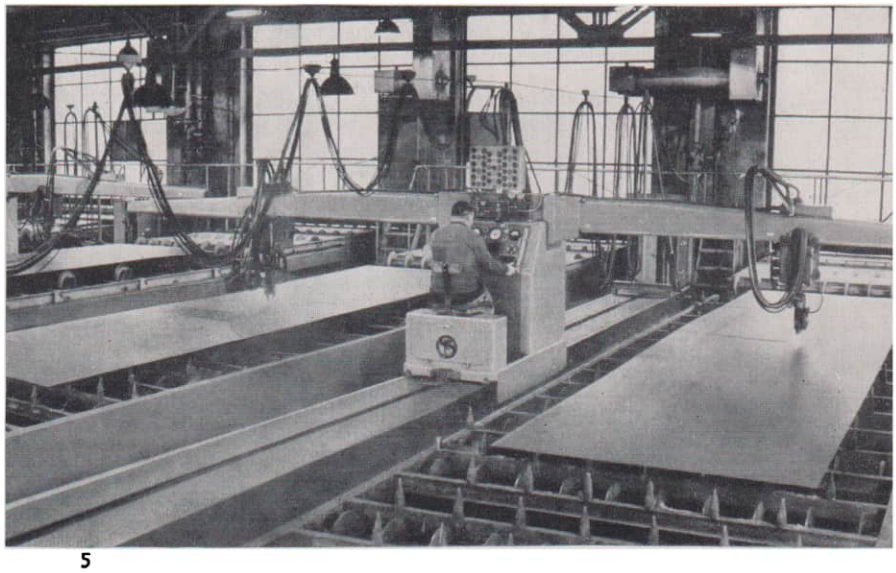
3



2

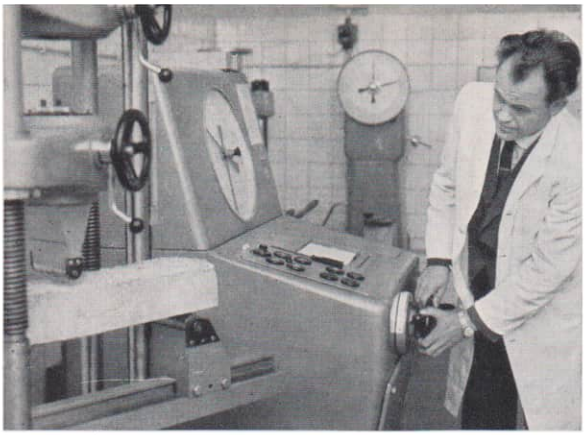


4

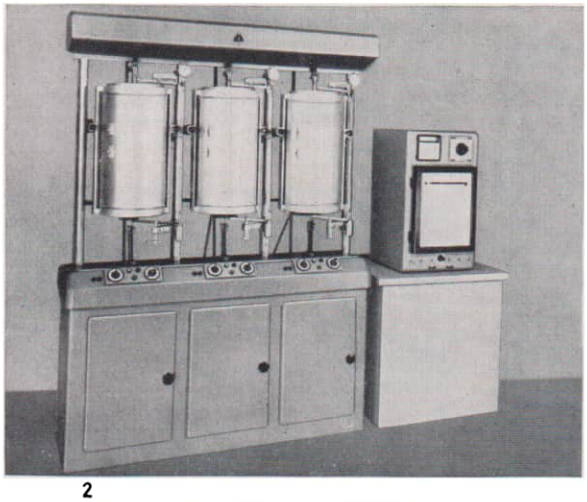


5

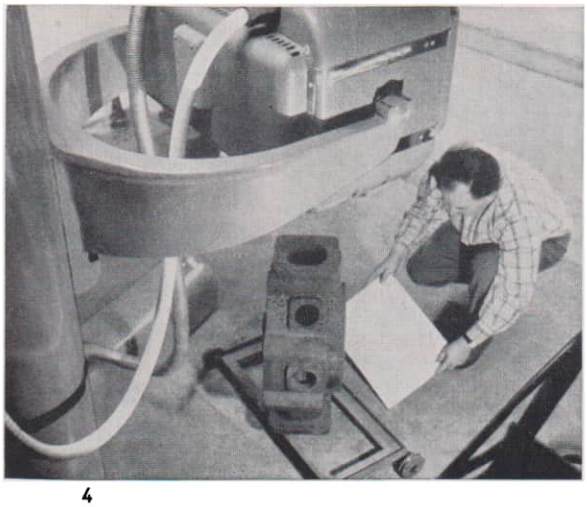
Fertigungstechnik III. 1 Aufbaumaschine, bestehend aus waagerechten und senkrechten standardisierten, um einen Rundschalttisch angeordneten Fertigungseinheiten. Der Rundschalttisch schaltet von Einheit zu Einheit. **2** Automatische Fließstraße mit Waagerecht- und Senkrecht-Fertigungseinheiten. **3** Automatische UP-Längsnahtschweißung im Inneren eines Rohres. **4** Anlage zum Schweißen und Nieten von Thermoplasten sowie zum Einbetten von Metallteilen in Thermo- oder Duroplaste mittels Ultraschalls. **5** Automatische nachformgesteuerte Einrichtung zum Brennschneiden von Plattenmaterial



1

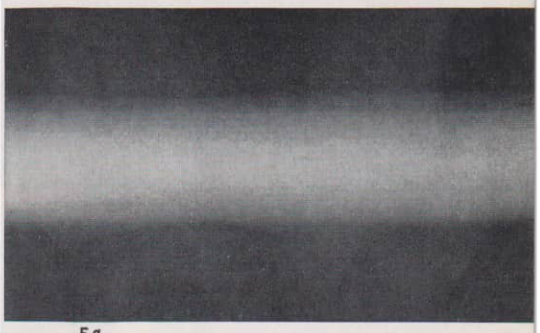


2



4

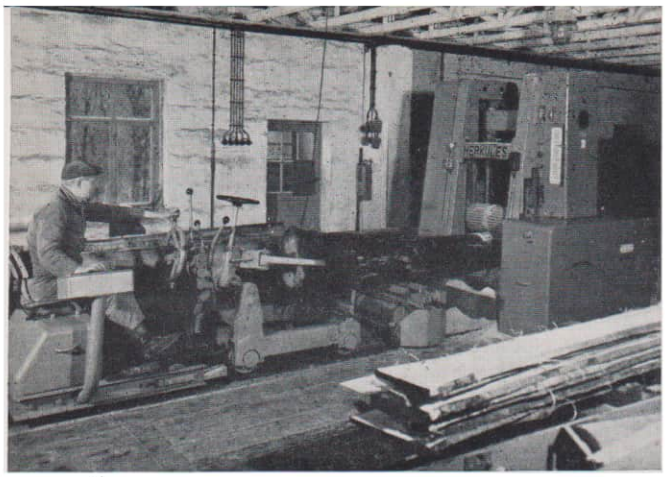
3



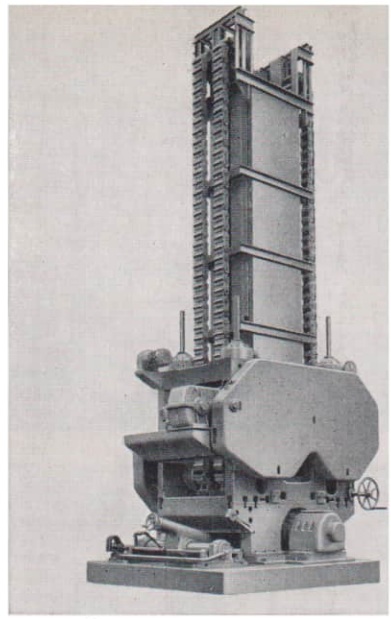
5a

5b

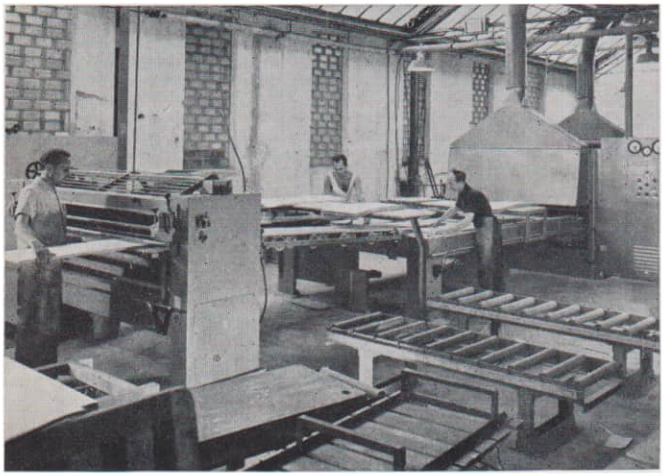
Werkstoffprüfung. **1** und **2** zerstörende Werkstoffprüfung: **1** Biegefestigkeitsprüfung an Leichtbeton. **2** Maschine zur Untersuchung des Verhaltens von Stählen bei Belastungen und hohen Temperaturen. Die Prüflinge befinden sich in den Hochtemperaturöfen, rechts Registriergerät. **3** bis **5** zerstörungsfreie Werkstoffprüfung: **3** Prüfen von Lötverbindungen mit Ultraschall. Auf dem Bildschirm des Ultraschallprüfgerätes ist das Signal einer Fehlerstelle erkennbar. **4** Prüfen eines Gußstücks mit im Betatron erzeugter Röntgenstrahlung. Die Kassette mit dem Röntgenfilm wird unter das zu durchstrahlende Werkstück gelegt. **5** Röntgenbild einer Schweißnaht: *a* fehlerfrei, *b* durch Poren und Gaseinschlüsse unbrauchbar



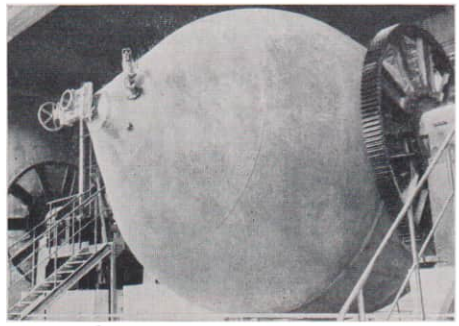
1



4

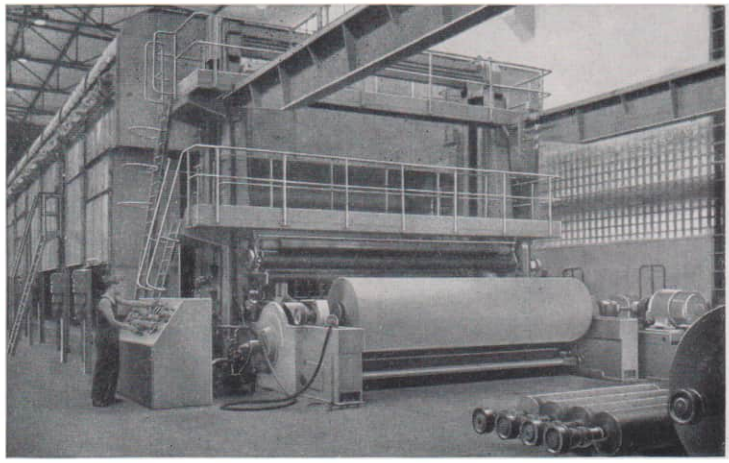


2



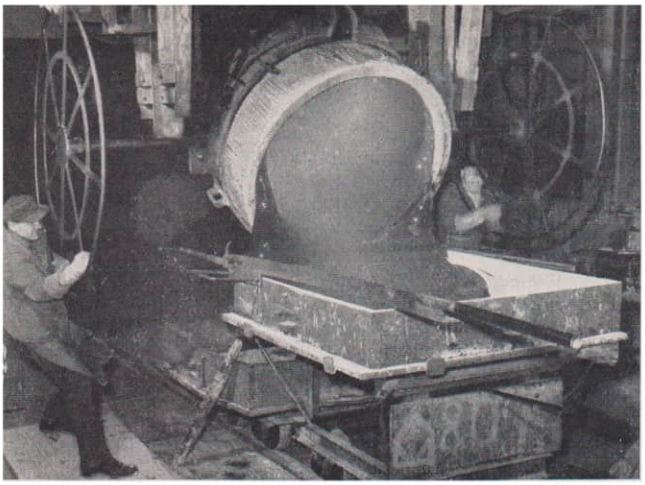
5

3

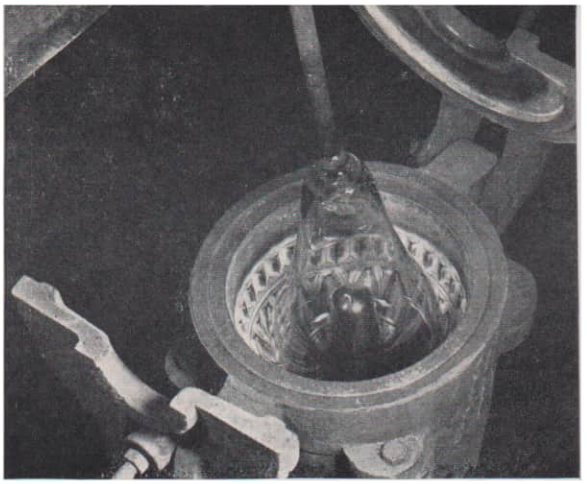


6

Holz und Papier. **1** Gattersäge. **2** Fließlinie zum Furnieren plattenförmiger Werkstücke. **3** Heizplattenpresse für Holzspanplatten. **4** Stetigschleifer. **5** Zellstoffkocher (Sturzkocher). **6** Langsiebpapiermaschine

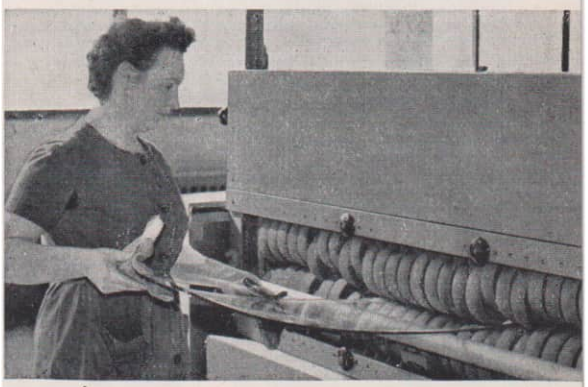


1

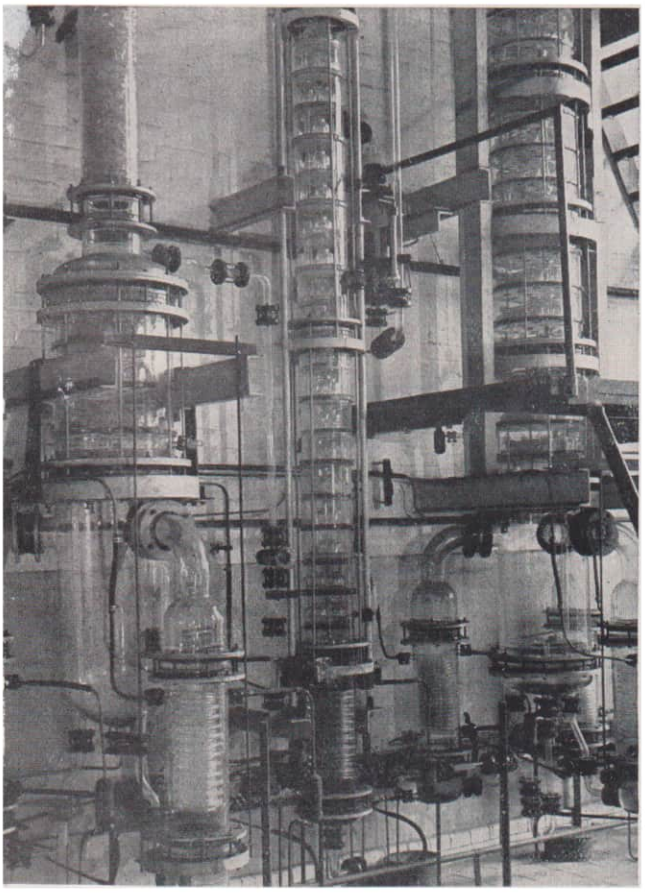


2

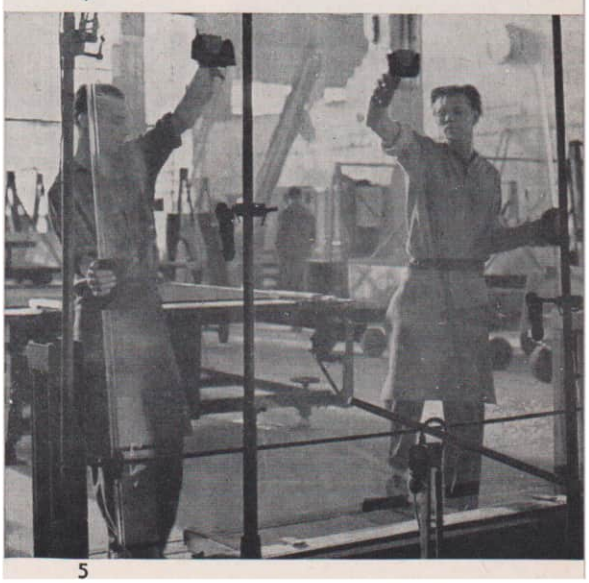
3



4



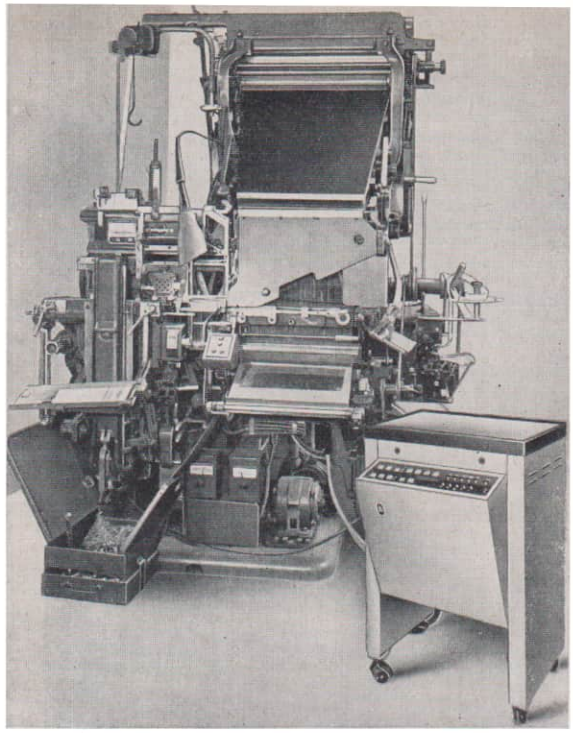
6



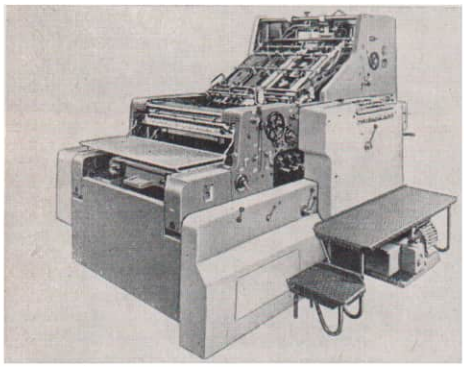
5

Glas. 1 Guß von optischem Glas aus einem Hafenofen. **2** Pressen von Glas in Stahlformen. **3** Glasbläser bei der Arbeit. **4** Herstellung von gebogenem Mehrscheiben-Sicherheitsglas. **5** Herstellung von Tafelglas nach dem Fourcault-Ziehverfahren. **6** Gläserne Großanlage für die industrielle Produktion

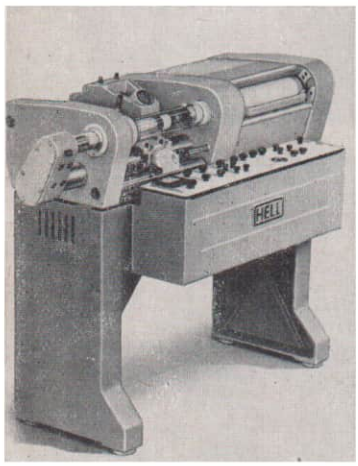
1



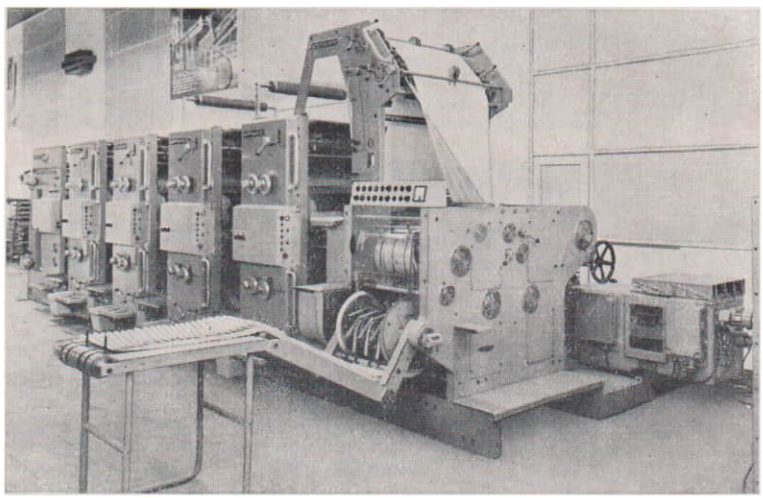
2



4



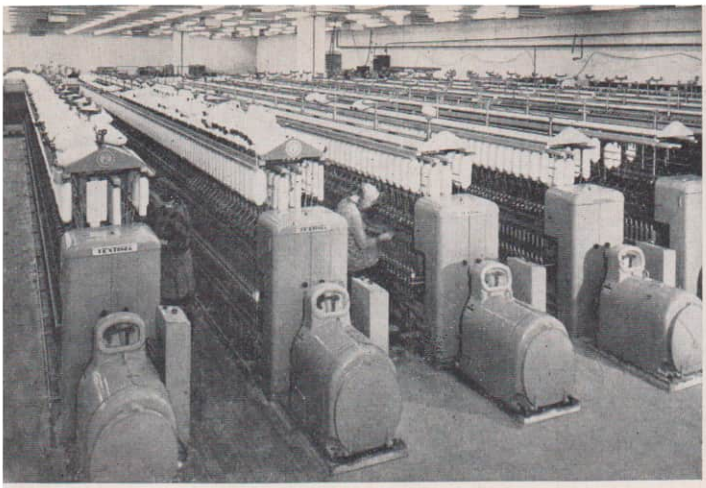
3



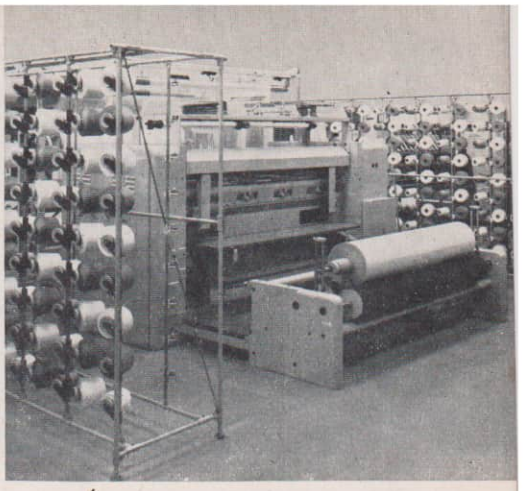
5

6

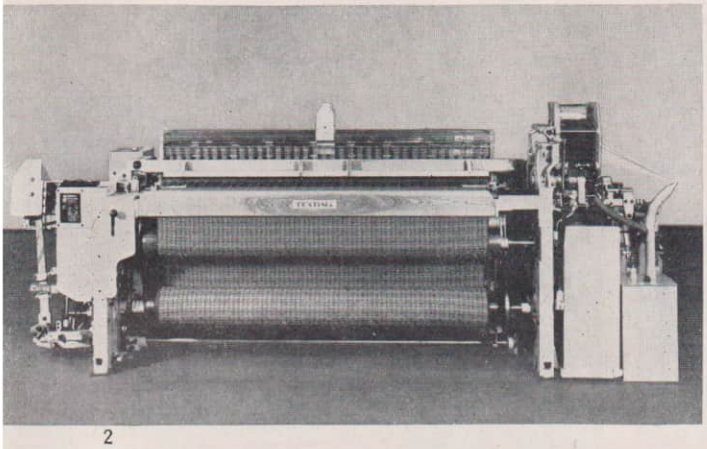
Polygraphische Maschinen. 1 Perforator „Tastomat". **2** Sowjetische Zeilengußsetzmaschine mit „Lobatron"-Setzautomat. **3** Tageslicht-Scanner „Chromagraph". **4** Stoppzylinder-Buchdruckmaschine „Victoria" 800". **5** Rollenoffsetmaschine „ultra-set 72". **6** Fadenheftautomat



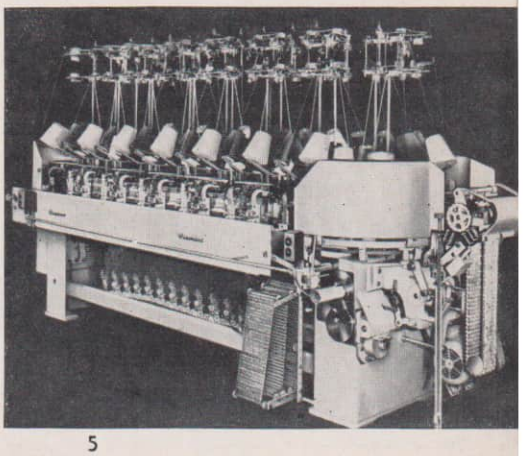
1



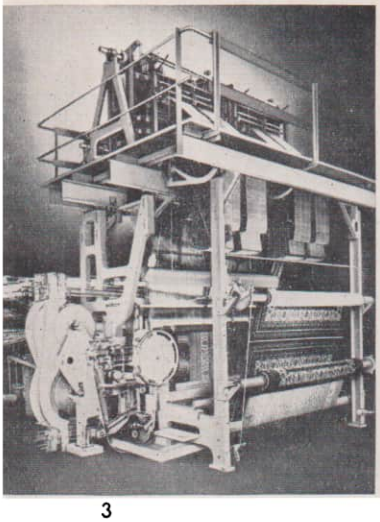
4



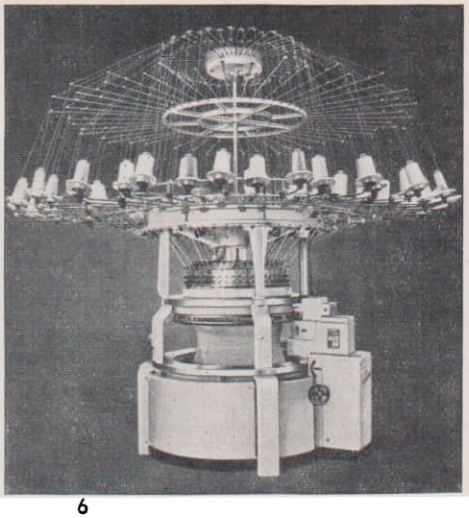
2



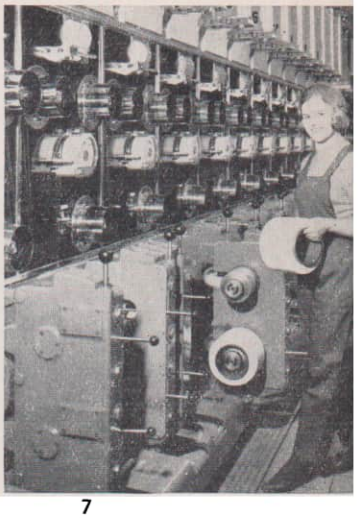
5



3



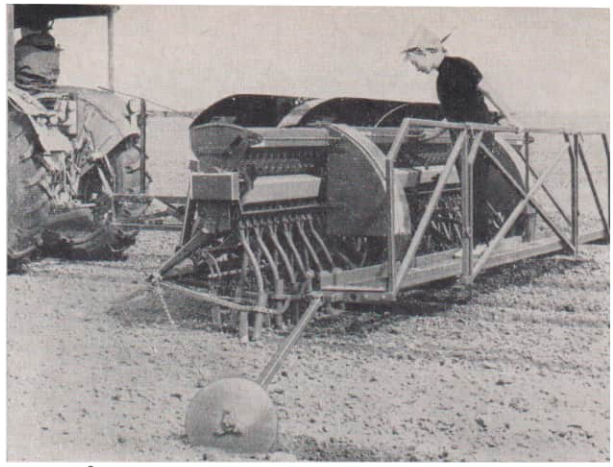
6



7

Textilmaschinen. **1** Baumwoll-Ringspinnmaschinen. **2** Buntwebautomat. **3** Doppelschützige Jacquard-Doppelteppich-Webmaschine. **4** Fadenlagen-Nähwirkmaschine „Malimo 1600". **5** Jacquard-Flachstrickmaschine. **6** Rechts-Rechts-Rundstrickmaschine. **7** Aufspulmaschine für Polyamidseide

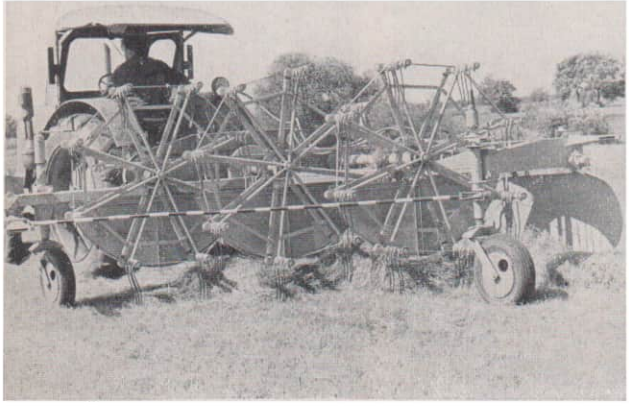
1



2

3

4

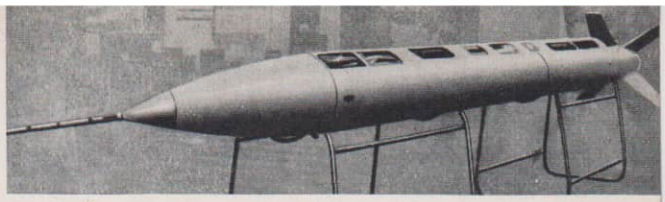


5

6

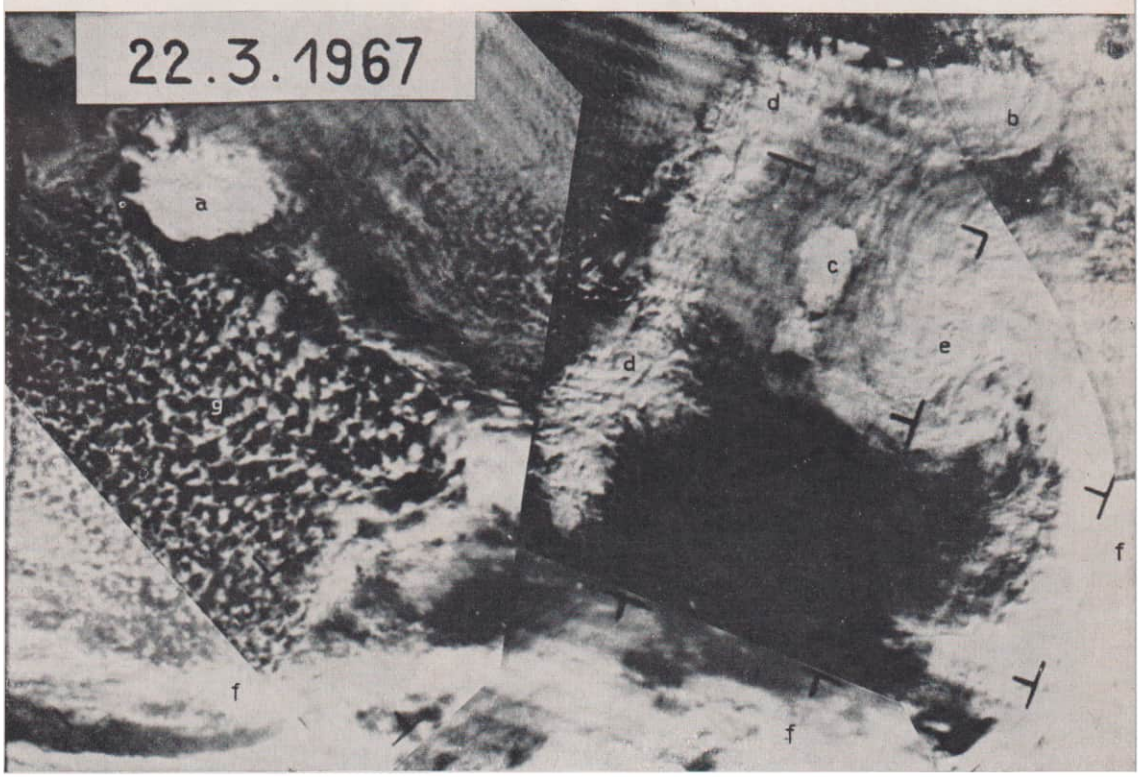
Landtechnik. **1** Anhänge-Beetpflug mit Zinkenegge. **2** Aufsattel-Drillmaschine. **3** Selbstfahrender Mähdrescher. **4** Köpflader beim Köpfen von Zuckerrüben und Aufladen des geschnittenen Rübenblattes, im Hintergrund Rodelader beim Roden und Aufladen der geköpften Rüben. **5** Radrechwender bei der Heuernte. **6** Geräteträger mit angebauter Sprüh- und Stäubemaschine bei der Schädlingsbekämpfung

1



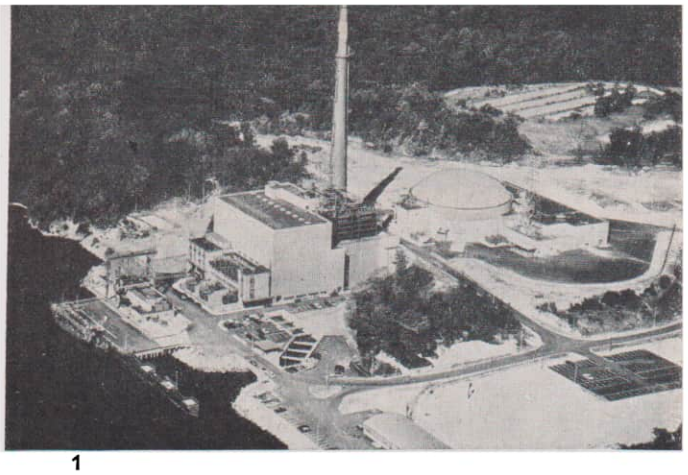
2

3

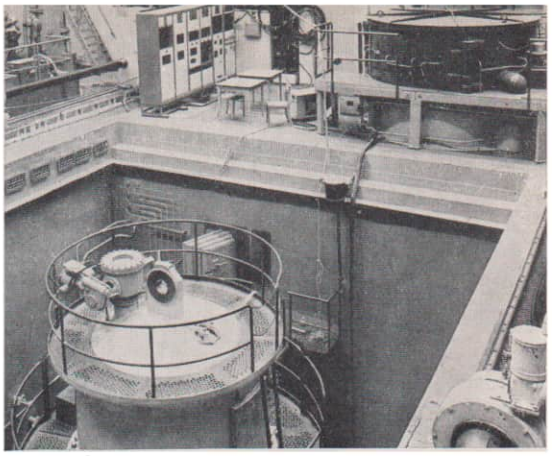


4

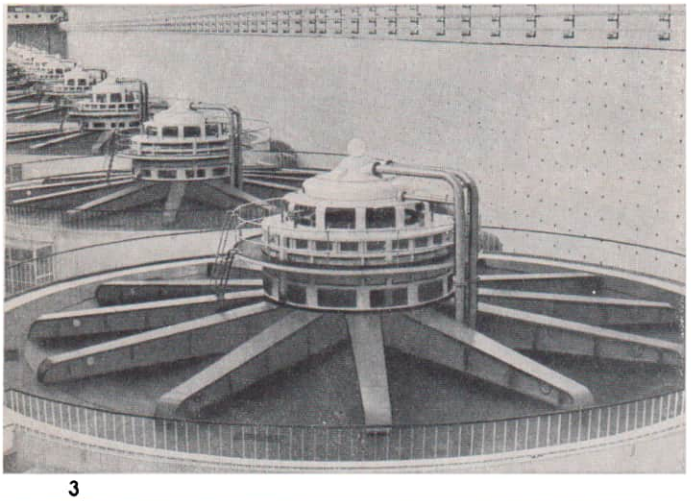
Meteorologie. **1** Letzte Vorbereitung zum Start einer Radiosonde. **2** Meteorologische Rakete (Höhenmeßrakete). **3** Bildfunkgerät zur Aufnahme von Wetterkarten. **4** Mosaik von Wolkenphotos, aufgenommen vom amerikanischen Wettersatelliten ESSA 4 am 22. 3. 1967. *a* Island, schneebedeckt; *b* Halbinsel Kola; *c* Bottnischer Meerbusen, vereist; *d* Norwegen, schneebedeckt; *e* Tiefdruckzentrum; *f* Kaltfrontausläufer; *g* Cumulusbewölkung



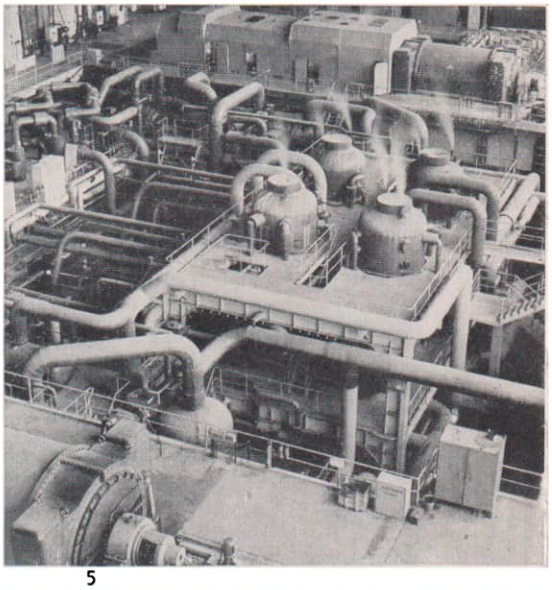
1



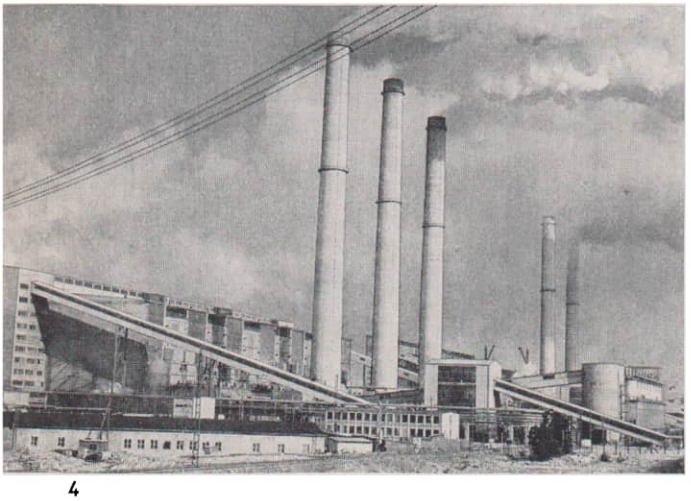
2



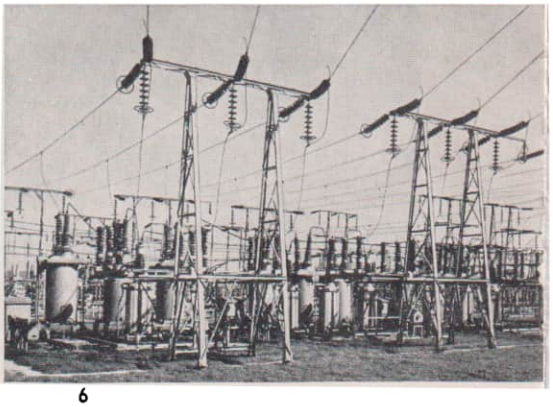
3



5

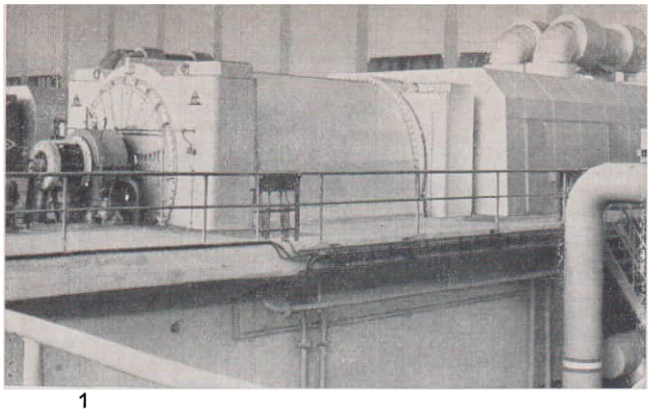


4

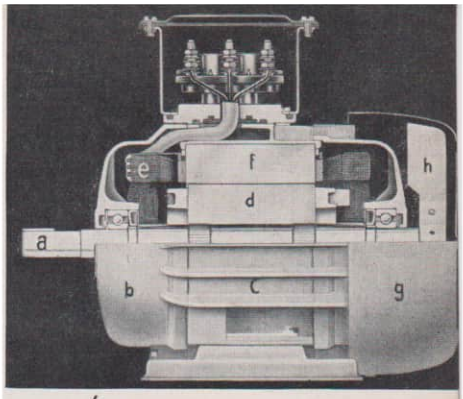


6

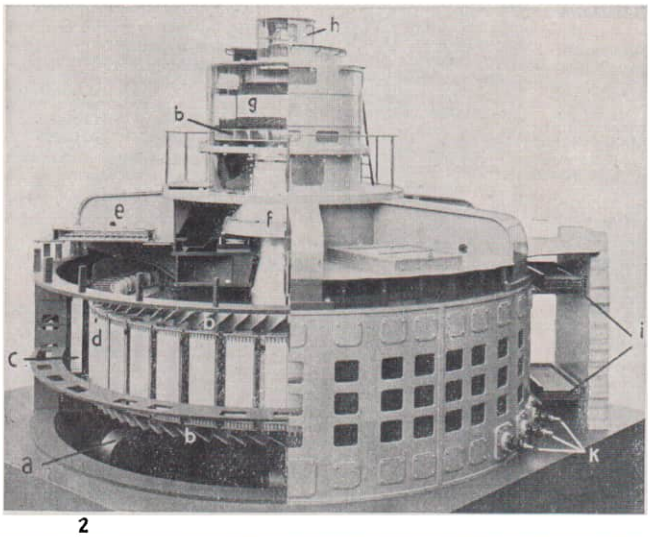
Elektroenergieerzeugung. **1** Kernkraftwerk Indian Poit (USA). Kuppelbau rechts Reaktorgebäude, Bildmitte Maschinenhaus und Baukran. Das Kernkraftwerk liefert Strom für etwa eine Million Einwohner New Yorks. **2** Reaktorsaal des ersten Kernkraftwerkes der DDR bei Rheinsberg (im Bauzustand). Im Vordergrund der Reaktorkopf. **3** Wasserturbinen (Leistung je 100000 kW) im Wasserkraftwerk Wotkinsk (UdSSR, West-Ural). **4** Ansicht des Dampfkraftwerks Vetschau. **5** Maschinenraum mit Dampfturbinen im Dampfkraftwerk Lübbenau. **6** Freiluft- und Umspannanlage des Pumpspeicherwerkes Niederwartha



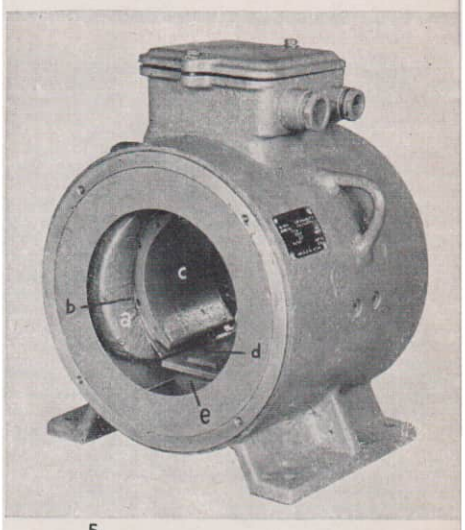
1



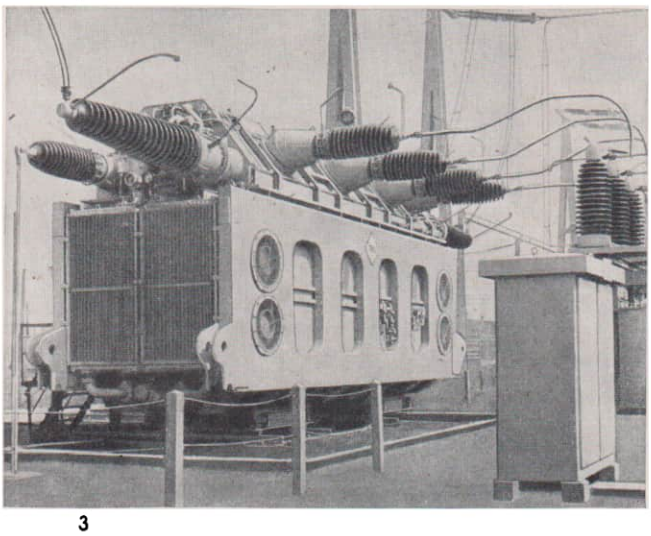
4



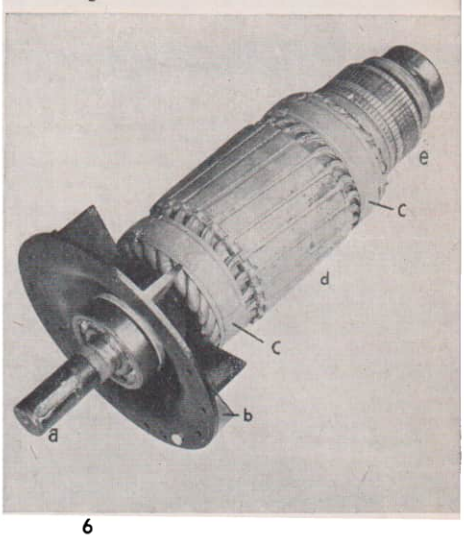
2



5

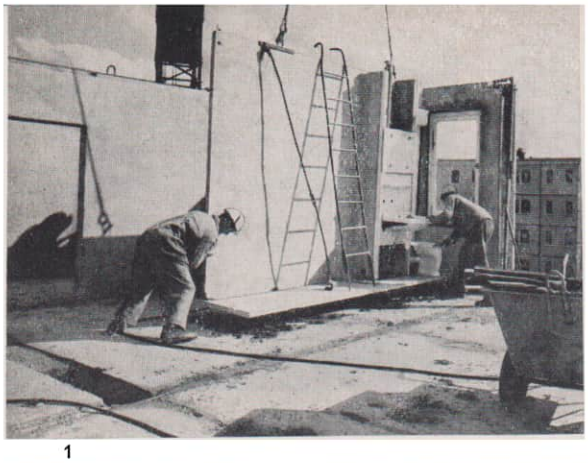


3



6

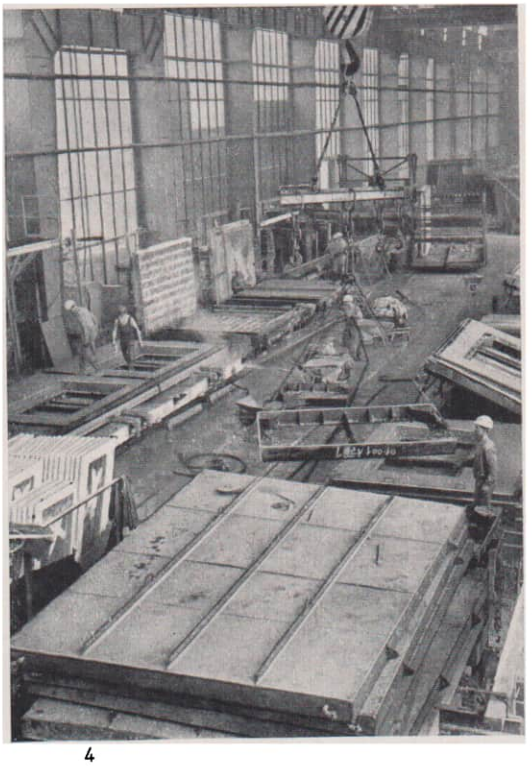
Elektrische Maschinen. **1** Generatorsatz (100 MW) eines Dampfkraftwerkes. Links Erregermaschine, Mitte Generator, rechts Dampfturbine. **2** Vertikal-Hydrogenerator (Modell, aufgeschnitten, Leistung 28,6 MW). *a* unterer Tragstern, *b* Lüfter, *c* Ständerblechpaket, *d* Polrad, *e* oberer Tragstern, *f* Lagerkopf für Trag- und Führungslager, *g* Haupterregermaschine, *h* Hilfserregermaschine, *i* Kühler, *k* Netzanschlüsse. **3** Drehstrom-Netz-Stelltransformator. **4** Drehstrom-Asynchron-Kurzschlußläufermotor (Antriebsleistung 1,5 kW). *a* Welle, *b* Lagerschild, *c* Ständer, *d* Läuferkörper, *e* Spulenkopf, *f* Ständerblechpaket, *g* Lüfterschutzhaube, *h* Lüfterflügel, *i* Klemmenkasten mit Klemmenbrett. **5** und **6** Gleichstrommaschine mit 3 kW Antriebsleistung: **5** Ständer. *a* Hauptpolspule, *b* Hauptpolschuh, *c* Hauptpolkern, *d* Wendepolschuh, *e* Wendepolspule. **6** Läufer. *a* Läuferwelle, *b* Radiallüfter, *c* Läuferwicklung, *d* Läuferblechpaket, *e* Kommutator



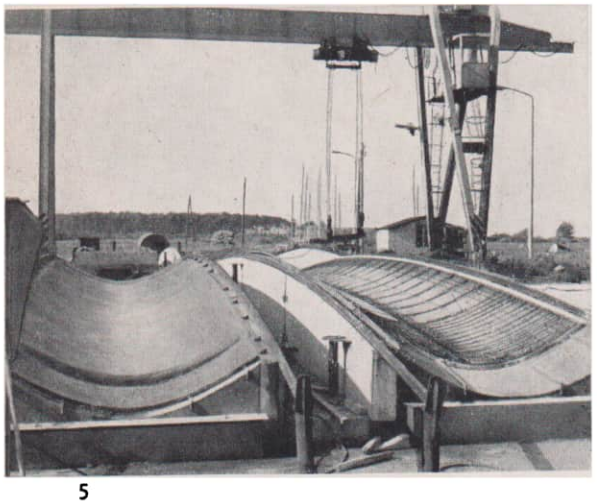
1

2

3

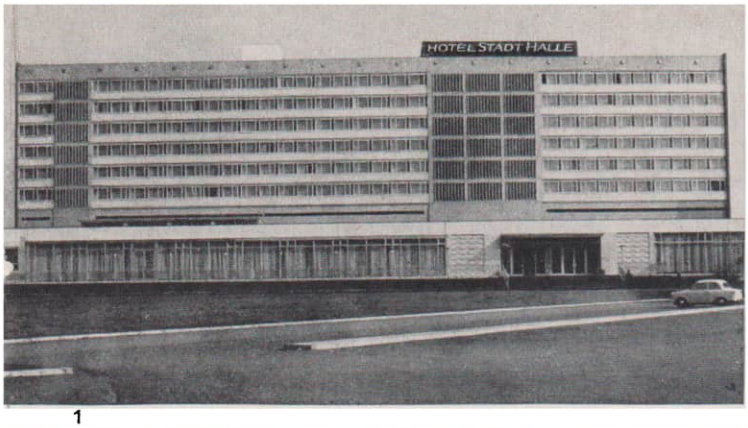


4

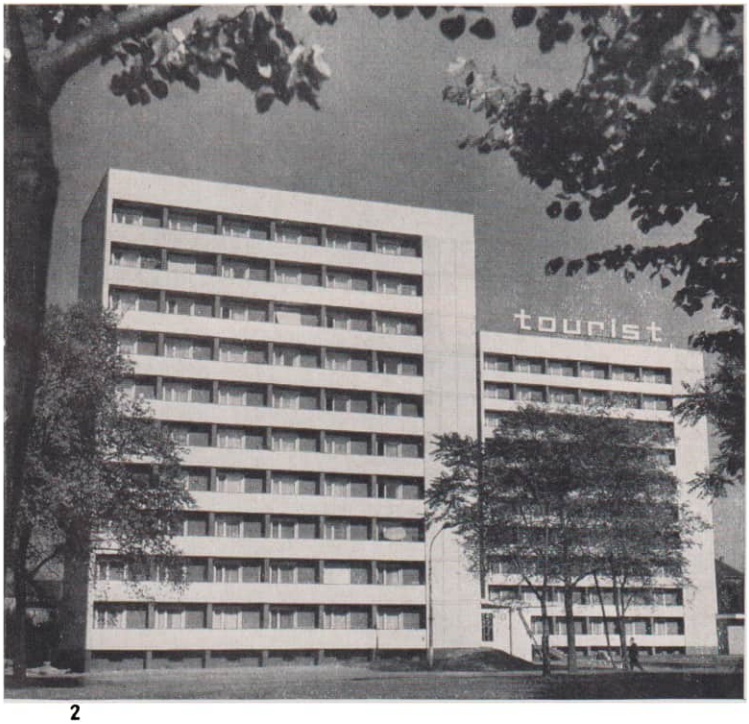


5

Hochbau I. 1 Einbau von Großbauplatten mit angebrachten sanitären Anlagen und Anschlüssen für die Küche. **2** Punkthochhaus im Bau (Berlin-Friedrichsfelde). Vorn ein Aufzug für Baumaterial, der mit dem Baufortschritt wächst. **3** Betonierungsarbeiten in Kletterbauweise am Fuß des Berliner Fernsehturms. **4** Fertigung von Großbauplatten für den Wohnungsbau. **5** Fertigung von freitragenden HP-Schalen für Hallen- und Stalldächer



1



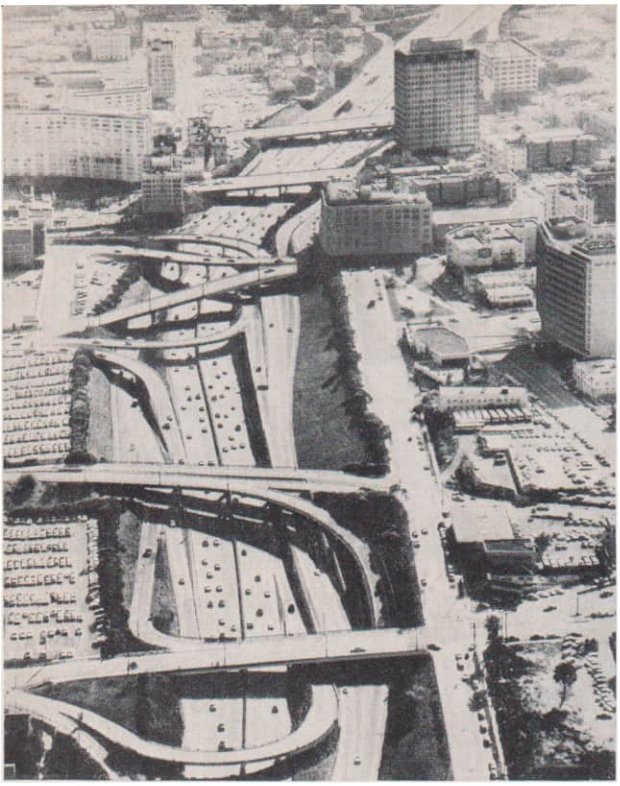
2

5

3

4

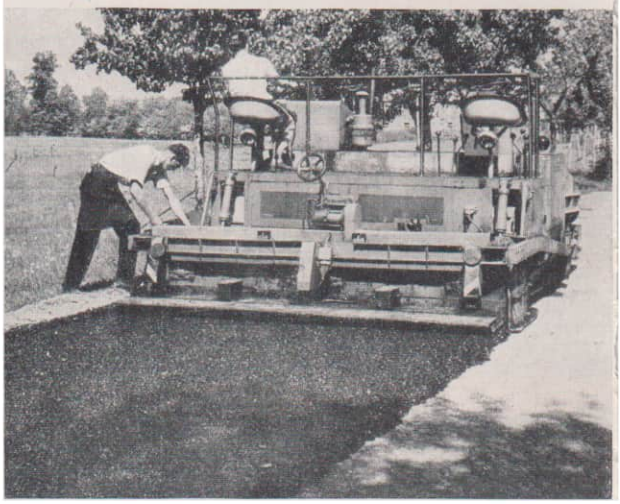
Hochbau II. 1 Interhotel Stadt Halle. **2** Appartementhäuser in Erfurt mit Hotel „Tourist". **3** Krankenhaus in Rostock. **4** Richtfunk- und WKW-Turm Dequede, Höhe 186 m. **5** Papierfabrik mit brückenartiger Dachkonstruktion in Mantua (Italien), entworfen von Prof. Nervi. Die schrägen, fast 50 m hohen Betonrahmen tragen die durchhängenden Ketten; mittlere Spannweite 163 m, symmetrische Kragarme von 43 m Länge



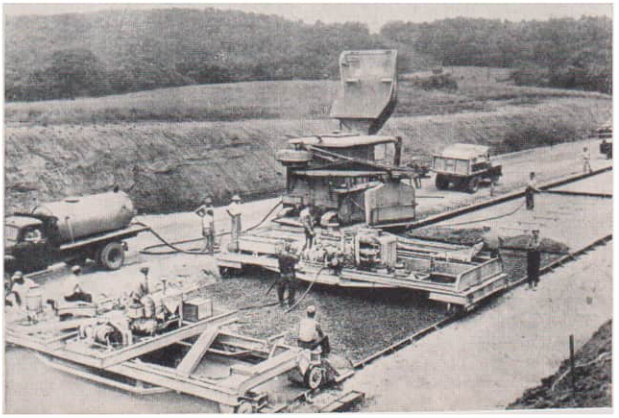
1

2

3



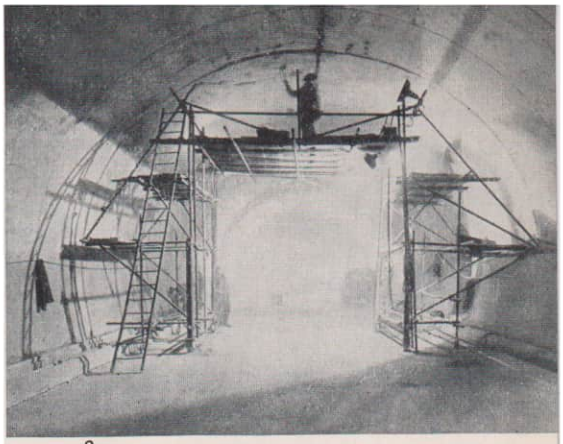
4



5

Tiefbau I. 1 Moderne kreuzungsfreie Straßenanlagen (Los Angeles, USA). **2** Hochstraße, im Vordergrund Einschienenbahn (Tokio, Japan). **3** Herstellung einer unteren Tragschicht aus Kiessand mittels Straßenhobels (rechts) und Straßenwalze (links). **4** Einbau einer bituminösen Deckschicht durch einen Schwarzdeckenfertiger. **5** Herstellung einer Zementbetondecke durch einen Straßenbaumaschinensatz

1



2

3

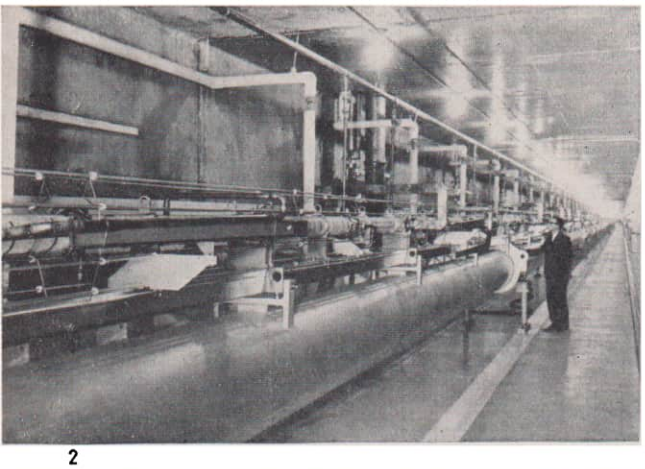
4

5

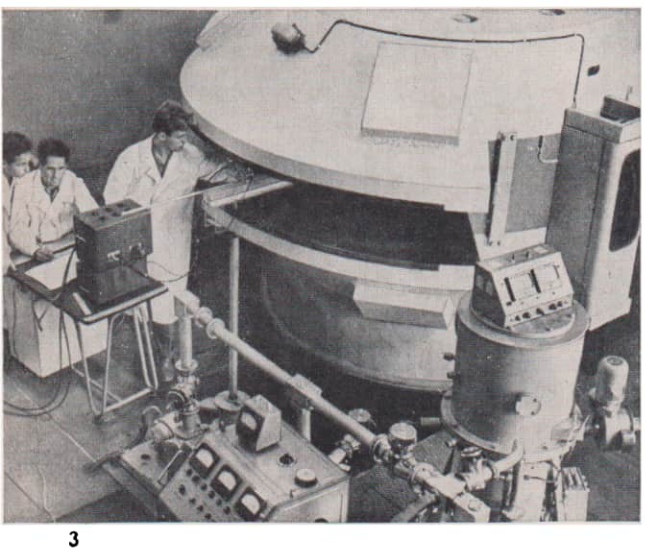
6

Tiefbau II. 1 Ausbau eines Tunnels für einen Kanal mit Stahlsegmenten. **2** Der Mont-Blanc-Tunnel, der längste Straßentunnel der Welt (11,6 km), kurz vor seiner Eröffnung; Ausbau in Ortbeton. **3** Stählerne Straßenbrücke; geschweißte Deckbrücke mit zwei durchlaufenden, gekrümmten Hohlkasten-Hauptträgern und orthotroper Fahr- und Gehbahnplatte. **4** Freivorbau einer Spannbeton-Balkenbrücke in Ortbetonbauweise. **5** Montage eines Blechträger-Trogüberbaues für eine eingleisige Eisenbahnbrücke mittels Eisenbahndrehkranen. **6** Beim Bau der größten Hängebrücke der Welt (Verrazano-Narrow-Brücke in New York, USA, Gesamtlänge 2038 m, Höhe der Kabeltürme 211 m): Arbeiten an einem der vier Seilkabel der Tragkonstruktion

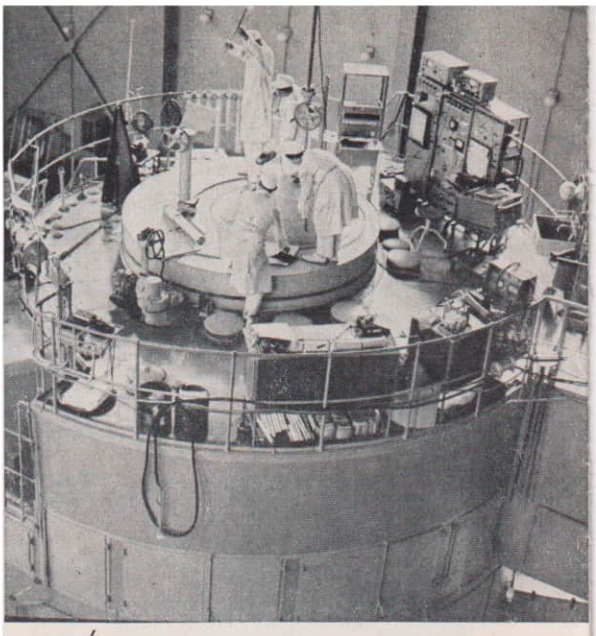
1



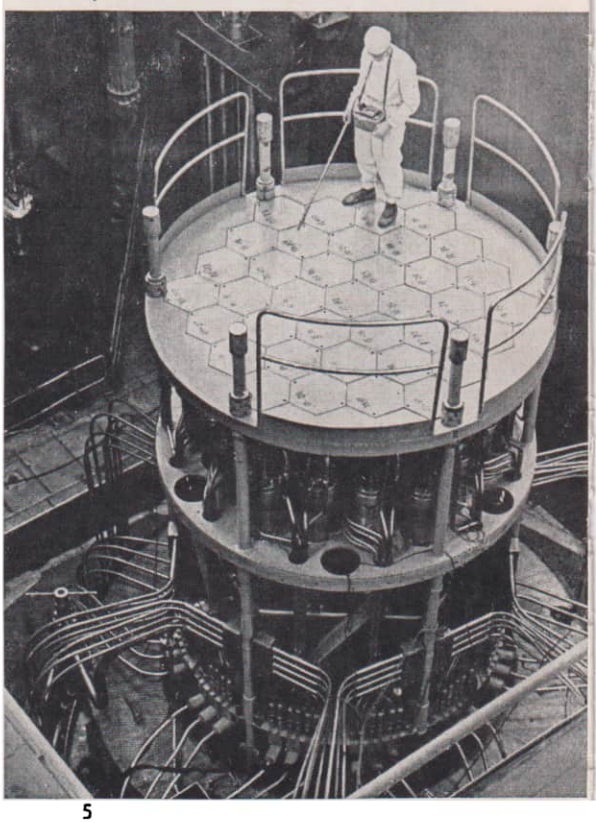
2



3

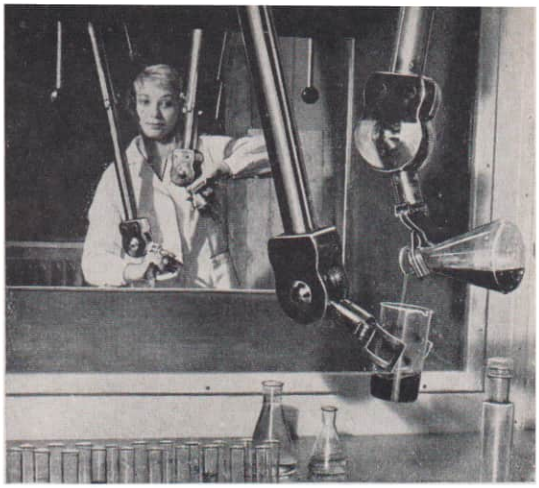


4



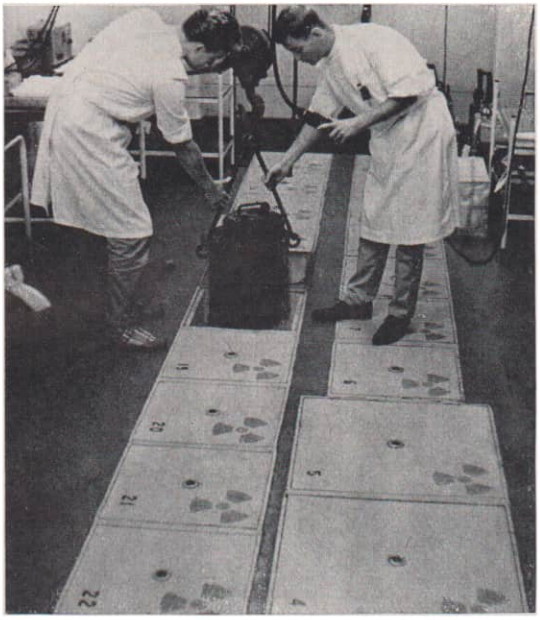
5

Kerntechnik. **1** Synchrophasotron in Serpuchow (UdSSR) im Bauzustand. **2** Linearbeschleuniger in Stanford (USA). **3** Alphaspektrograph im Vereinigten Institut für Kernforschung in Dubna (UdSSR). **4** Forschungsreaktor im Zentralinstitut für Kernphysik in Rossendorf bei Dresden. **5** Reaktor des Kernkraftwerkes Nowo-Woronesh (UdSSR). Weiteres siehe Tafeln 38 und 45

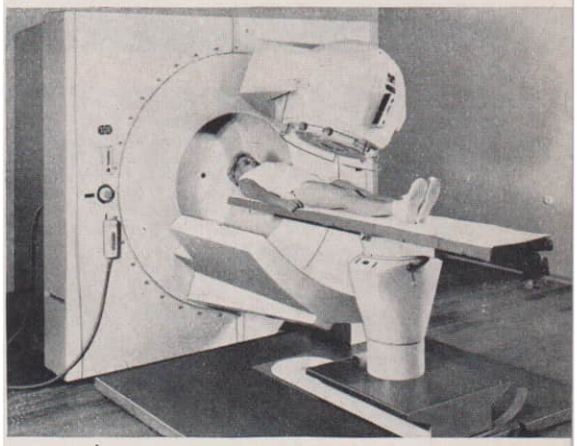


1

2



3

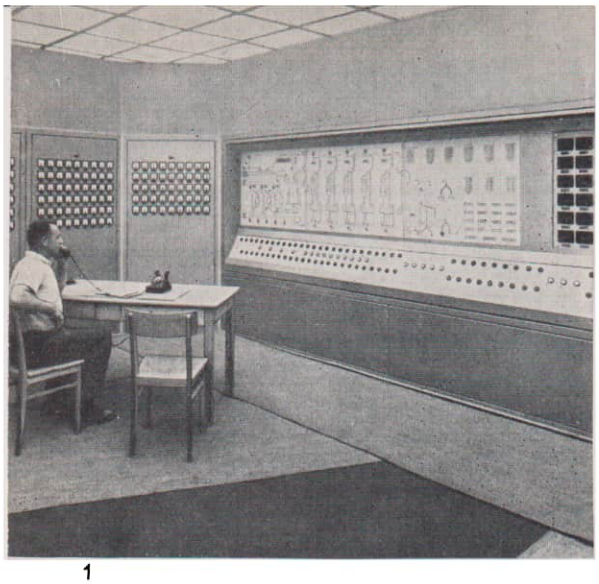


4

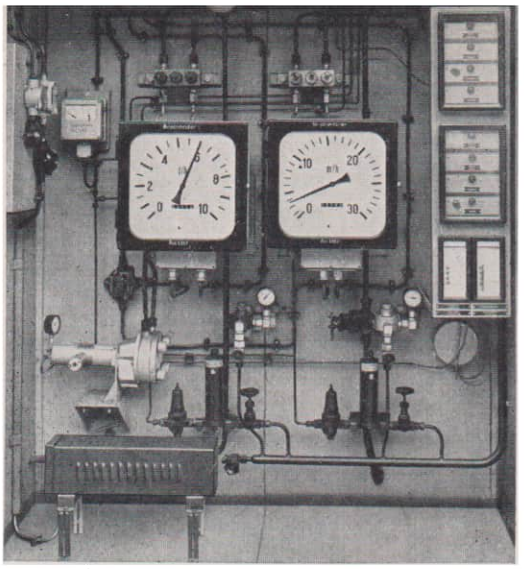
5

6

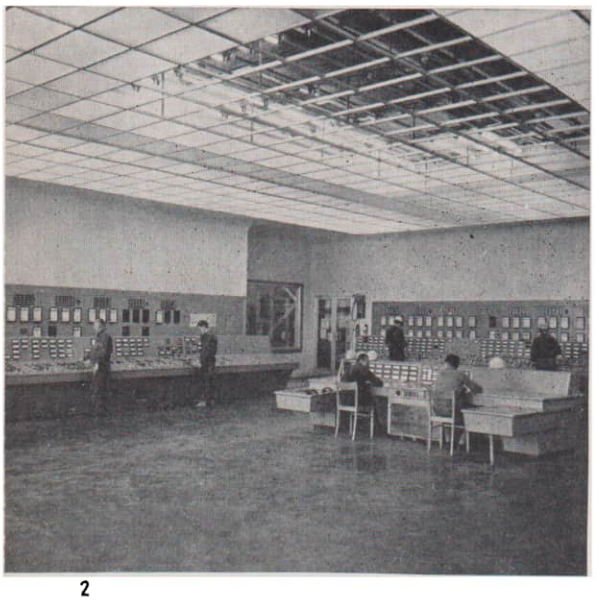
Angewandte Radiochemie. 1 Arbeiten mit radioaktiven Substanzen mit Hilfe von Manipulatoren hinter einem Fenster aus Strahlenschutzglas. **2** Umpacken radioaktiver Substanzen mit Hilfe eines Manipulators hinter einem Strahlenschutzschild. **3** Entnahme eines Containers aus einem Lager für radioaktive Substanzen. **4** Gammatherapieeinrichtung zur Geschwulstbehandlung im Körperinnern. **5** Untersuchung von Pflanzen, die mit radioaktiven Phosphorisotopen markiert wurden. **6** Werkstoffprüfung mit Hilfe der Gammadefektoskopie: Aufstellen eines mit Zäsium-137 geladenen Behälters zum Überprüfen der Schweißnaht einer Presse



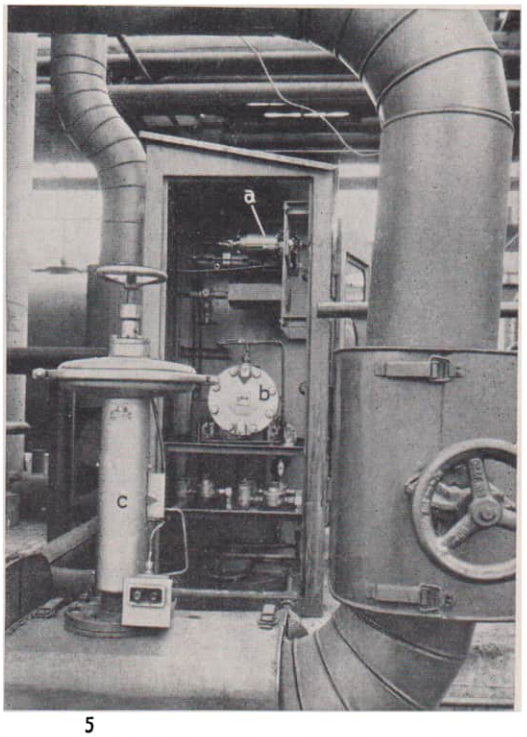
1



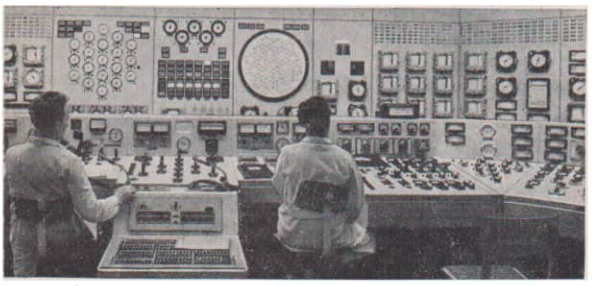
4



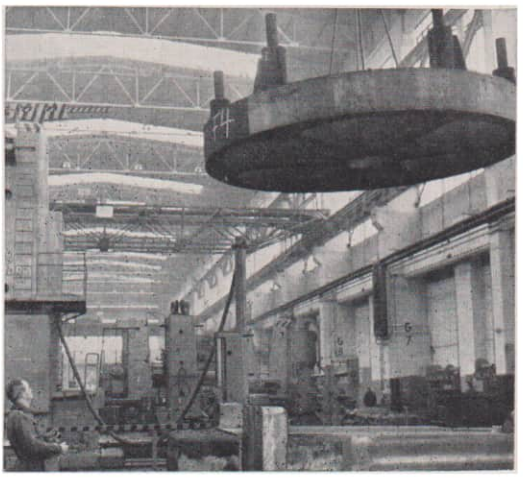
2



5

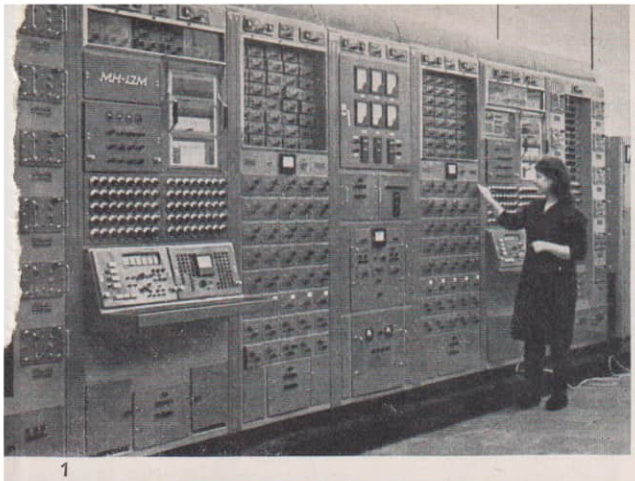


3



6

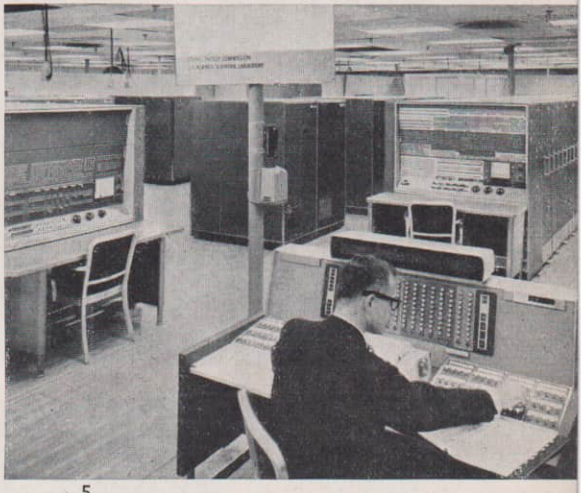
Messen, Steuern, Regeln. 1 Steuerwarte einer Rohsalzzerkleinerungsanlage im Kalibergbau. **2** Zentrale BMSR-Warte in einem Chemiewerk. **3** Blockwarte im ersten Kernkraftwerk der DDR bei Rheinsberg. Von hier aus werden vor allem der Kernreaktor und das Turboaggregat gesteuert. **4** Mengenmeßanlage. **5** Anlage zur Druckregelung: *a* Regler, *b* Druck-Meßwerk, *c* pneumatischer Stellmotor, **6** Funkfernsteuerung eines Industriekranes in einem Betrieb der Schwerindustrie



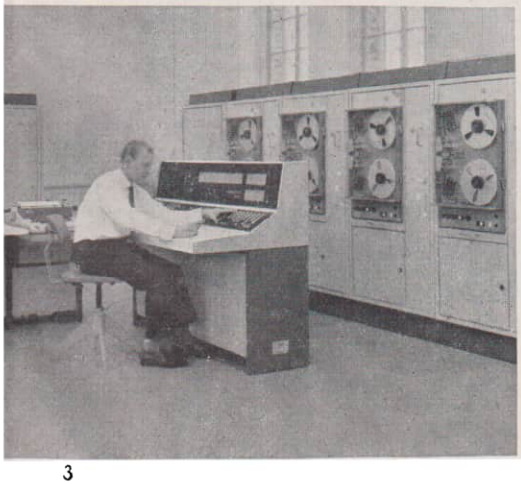
1

4

2

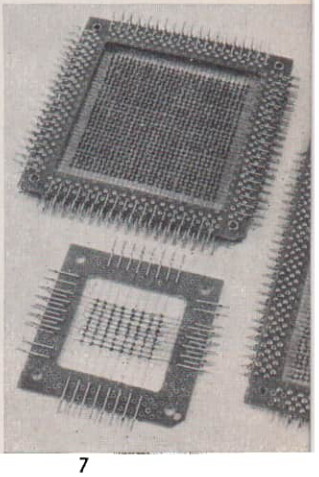


5



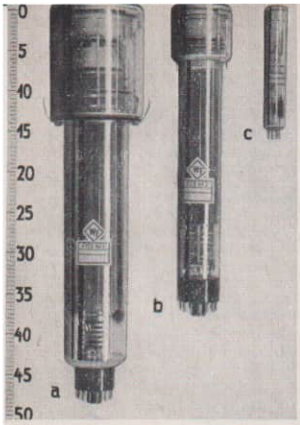
3

6

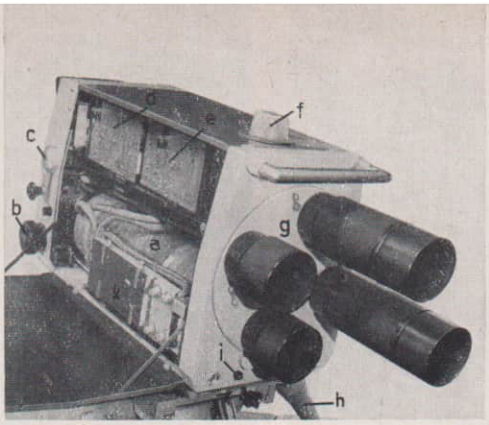


7

Elektronische Datenverarbeitung. **1** Analogierechenautomat MN-17 M (UdSSR). **2** bis **5** Digitalrechenautomaten: **2** Robotron 300 (DDR), Rückwand der Zentraleinheit geöffnet, Leiterplatten mit elektronischen Bauelementen. **3** Robotron 300 (DDR), Teilansicht; rechts Magnetbandeinheiten, Mitte Bedientisch, links Zentraleinheit. **4** Elliot 503 (Großbritannien), Steuerpult. **5** IBM Stretch (USA); vorn Steuerpult, im Hintergrund rechts Zentraleinheit. **6** Ascota Kleinbuchungsmaschine 117 L mit 8-Kanal-Streifenlocher für die Datenerfassung. **7** Speichermatrixebenen als Bauelemente für die elektronische Datenverarbeitung



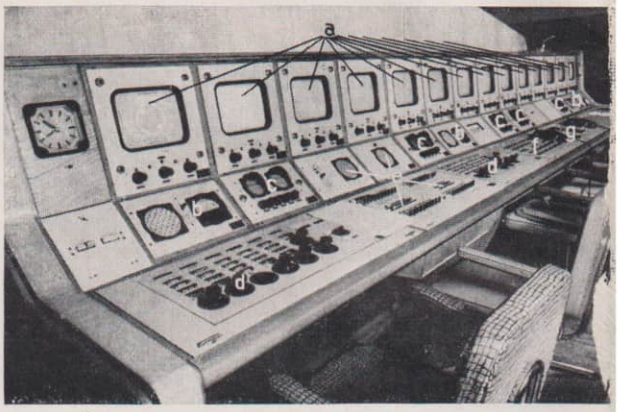
1



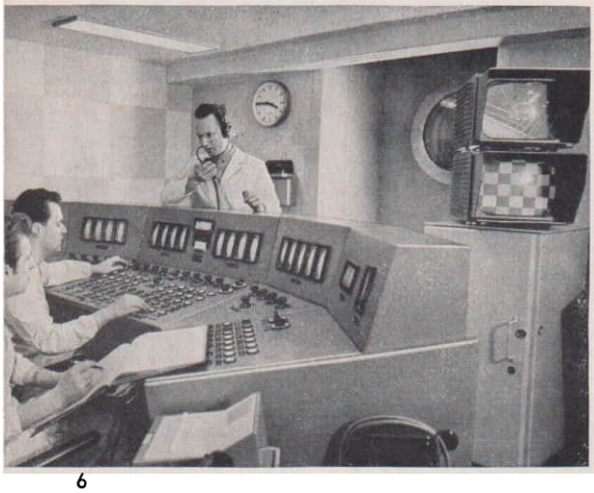
2

3

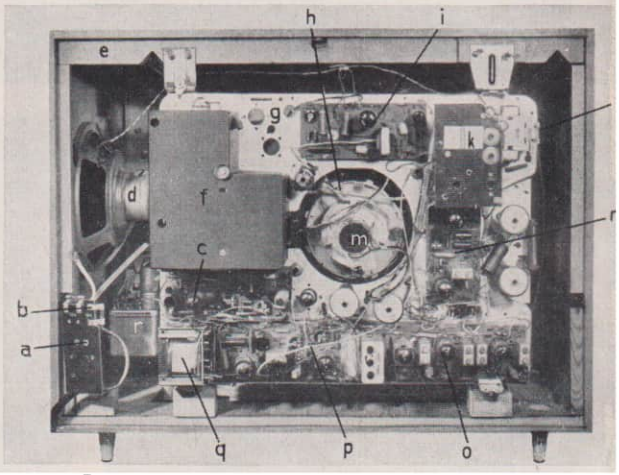
4



5



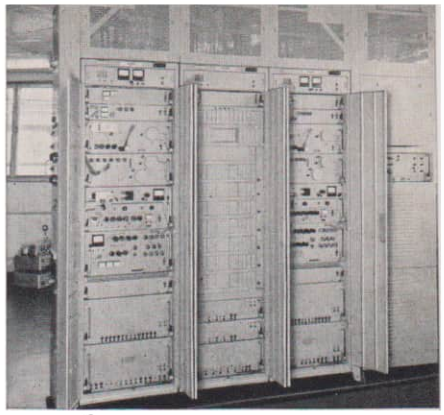
6



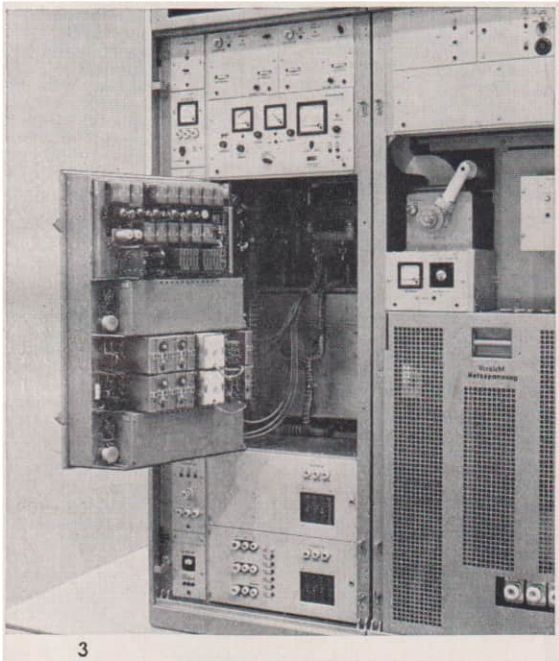
7

Fernsehtechnik. **1** Bildaufnahmeröhren: *a* 4½-Zoll-Superorthikon, *b* 3-Zoll-Superorthikon, *c* Vidikon (links cm-Maßstab zum Vergleich). **2** Transistorisierte Fernsehkamera: *a* Spulensatz mit 4½-Zoll-Superorthikon im Innern, *b* Schärfeeinstellung, *c* Objektivwechsler, *d* und *e* elektronische Sucher, *f* und *i* Leuchtsignale, *g* Objektivrevolver mit 4 Objektiven, *h* Kamerakabel, *k* Vorverstärker, **3** Farbfernsehkamera mit 3 Plumbikons: *a* Varioobjektiv, *b* Verständigungseinrichtung, *c* Bedienungselemente für Schärfe und Brennweite. **4** Aufnahme einer Szene im Fernsehstudio: Drei 3-Zoll-Superorthikon-Kameras, Mikrophonanlagen und Beleuchtungseinrichtung. **5** Endkontrollplätze im Hauptschaltraum des Fernsehstudiokomplexes in Berlin-Adlershof: *a* 14 Monitore für ankommende Bildquellen und abgehende Bildsignale, *b* Abhörlautsprecher, *c* Pegeloszillographen, *d* Wahlschalter für jeweils 4 Bildquellen, *e* Wechselsprecheinrichtung für die technischen Räume im Studiokomplex, *f* Abhöreinrichtung für Tonquellen, *g* Telefonplatte für außerhalb stehende Bildquellen, z. B. für Übertragungswagen. **6** Einsatz des industriellen Fernsehens im VEB Atomkraftwerk Rheinsberg. Von der Kransteuerkabine aus können mit Hilfe von Fernsehkameras Vorgänge im Reaktorsaal gesteuert werden. **7** Fernsehempfänger bei geöffneter Rückwand: *a* Antennenbuchse, *b* Netzsicherung, *c* Horizontalkippgenerator, *d* Lautsprecher, *e* Gehäuse, *f* Zeilentransformator und Hochspannungserzeugung (abgeschirmt), *g* Chassis, *h* Ablenksystem, *i* Vertikalkippgerät, *k* Tonausgangsübertrager, *l* Anodensicherung, *m* Bildröhre, *n* Tonverstärker, *o* Videozwischenfrequenzverstärker, *p* Videoendstufe und Amplitudensieb, *q* Vertikalkipp-Ausgangsübertrager, *r* Kanalwähler

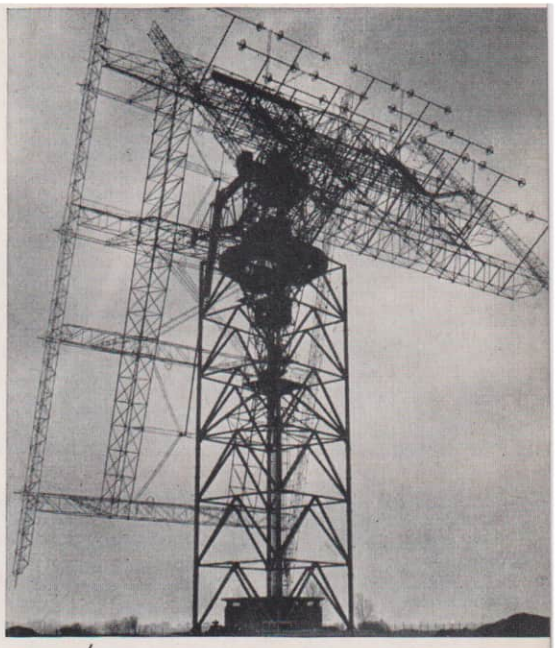
1



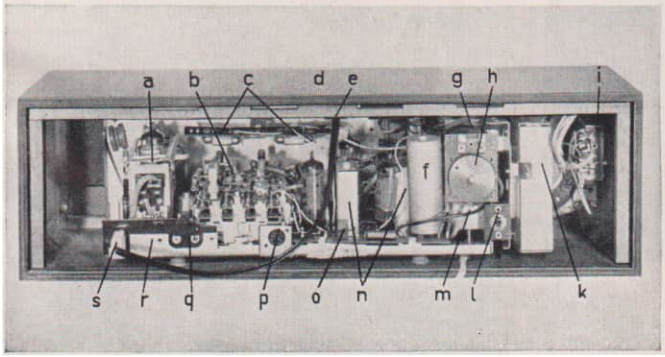
2



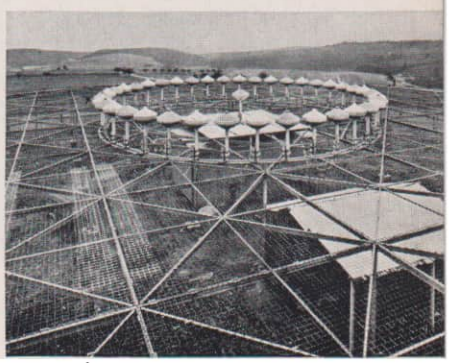
3



4



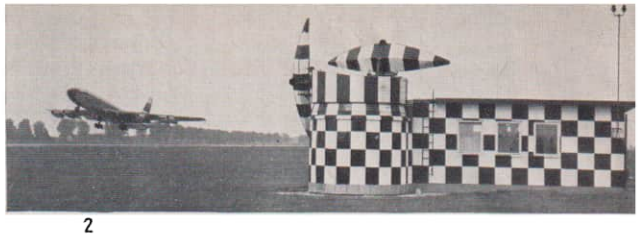
5



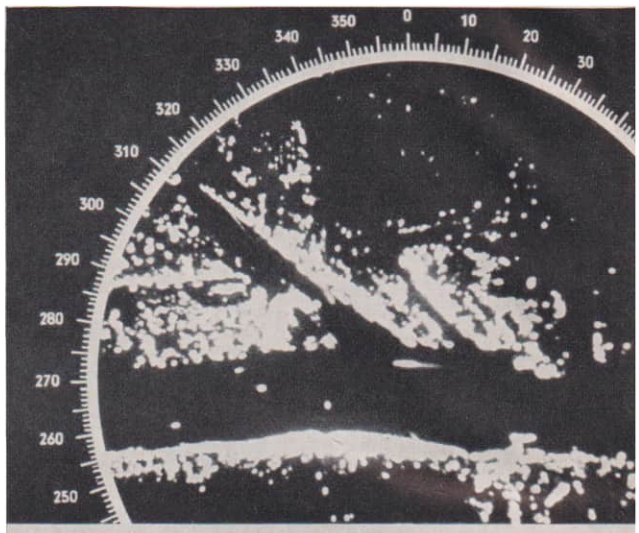
6

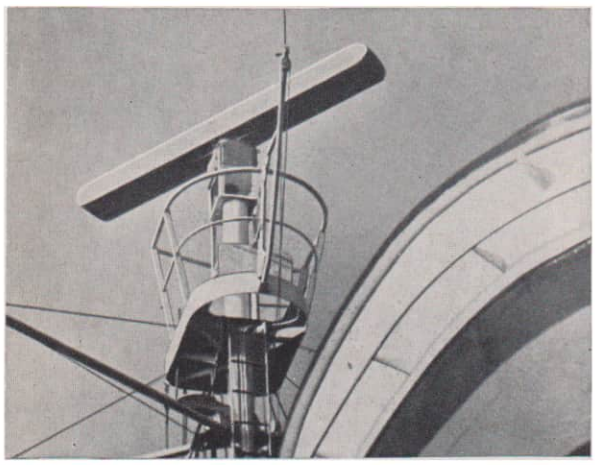
Rundfunktechnik. **1** Tonregieraum; im rechten Studio die Sprecher, vorn Regietisch, links Magnetbandgeräte. **2** Richtfunkanlage RVG 935 A, die die drahtlose Übertragung von 7 Rundfunktonkanälen mittels Pulsphasenmodulation im 2-GHz-Bereich ermöglicht. **3** Ausschnitt eines 3-kW-UKW-Rundfunksenders. **4** Dreh- und schwenkbare Kurzwellenrichtantenne. **5** Rundfunkempfänger AM-FM-Kleinsuper „Intimo" bei geöffneter Rückwand: *a* UKW-Tuner, *b* KML-Spulensatz, *c* Skalenbeleuchtung, *d* Gehäuse, *e* UKW-Innendipol, *f* Siebelko, *g* Netzsicherung, *h* Betriebsspannungswähler, *i* Ausgangstransformator, *k* Lautsprecher, *l* Lautsprecherbuchse, *m* Netztransformator, *n* ZE-Bandfilter, *o* gedruckte Schaltung, *p* Tonband- und Tonabnehmeranschluß, *q* KML-Antennenbuchse, *r* Chassis, *s* UKW-Antennenstecker. **6** **Funkortung:** Doppler-VOR-Antennenanlage zur Funkortung für die zivile Luftfahrt

1

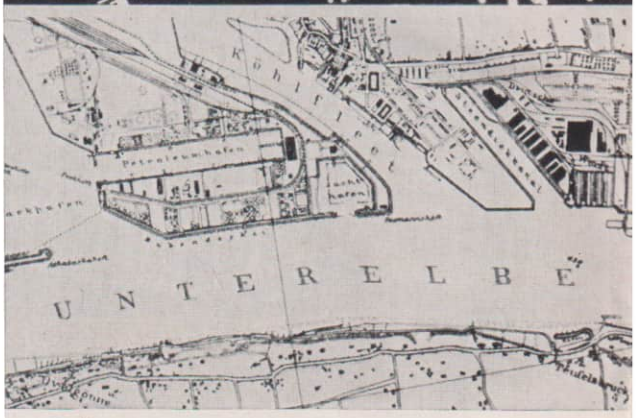


2





3

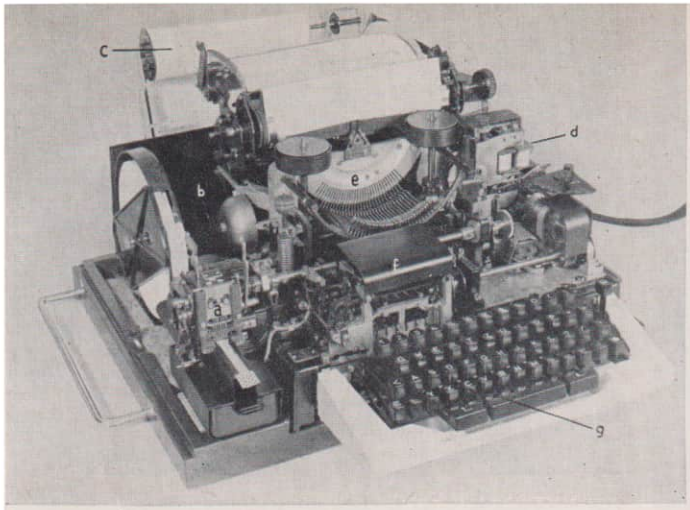


5

4

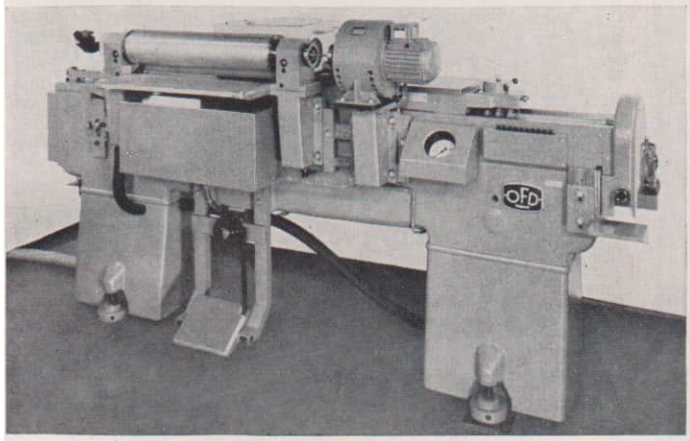
6

Radar. **1** Rotierende Parabolantenne einer Boden-Wetter-Radaranlage (Rundsicht-Radar) zur Wetterbeobachtung. Rechts daneben Kreuzrahmenantenne zur Peilung von Gewitterzentren. **2** Mechanisch geschwenkte Parabolantennen einer Präzisions-Anflug-Radaranlage (PAR, Landeradar) auf einem Flughafen. **3** Rotierende Schlitzantenne einer Schiffs-Radaranlage (Rundsicht-Radar) zum Kollisionsschutz und als Navigationshilfe. **4** Flugsicherungskontrollraum eines Verkehrsflughafens mit Radarsichtgeräten. **5** Oben: Rundsicht-Radarbild der Hafeneinfahrt des Hamburger Hafens; Teilbild einer Radarkette zur Überwachung des Schiffsverkehrs (die Aufhellungen in der Fahrrinne rühren von Schiffen her). Unten: Der dem Radarbild entsprechende Ausschnitt aus der Seekarte. **6** Rundsicht-Radarbild einer Boden-Wetter-Radaranlage. Langgestreckte Aufhellung in der Mitte: Böenwalze, rechts davon vorauseilendes Regengebiet. Weiteres siehe Tafel 11



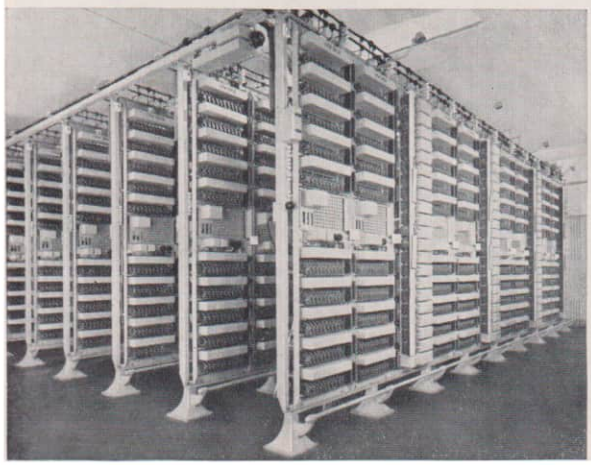
1

2

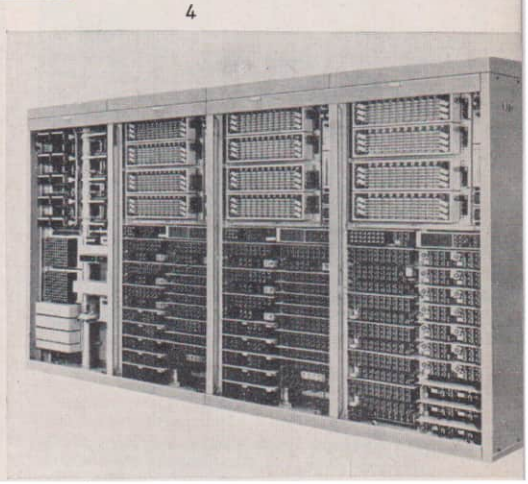


3

4

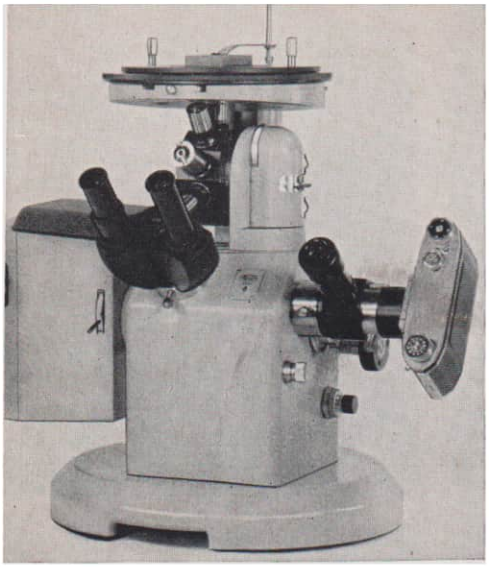


5

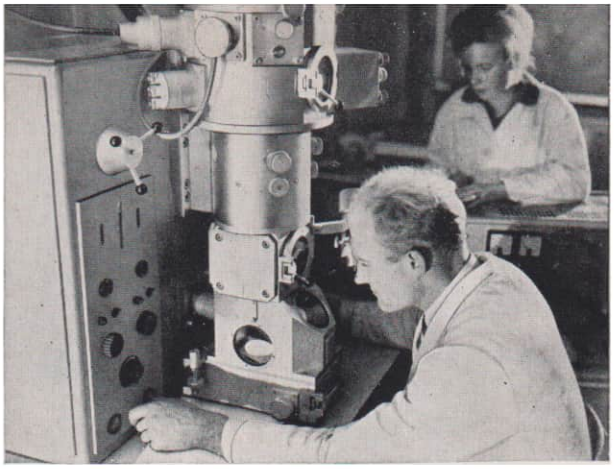


6

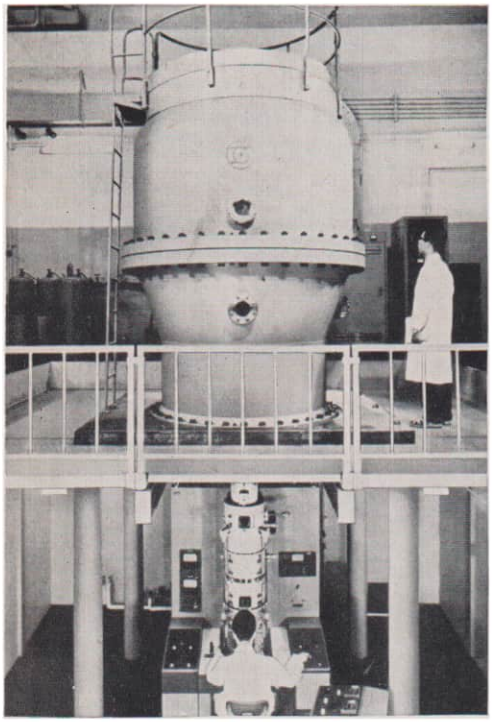
Fernschreib- und Fernsprechtechnik. **1** Blattschreiber T 51 ohne Holztischgehäuse mit angebautem Empfangslocher. *a* Empfangslocher, *b* Motor, *c* Vorratsrolle, *d* Empfänger, *e* Blattdrucker, *f* Sender, *g* Tastatur. **2** Komplette Fernschreibendstelle: Blattschreiber T 51 im Metallgehäuse mit angebautem Empfangslocher, Fernschaltgerät T 57 und Lochstreifensender T 53. **3** Sendemaschine des Faksimilegerätes „Bildtelegraf Z". **4** Hauptsprechstelle einer Wechselsprechanlage. **5** Vorwähler-Rahmen des Fernsprechvermittlungssystems VSTW 50. **6** Automatische Nebenstellenanlage „ATZ-64"



1



2



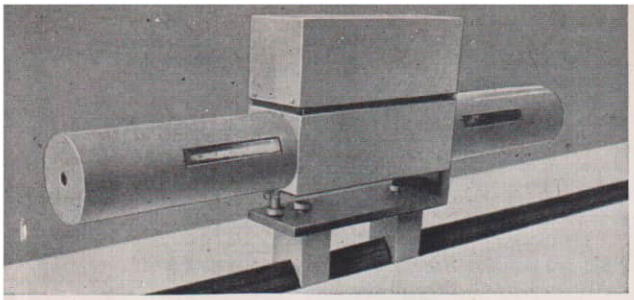
3

4

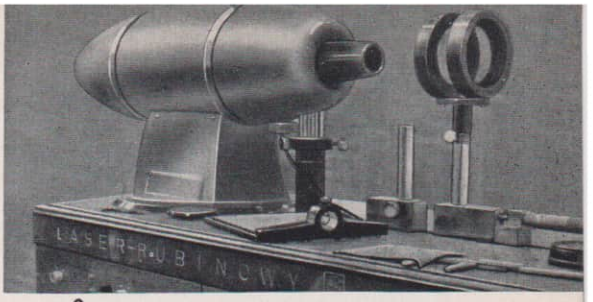
5

6

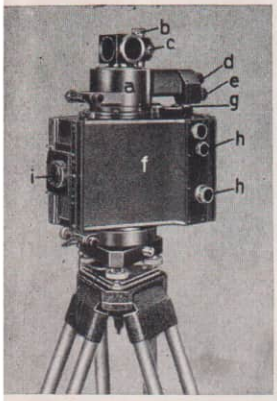
Mikroskopie. 1 Auflichtmikroskop „Epityp 2" des VEB Carl Zeiss Jena (für Vergrößerungen 40- bis 1250fach) mit MF-Kameraansatz. **2** Elektronenmikroskop: Elektronenoptische Anlage EF mit Ausrüstung für Emissionsmikroskopie des VEB Carl Zeiss Jena. **3** 1-Millionen-Volt-Elektronenmikroskop in Tokio, das zweitgrößte Elektronenmikroskop der Welt. **4.** Lichtmikroskopische Aufnahme von Titan, Vergrößerung 1650 : 1. **5** Aufnahme des gleichen Objektes mit dem Elektronenmikroskop (Emissionsmikroskop), Vergrößerung 1600 : 1. **6** Aufnahme von zu 80% durch Walzen verformtem Aluminium mit dem Elektronenmikroskop (Durchstrahlungsmikroskop), Vergrößerung 20000 : 1. Es sind einzelne Versetzungen sowie zahlreiche Subkorngrenzen erkenntlich



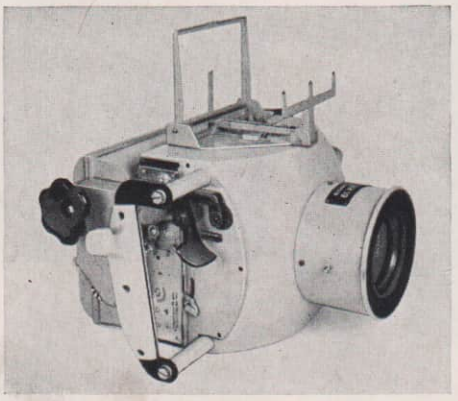
1



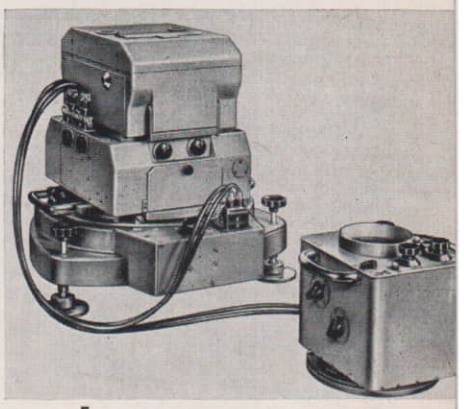
2



3



4



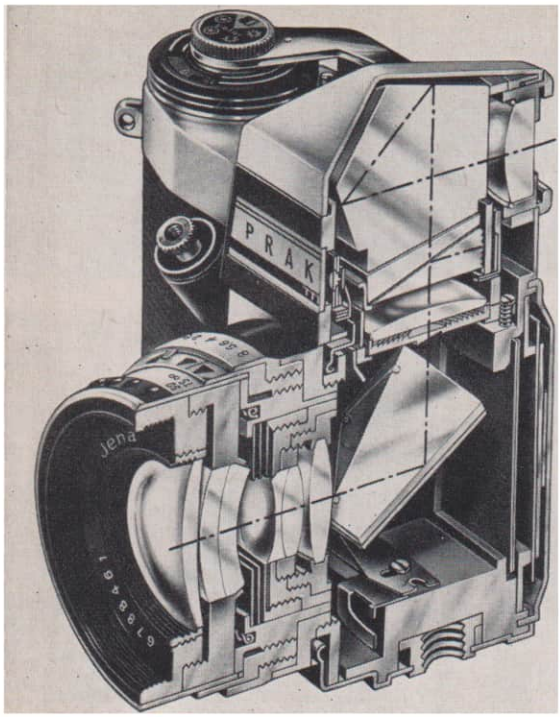
5

6

7

8

Laser. 1 Festkörperlaser des VEB Carl Zeiss Jena. **2** Polnischer Festkörperlaser (Rubinlaser). **3** bis **8 Photogrammetrie: 3** Phototheodolit. *a* Orientierungsaufsatz (Theodolit), *b* Drehknopf mit Skalentrommel für Vertikalwinkel, *c* Lupe zum Ablesen des Vertikalkreises, *d* Fernrohrokular, *e* Okular zum Ablesen des Horizontalkreises, *f* Kammerkörper, *g* Querlibelle, *h* Registriereinrichtungen, *i* Kammerobjektiv. **4** Luftbildhandkammer. **5** Luftbildmeßkammer (rechts) mit Steuergerät (links). **6** Luftmeßbild (Schloß Moritzburg); am Rand Meßmarken. **7** und **8** Ausschnitte aus einer Luftbildaufnahme (Waldgebiet) mit panchromatischer Emulsion **(7)** und Infrarotemulsion **(8)**; Laubholz erscheint fast weiß gegenüber Nadelholz

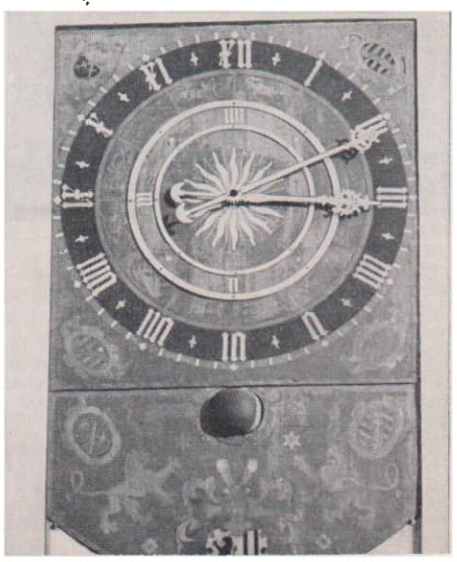


1

2

3

4

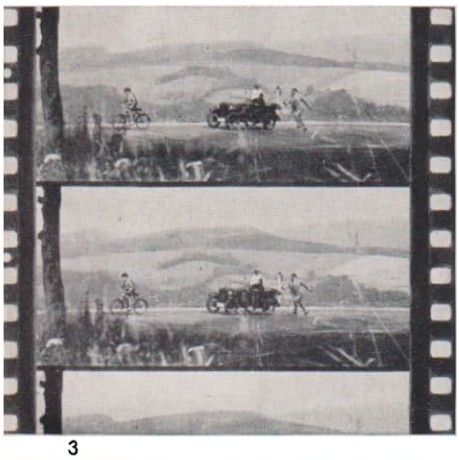


5

Photographie. **1** Einäugige Spiegelreflexkamera Praktica mat mit Prismensucher, Rückkehrspiegel und Innenmessung. **2** Kleinbildkamera Praktica mat mit Zusatzgeräten: *a* Doppeldrahtauslöser, *b* bis *d* Zwischenringe, *e* Blitzleuchtenschuh, *f* Einstellfernrohr, *g* Augenmuschel, *h* Umkehrring, *i* Spezialzwischenring, *k* Einstellschlitten, *l* Balgennaheinstellgerät, *m* Winkelsucher, *n* Kamera mit Tessar, *o* Farbfilter, *p* Standardobjektiv Domiplan, *q* Weitwinkelobjektiv Lydith, *r* Standardobjektiv Tessar, *s* Porträtobjektiv Biometar, *t* Weitwinkelobjektiv Flektogon, *u* Porträtobjektiv Biotar, *v* Teleobjektiv Sonnar, *w* Teleobjektiv Orestegor, *x* Teleobjektiv Telemegor. **3** bis **5** Aufnahmen vom gleichen Standort mit verschiedenen Objektiven: **3** mit Normalobjektiv, **4** mit Weitwinkelobjektiv, **5** mit Teleobjektiv

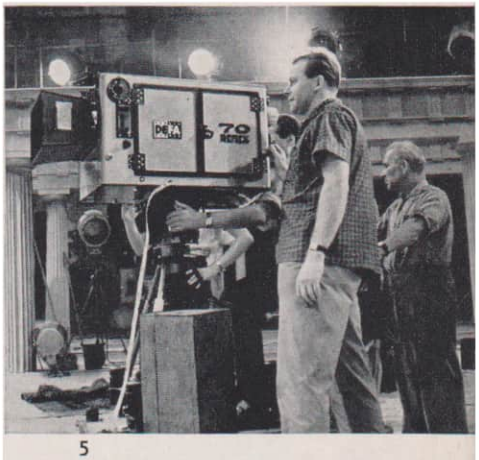
1

2



3

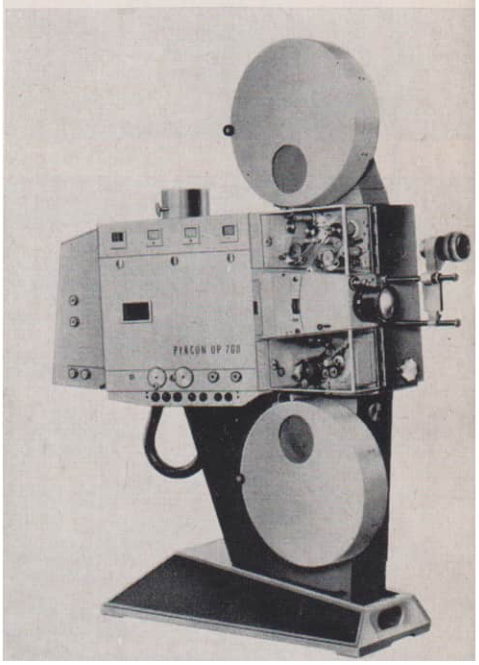
4



5

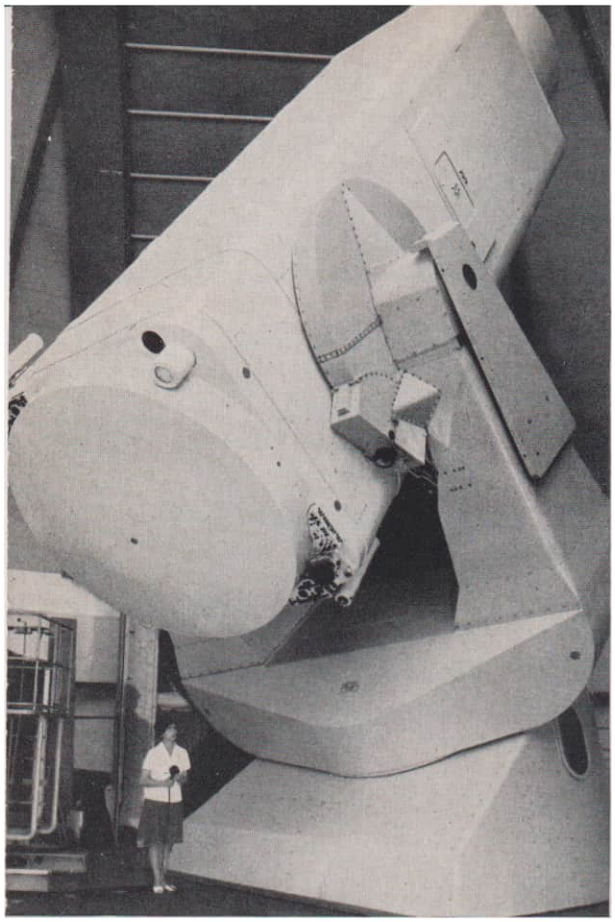
6

7

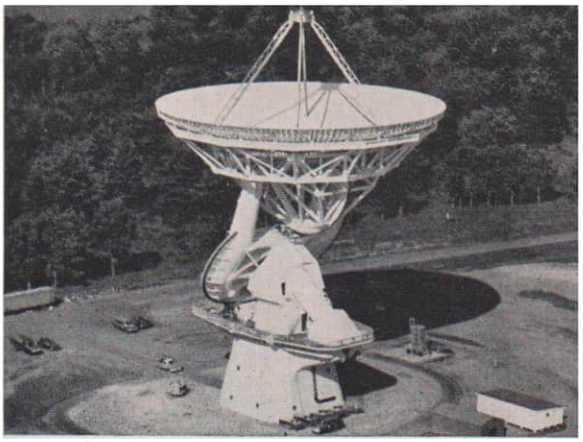


8

Filmtechnik. **1** Normalbild, Verhältnis Breite zu Höhe 1,37 : 1. **2** Bild beim CinemaScope-Verfahren (Breitwand), Seitenverhältnis 2,35 : 1. **3** 70-mm-Film mit 6-Spur-Magnettonaufzeichnung. **4** 35-mm-Film mit anamorphotischem Bild und 4-Spur-Magnettonaufzeichnung. **5** 70-mm-Aufnahmekamera der DEFA im Einsatz. **6** Schneidetisch in einem Schneideraum. **7** Mischpult im Mischatelier des Studios für Spielfilme der DEFA. **8** Filmprojektor (Theatermaschine) Pircon UT 700

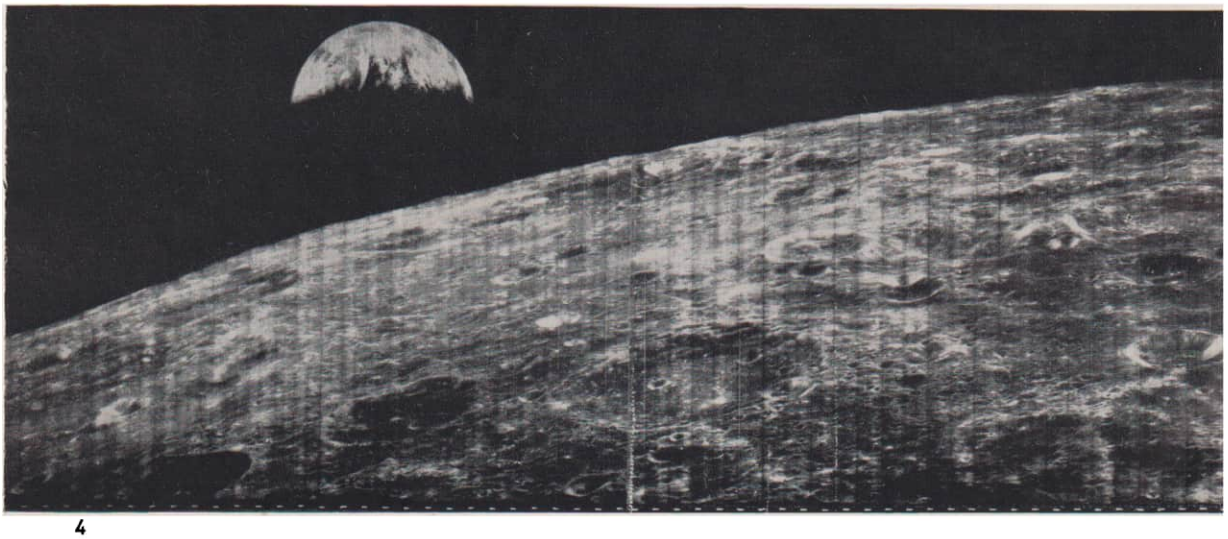


1



2

3



4

Astronomie. 1 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop des Karl-Schwarzschild-Observatoriums der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin in Tautenburg. **2** 140-foot-Radioteleskop Green Bank (USA). **3** Aufnahme der Erde vom Raumschiff aus (Gemini 11); Höhe 850 km. In der Mitte Indien mit der durch die Palk-Straße getrennten Insel Ceylon, links Arabisches Meer, rechts davon Golf von Bengalen, im Vordergrund links die Radarantenne einer Agena-Zielrakete. **4** Aufnahme des Mondes vom Mondsatellit Lunar Orbiter I (USA) aus (1966). Im Hintergrund die zum Teil im Mondschatten liegende Erde