

Einführung in die sozialistische Produktion

Klasse

9

Industrielle Gebiete



**Einführung
in die sozialistische
Produktion
Klasse 9**

Industrielle Gebiete



**Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1966**

Die Manuskripte verfaßten:

Gerhard Schwebs, Halle (Maschinenkunde I) unter Mitarbeit von Prof. Dipl.-Ing. A. Bock, Ilmenau (insbesondere Getriebe), Artur Kondritz, Berlin (Die Nutzung der Elektroenergie in der Volkswirtschaft, Prüf- und Meßverfahren), Heinz Graff, Berlin (Starkstromtechnik), in Zusammenarbeit mit der Redaktion Polytechnische Bildung und Erziehung des Verlages.

Bei der Bearbeitung einzelner Textstellen wurden bisher erschienene Lehrbücher des Verlages berücksichtigt.

Vom Ministerium für Volksbildung der Deutschen Demokratischen Republik als Schulbuch bestätigt.

Redaktionsschluß der 2. Auflage: 15. 11. 1965

1. Auflage 1965

Redaktion: Gerda Mehlis · Heinz Graff · Inge Enger

Einband und Vorsatz: Edgar Schellenberg

Grafische Gestaltung: Atelier Volk und Wissen

Volkseigener Verlag Berlin

ES 10 E · Best.-Nr. 06 09 01-2 · Lizenz-Nr. 203

Preis 1,50 · 1000/65 (BN)

Satz: Volksstimme Magdeburg, 3018 Magdeburg

Druck: VEB Fachbuchdruck, Naumburg (Saale) IV/26/14

INHALTSVERZEICHNIS

MASCHINENKUNDE I		<i>Getriebe</i>	29
<i>Maschinenelemente als Grundbestandteile der Maschinen</i>	5	Aufgaben der Getriebe	29
Arten und Aufgaben der Maschinenelemente	6	Arten der Getriebe	30
Standardisierung der Maschinenelemente	7	Zahnradgetriebe	31
		Reibkörpergetriebe	35
<i>Achsen, Wellen, Zapfen</i>	9	Zugmittelgetriebe	37
		Getriebe mit Reibübertragung	38
Achsen	9	Kettengetriebe	39
Wellen	11	Schraubenge triebe	40
Hauptformen der Wellen	12	Aufgaben und Anwendung	40
Sonderformen	13	Wirkungsweise der Schraubenge triebe	40
Zapfen	14	Kurbel- oder Gelenkgetriebe	41
Werkstoffe, Oberflächengüte und Standardisierung	15	Aufgaben und Anwendung	42
		Systematischer Aufbau der Gelenkgetriebe	42
<i>Lager</i>	17	Kurvengetriebe	45
		Aufbau der Kurvengetriebe	46
Allgemeine Bauformen	18	Flüssigkeitsgetriebe	47
Gleitlager	19	Stufenlose Drehzahlwandler	48
Lagerwerkstoffe	19	Schaltgetriebe	48
Schmierung	20		
Gesamtaufbau der Gleitlager	21	<i>Rohrleitungen und Armaturen</i>	51
Beispiele für Gleitlager	21	Aufgaben und Anwendung	51
Wälzlager	22	Bauelemente	52
Einteilung der Wälzlager	22	Rohre	52
Wälzlager—Werkstoffe	23	Rohrverbindungen	53
Wälzlager—Schmierung	23	Armaturen	54
<i>Kupplungen</i>	24	ELEKTROTECHNIK I	
Aufgaben und Arten der Wellenkupplungen	24	<i>Die Nutzung der Elektroenergie in der Volkswirtschaft</i>	55
Einteilung der Kupplungen	25	Das Energieproblem	55
Anwendungsbeispiele	25	In der Natur vorkommende Energiearten,	
Berechnungsgrundlagen	27	ihre Vor- und Nachteile	56

Elektroenergie	56	<i>Prüf- und Meßverfahren</i>	87
Elektroenergieerzeugung	57	Spannungsprüfung mit dem Polsucher	87
Die Energieverteilung	58	Durchgangsprüfungen	88
Die Elektroenergieverbrauchsgruppen	59	Anwendungsbereich	89
Elektroenergie in der Industrie	60	Geräte zur Durchgangsprüfung	89
Elektroenergie in der Landwirtschaft	61	Meßgeräte und Meßtechnik	90
Elektroenergie im Haushalt	61	Einteilung der Meßgeräte nach der zu	
Entwicklung und Perspektive der		messenden Größe	90
Elektroenergieerzeugung	61	Einteilung der Meßgeräte nach der Bauart	90
		Einteilung der Meßgeräte nach dem	
		Funktionsprinzip	92
		Kennzeichen der Meßgeräte	92
<i>Starkstromtechnik (Einführung)</i>	63	Strommessungen	92
		Meßgeräte für Strommessungen	92
Aufgaben der Elektroinstallation	64	Schaltung des Strommessers	93
Leitungsverlegung	65	Spannungsmessungen	93
Verteilungen und Abzweigungen	67	Meßgeräte für Spannungsmessungen	93
Materialien der Installationstechnik	68	Schaltung des Spannungsmessers	93
Werkstoffe	68	Leistungsmessungen	93
Leitungs- und Rohrmaterial	69	Berechnung der Leistung durch Strom-	
Elektrische Schaltgeräte	72	und Spannungsmessung	93
Schaltungen der Installation	73	Widerstandsmessungen	94
Arten von Schaltplänen	74	Das Kreuzspulmeßgerät	94
Schaltungen	75	Die Meßbrücke	95
Elektrische Beleuchtung	77	Isolationsprüfungen	96
Glühlampen	77	Der Isolationsmesser	97
Niederspannungs- Leuchtstofflampen	77	Messen des Isolationswiderstandes Leitung	
Leuchten	79	gegen Leitung	97
Elektrowärme	82	Messen des Isolationswiderstandes einer	
Verfahren zur Erzeugung von Elektro-		ganzen Anlage oder eines Teilstückes	
wärme	82	gegen Erde	97
Elektrowärmegeräte	83	Sachwortverzeichnis	99

Maschinenelemente als Grundbestandteile der Maschinen

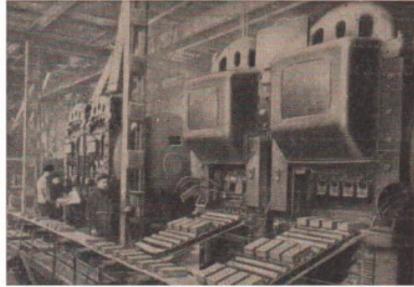
Alle Maschinen, Apparate und Geräte haben entsprechend ihren Aufgaben ganz bestimmte Funktionen auszuführen.

Mit der Ziegelpresse (Bild 5/1) zum Beispiel werden Mauerziegel hergestellt. Ihre Arbeitsleistung beträgt 5000 Stück je Stunde. Mit der Elektrokettensäge (Bild 5/2) werden Bäume gefällt.

Auf der Webmaschine (Bild 5/3) werden zwei oder mehrere Fadensysteme rechtwinklig verkreuzt und so zu einem Gewebe verbunden.

Der Hubschrauber wird im Luftnahverkehr eingesetzt, weil er nur eine kleine Start- und Landefläche braucht. Außerdem dient er als Hebemittel. In Bild 5/4 hilft er bei der Demontage eines Schornsteingerüsts.

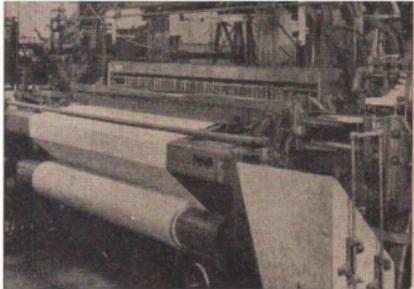
So unterschiedlich die Aufgaben der technischen Einrichtungen auch sind, in ihrem Aufbau lassen sich viele Gemeinsamkeiten erkennen. Denn überall dort, wo Teile miteinander verbunden sind, findet man Schrauben, Nieten, Keile usw. Werden drehende Bewegungen ausgeführt und Drehmomente übertragen, findet man z. B. Wellen, Zapfen, Lager, Kupplungen und Zahnräder. Diese und andere Teile kommen immer wieder in gleicher oder ähnlicher Form an allen Maschinen und Geräten vor, weil überall gleichartige Teilaufgaben zu erfüllen sind. Diese Bauteile oder Baugruppen bilden die Grundbestandteile aller technischen Gebilde. Denn so wie alles Stoffliche sich aus Grundstoffen, den *Elementen*, aufbaut, besteht auch



5/1



5/2



5/3



5/4

jede technische Einrichtung aus Grundbestandteilen. Sie werden in der Technik *Maschinenelemente* genannt.

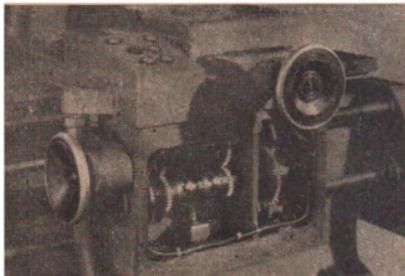
Arten und Aufgaben der Maschinenelemente

Die Maschinenelemente sind nicht nur in Maschinen enthalten, wie der Name sagt, sondern auch in allen technischen Einrichtungen des täglichen Lebens. Beim Öffnen einer Tür zum Beispiel drückt man die Klinke herunter und schiebt damit die Schloßfalle zurück, die die Tür abgesperrt hat (Bild 7/2). Beim Bedienen eines Fernsehgerätes betätigt man Tasten und Drehknöpfe. Alle Teile, die zum Bedienen technischer Einrichtungen angebracht sind, heißen *Bedienelemente*.

- Suchen Sie Bedienelemente in den Bildern 5/2 und 6/1!

Ihre Form ist einer Betätigung durch Hand oder Fuß angepaßt. Bei ihrer Konstruktion sind die Naturgesetze so geschickt ausgenutzt worden, daß zu ihrer Bedienung nur geringe Körperkräfte erforderlich sind.

- Schaltknöpfe, Handräder, Kurbeln, Griffe, Hebel usw. sind Bedienelemente.



6/1 Handräder

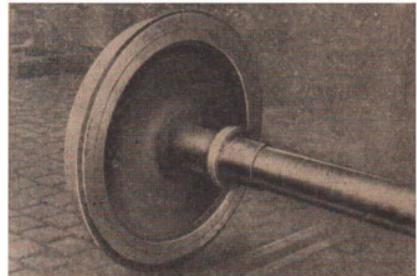
Muß das Türschloß zur Reparatur ausgebaut werden, so entfernt man vorher die Türklinke und das Schließblech. Die Türklinke war mit dem Schloß durch einen Stift und das Schließblech war mit der Tür durch Schrauben verbunden. Alle Teile, die zum Verbinden anderer Teile benutzt werden, heißen *Verbindungselemente*.

- Suchen Sie gleiche Verbindungselemente in den Bildern 5/1, 5/2 und 5/3!

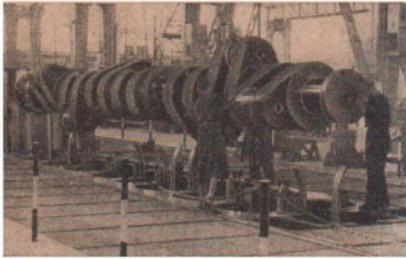
- Schrauben, Niete, Stifte, Keile, Paßfedern usw. sind Verbindungselemente.

Eine dritte Gruppe kann entsprechend ihrer Funktion unter dem Namen *Elemente der drehenden Bewegung* zusammengefaßt werden. In diese Gruppe gehören die Achsen, Wellen, Lager und Wellenkupplungen. Das sind Maschinenteile, die sich selbst drehen oder direkt an der drehenden Bewegung beteiligt sind. Das Letztere kann besonders für Achsen und Lager gelten.

Als Beispiele seien genannt die Achse eines Schubkarrens oder eines Eisenbahnwaggons (Bild 6/2), Schiffswellen mit ihren großen Lagern und Kupplungen, die Welle des Elektromotors mit den entsprechenden Lagern, Kurbelwellen der mehrzylindrigen Motoren (Bild 7/1) usw.



6/2 Waggonachse

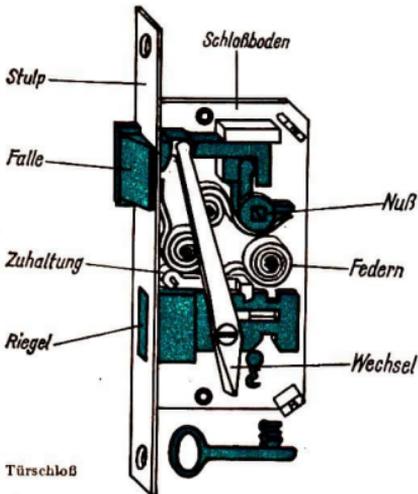


7/1 Kurbelwelle

Vergleicht man z. B. die in Bild 7/1 dargestellte Kurbelwelle mit der Welle einer Armbanduhr, so wird man feststellen, daß trotz der unterschiedlichen Abmessungen beide die gleiche Funktion haben.

► Achsen, Wellen, Lager und Wellenkuppungen sind Elemente der drehenden Bewegung.

Eine weitere Gruppe der Elemente sind die Getriebe, das sind Baugruppen zur Übertragung und Umwandlung von Bewegungen.



7/2 Türschloß

● Untersuchen Sie die Bewegungsumwandlung am Türschloß!

(Die Nuß wird durch die Klinke bewegt.)

Bei der Untersuchung werden Sie feststellen, daß das Schloß aus mehreren beweglichen Teilen besteht. Falle—Nuß—Klinke, sowie Riegel—Schlüssel stellen jeweils ein selbständiges Getriebe dar.

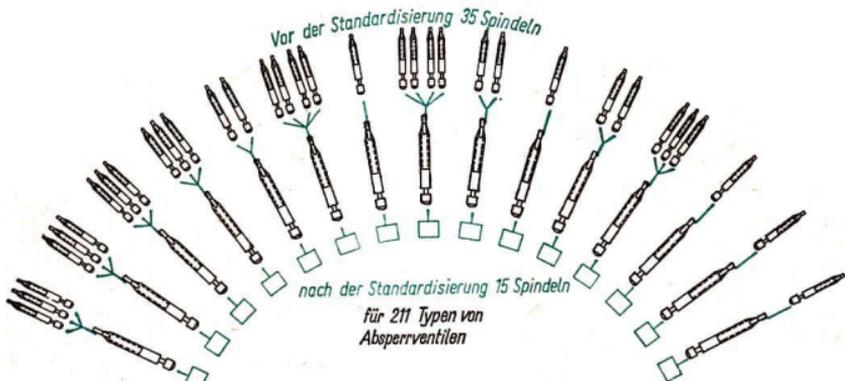
In vielen technischen Einrichtungen, besonders in der chemischen Industrie, sind Bauelemente zur Weiterleitung und Steuerung von Flüssigkeiten und Gasen erforderlich. In diese Gruppe gehören die Rohre, Rohrverbindungen und Armaturen.



7/3 Demontage eines Luftventils

Standardisierung der Maschinenelemente

Alle diese Elemente und ihre Grundbestandteile sind so gestaltet, daß sie ohne Nacharbeit montiert werden können. Bei Reparaturarbeiten werden sie als Ersatzteile benötigt. Wenn ein beschädigtes Teil durch



8/1 Standardisierte Ventilspindeln

ein neues ersetzt werden soll, so muß es in Form und Größe dem alten entsprechen, damit es ohne Nacharbeit ausgetauscht werden kann. Um den Austauschbau zu ermöglichen und damit die Reparaturzeit zu verkürzen, haben sich die Herstellerbetriebe auf bestimmte Formen und Abmessungen geeinigt. Diese Festlegung auf bestimmte Formen und Abmessungen wird *Standardisierung* genannt. Sie bedeutet eine Verringerung der Zahl der verschiedenen Typen. Diese Typeneinschränkung bringt für Reparatur- und Herstellerbetriebe und damit für die gesamte Volkswirtschaft großen ökonomischen Nutzen: Wenn für eine bestimmte Zahl von zu fertigenden Teilen nur noch wenige Typen erforderlich sind, dann steigt die Stückzahl je Typ, und es können wirtschaftliche Verfahren und Maschinen, zum Beispiel Automaten, eingesetzt werden.

Dazu ein Beispiel: Bis zum Jahre 1957 produzierten in der Deutschen Demokratischen Republik vier Betriebe 28 verschiedene Typen eines bestimmten Absperrventils. Dieser Zustand war aus der kapitalistischen Vergangenheit übernommen worden. Durch die Standardisierung wurde die Zahl der Typen auf sieben eingeschränkt. Die Fertigung dieser Typen wurde vom VEB Industriearmaturen-

und Apparatebau Leipzig übernommen. Seit 1958 hat der Betrieb die Fertigung automatisiert. Durch diese Maßnahme wurde neben einer beachtlichen Selbstkostensenkung und anderen ökonomischen Vorteilen die Arbeitsproduktivität auf 262 Prozent gesteigert.

Ein weiteres Beispiel für die Standardisierung finden Sie, wenn Sie das Bild 5/1 aufmerksam betrachten.

Die Beispiele zeigen, daß durch die Standardisierung der Einsatz von Automaten möglich wird.

- Die Standardisierung ist eine wichtige Voraussetzung für die Automatisierung. Durch die Automatisierung kann der ökonomische Nutzen wesentlich erhöht werden.

AUFGABEN

- Stellen Sie die bereits erwähnten Maschinenelemente an einer Maschine (Apparat, Gerät) Ihres Betriebes fest und ordnen Sie diese in die behandelten Gruppen ein!
- Erklären Sie an einem Maschinenelement, zum Beispiel an der Schraube, die Vorteile der Standardisierung in bezug auf Herstellung und Austausch!

Achsen, Wellen, Zapfen

Überall dort, wo in der Technik drehende Bewegungen ausgeführt werden, findet man Achsen, Wellen und Zapfen.

Im Gegensatz zu den Achsen, die nur die Aufgabe haben, drehende Maschinenteile zu tragen und zu lagern, müssen Wellen vor allem die Drehmomente vom Antrieb aufnehmen und sie zu einem anderen Maschinenteil weiterleiten. An diesen Merkmalen lassen sich die Achsen von den Wellen unterscheiden. Die Zapfen sind die Teile der Achsen und Wellen, an denen diese unterstützt beziehungsweise gelagert sind.

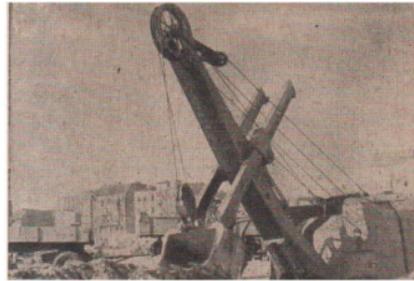
Bild 9/1 zeigt einen Schaufelbagger. Die Umleitrolle ist auf einer Achse befestigt. An der einfachen Seilwinde (Bild 9/2) sind zwei Wellen zu erkennen. Bei Inbetriebnahme wird die Kurbel durch Handkraft in Bewegung gesetzt. Das dadurch entstehende Drehmoment wird auf die Welle übertragen, die es an das Zahnrad weitergibt.

Im Kraftfahrzeugbau spricht man oft von Achswellen. Der Begriff ist jedoch irreführend. Bild 9/3 zeigt die Vorderachse eines Kraftfahrzeugs. Sie ist klar als Achse zu erkennen, denn sie trägt nur das Rahmengestell und gibt den Rädern die Führung. Die Hinterachse aber (Bild 9/4), die auch Achswelle genannt wird, ist ihrer Funktion nach eine Welle. Sie hat die Motorleistung, beziehungsweise das erzeugte Drehmoment, auf die Hinterräder zu übertragen.

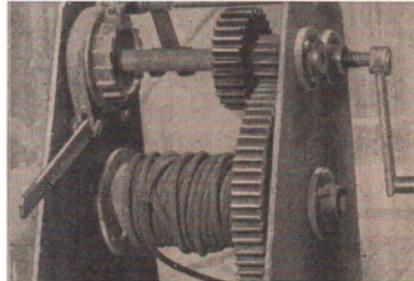
Ähnlich ist es bei Lokomotiven, wo man von Laufachsen und Treibachsen spricht. Die Treibachsen sind, exakt ausgedrückt, die Wellen.

Achsen

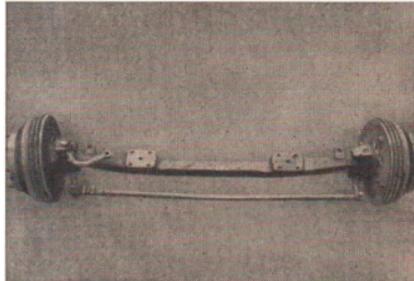
- Achsen haben die Aufgabe, drehende oder schwingende Funktionsteile zu tragen und



9/1



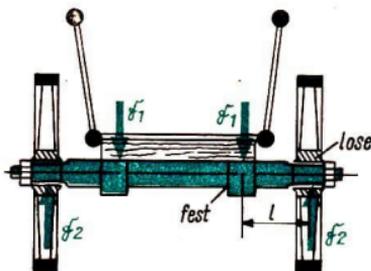
9/2



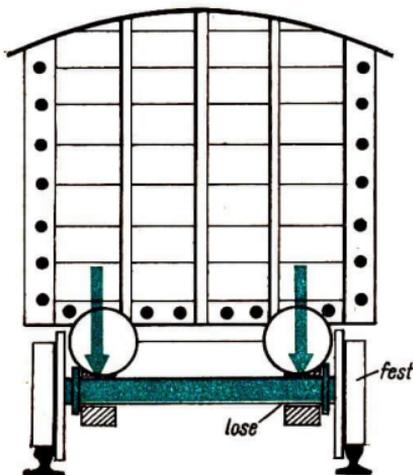
9/3



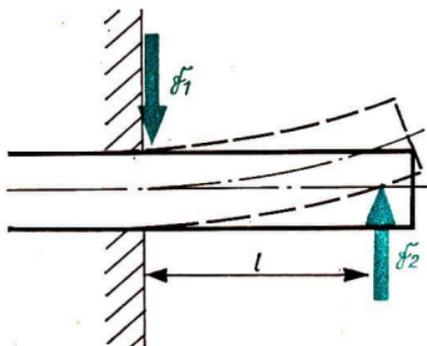
9/4



10/1 Achse am Fuhrwerk



10/2 Achse am Eisenbahnwagen



10/3 Einseitige Biegung an der feststehenden Achse

zu lagern, d. h. die entsprechenden Stützkkräfte aufzunehmen, ohne daß ein Drehmoment weitergeleitet wird.

Beispiele: Achsen von Straßen- und Schienenfahrzeugen (Bild 10/1 und 10/2), Achsen von Umleitrollen in Baggern (Bild 9/1) und Schachtförderanlagen, Achse einer Luftschaukel.

Funktion. Bei den Achsen gibt es verschiedene Möglichkeiten der Funktion: Die drehenden Teile, denen die Achse als Führung dient, können auf der Achse befestigt sein (z. B. Radsätze der Eisenbahnwaggons, Bild 10/2). Die Achse dreht sich in diesem Falle mit. Die Achse kann aber auch an einem anderen Teil befestigt sein. Dann laufen die drehenden Teile wie beim gespannfahrzeug lose auf der Achse (Bild 10/1).

Diese am Wagengestell feste Achse wird durch die Nutzmasse mit Wagenkasten und die Gegenkräfte von den Rädern her immer in der gleichen Richtung auf Biegung beansprucht.

Für die Berechnung einer solchen Achse gelten die gleichen Gesetze wie beim eingespannten Träger. Man nimmt an, daß die Achse dort eingespannt ist, wo die Last F_1 aufsitzt, so daß die Gegenkraft F_2 am Hebelarm l wirkt (Bild 10/3, s. auch Bild 10/1). Es entsteht hierbei ein Biegemoment:

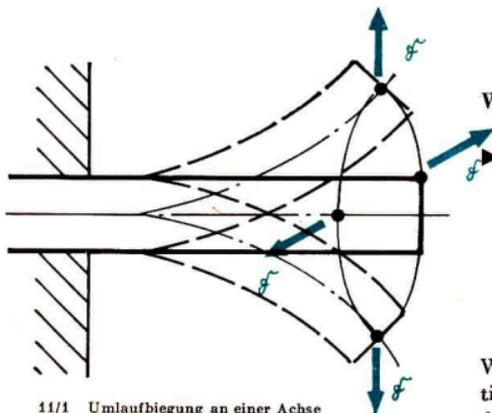
$$M_b = F \cdot l \quad (\text{in kpcm}),$$

wobei die Kraft F in kp und die Länge l in cm zu messen sind.

● Vergleichen Sie die Formel mit dem Hebelgesetz!

Durch das Biegemoment wird in Bild 10/3 der Werkstoff unten gezogen und oben gedrückt. Dabei treten in den äußeren Rand-

zonen die größten Spannungen auf. Diese Spannungen dürfen den elastischen Bereich nicht überschreiten, sonst tritt in der Achse eine bleibende Verformung ein, das heißt, sie wird verbogen. Ist der Werkstoff härter, kann die Achse sogar brechen. Bei der umlaufenden Achse des Eisenbahnwaggons wird der Werkstoff auf Umlaufbiegung beansprucht. Darunter versteht man eine Biegung, bei der die umlaufende Achse immer wieder nach einer anderen Richtung gebogen wird (Bild 11/1).

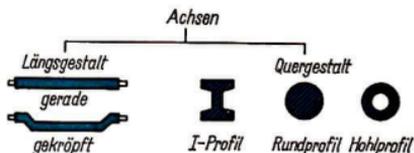


11/1 Umlaufbiegung an einer Achse

Die dabei im steten Wechsel entstehenden Zug- und Druckspannungen bezeichnet man auch als *Biegewechselspannungen*. Die gleiche Beanspruchung erreicht man durch das Hin- und Herbiegen eines an beiden Enden gehaltenen Stabes.

- **Feststehende Achsen werden einseitig auf Biegung, umlaufende Achsen werden auf Umlaufbiegung beansprucht.**

Konstruktive Ausführung der Achsen. Bei *nicht umlaufenden* Achsen richtet sich die Form danach, wie sie sich am besten



11/2 Form der Achsen

befestigen lassen. Außerdem sollen sie möglichst biegefest sein. Bei Fahrzeugen werden die Achsen häufig gekröpft, um den Schwerpunkt des Fahrzeuges niedrig zu legen.

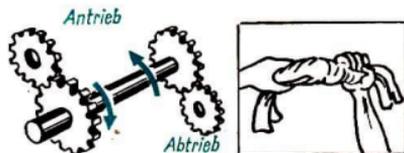
- *Überlegen Sie, wie eine umlaufende Achse beschaffen sein muß!*

Wellen

► **Wellen haben die Hauptaufgabe, Drehmomente weiterzuleiten. Daneben haben sie häufig auch noch drehende Funktionsteile zu lagern.**

Beispiele: Kurbelwellen von Motoren, Transmissionswellen (Bild 12/3), Treibkurbelwelle im Fahrzeug.

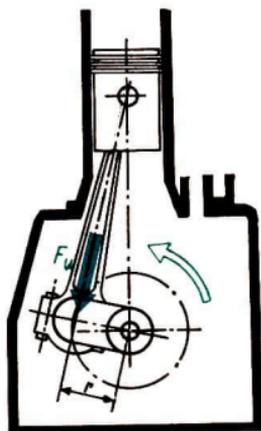
Wellen werden entsprechend ihrer Funktion, Drehmomente zu übertragen, auf Verdrehung beansprucht.



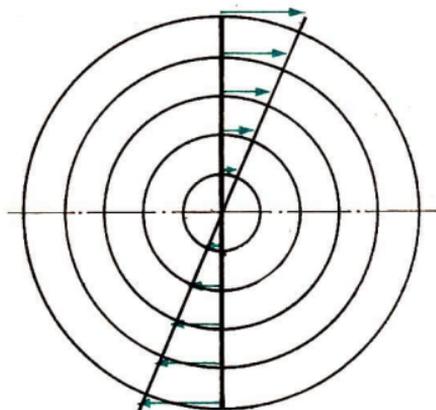
11/3 Verdrehung

Diese Art der Beanspruchung ist vergleichbar mit der eines Wäschestückes, das beim Wringen mit beiden Händen gepackt und zusammengedreht wird (Bild 11/3).

Das zu übertragende *Drehmoment* M_t ergibt sich aus der Umfangskraft F_u und ihrem Abstand von der geometrischen Achse der Welle (Radius r , Bild 12/1):



12/1 Drehmoment an einer Pleuellwelle



12/2 Spannungsverteilung im Pleuellquerschnitt

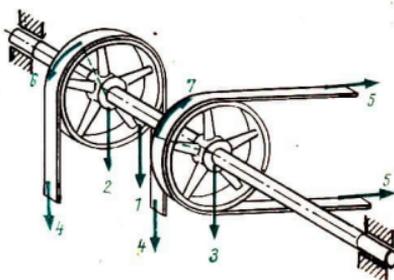
$$M_t = F_u \cdot r \quad (\text{in kpcm})$$

F_u : Umfangskraft (in kp)

r : Radius (in cm).

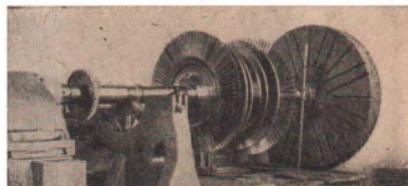
Durch dieses Drehmoment entstehen Querspannungen, die vom Werkstoff aufgenommen werden müssen. Wie die Biegespannungen dürfen auch sie den elastischen Bereich nicht überschreiten, damit keine bleibende Verformung auftritt.

Wellen laufen immer um. Durch ihre Eigenmasse, die zusätzliche Masse der Maschinenteile und seitliche Kräfte (z. B. Riemenzug, Bild 12/3) werden sie außer auf Verdrehung auch noch auf *Umlaufbiegung* beansprucht.



- 12/3 Beanspruchungen an der Pleuell
 Beanspruchung auf Verbiegen (Umlaufbiegung):
 1. Masse der Pleuell
 2. und 3. Masse der Räder
 4. und 5. Vorspannung und Arbeitszug im Pleuellriemen
 Beanspruchung auf Verdrehung:
 6. Pleuellzug durch den Antrieb
 7. Gegenkraft des Antriebes

Hauptformen der Pleuell



12/4 Gerade Pleuell (Turbinenpleuell)

Gerade Pleuell sind die meist verwendeten Pleuell. Anwendung in Getrieben, Elektromotoren, Turbinen (Bild 12/4), als Schiffswellen, Transmissionswellen usw. Sie haben überwiegend vollen Querschnitt. Ihre Längsform ist glatt, z. B. Transmissionspleuell, oder abgesetzt entspre-

chend den zu übertragenden Drehmomenten und den Lagerstellen. Hohlwellen dienen z. B. in der Drehmaschine als Hauptspindel zur Aufnahme langer Werkstücke. Schiffswellen sind meist hohl wegen Gewichtsersparnis.



13/1 Kurbelwelle

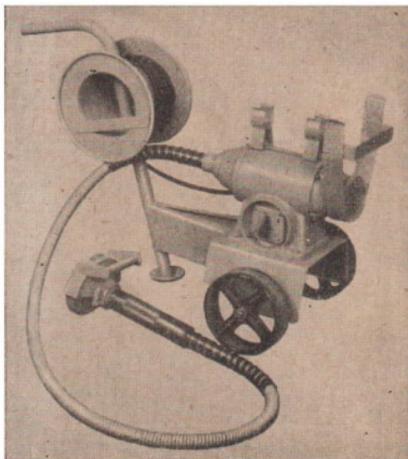
Gekröpfte Welle, Kurbelwelle. Anwendung in Kurbelgetrieben, vor allem, wenn mehrere Getriebe auf einer Welle arbeiten (Kolbendampfmaschinen, Verbrennungsmotoren) oder wenn mehrere Getriebe von einer Welle angetrieben werden (Kolbenpumpen). Besteht aus Wellenzapfen, Kurbelzapfen und Wangen. Kann einfach gekröpft oder mehrfach gekröpft sein.

Sonderformen

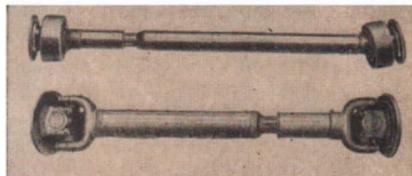
Biegsame Wellen (Bild 13/2) dienen zum Antrieb von kleineren Geräten, die besonders beweglich sein sollen (Spezial-Bohrgeräte, Schleiflexe in der Gußputzerei) oder wenn eine drehende Bewegung um mehrere Ecken herum übertragen werden soll (Tachometer an Fahrzeugen).

Die biegsame Welle besteht aus schraubenförmig gewundenen Drähten in mehreren Lagen, die in entgegengesetzter Richtung übereinander gewickelt sind. Die äußere Hülle ist meist ein aus ineinander verschiebbaren Blechprofilen hergestellter Schutzschlauch.

Längsveränderliche Wellen (Teleskopwellen) (Bild 13/3) gleichen veränderliche Abstände zwischen An- und Abtriebswelle aus (Zapfwelle beim Traktor, an der Fräsmaschine). Sie bestehen aus Keilwelle und Hohlwelle mit entsprechenden Nuten. Andere Ausführungen: Kerbzahnwelle, K-Profil.

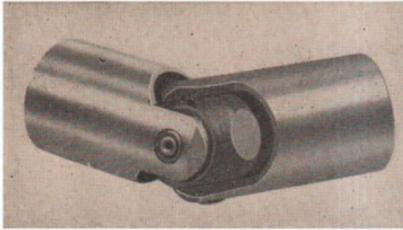


13/2 Biegsame Welle

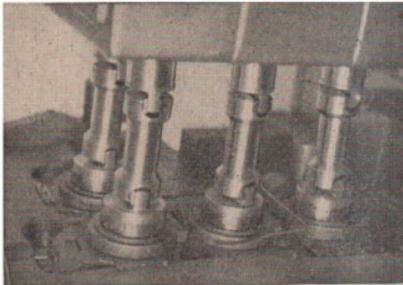


13/3 Längsveränderliche Wellen
a) Kardanwelle vom Kfz
b) Zapfwelle vom Traktor

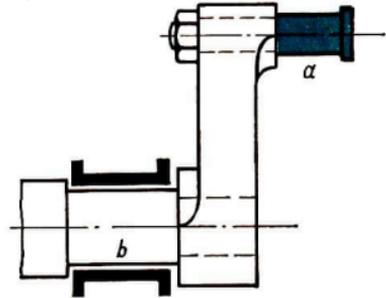
Gelenkwellen (Bild 14/1) dienen zum Ausgleich nicht fluchtender oder in einem Winkel zueinanderliegender Wellen. Der Wellenzug besteht hier aus einzelnen starren Wellenstücken und dazwischengesetzten Gelenkkupplungen (Kardanwelle am Kraftfahrzeug). An Werkzeugmaschinen dienen sie häufig mit zwischengeschalteten Teleskopwellen zur Übertragung einer Drehbewegung auf bewegte Werkzeugschlitten (Bild 14/2).



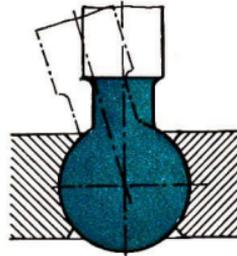
14/1 Gelenkwelle



14/2 Gelenkwellen an einer Werkzeugmaschine



14/3 a) Kurbelzapfen
b) Wellenzapfen



14/4 Kugelzapfen

Zapfen

► Als Zapfen werden die Teile eines drehenden Maschinenteils, z. B. einer Achse oder Welle, bezeichnet, die gemeinsam mit dem Lager, in dem sie sich drehen, das Maschinenteil führen und abstützen.

(Achszapfen siehe Bild 10/1, Wellenzapfen siehe Bilder 12/3 und 14/3).

In den meisten Fällen sind die Zapfen mit der Achse oder Welle aus einem Stück gefertigt. Sie können aber auch als besondere Maschinenteile auftreten und werden dann *Einzelzapfen* genannt. Diese Einzelzapfen findet man z.B. als Kurbelzapfen (Bild 14/3). Zapfen haben überwiegend Zylinderformen. Es kommen aber entsprechend der besonderen Aufgabe auch andere Rotations-

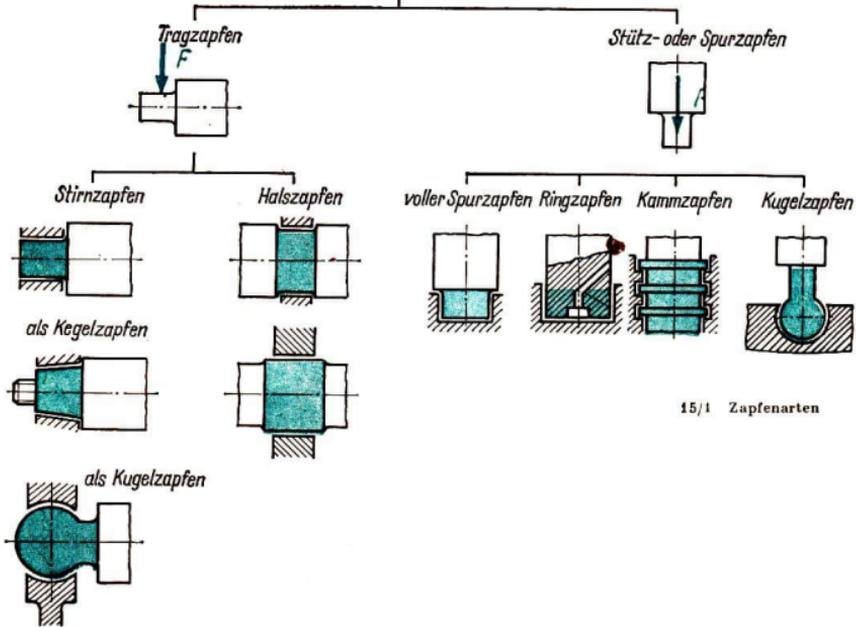
körper (Kugel, ebene Kreisfläche, Kegel) vor (Bild 14/4 und Zapfenarten, Bild 15/1).

Beanspruchung. Die Zapfen werden durch das Gewicht der Maschinenteile und die zusätzlich angreifenden Kräfte in die Lager gedrückt. Dabei entstehen zwischen Zapfen und Lager Pressungen, die aber nicht so groß werden dürfen, daß das Schmiermittel herausgedrückt wird oder bleibende Verformungen eintreten.

Zapfenarten. Die Zapfen lassen sich nach der Richtung der Hauptkräfte zur Zapfenachse einteilen. Wirkt die Kraft quer zur Achse, so spricht man von einem *Tragzapfen*. Bei einem *Stützzapfen* oder *Spurzapfen* wirkt die Kraft längs zur Zapfenachse.

Bild 15/1 zeigt die wichtigsten Zapfenarten.

Zapfen

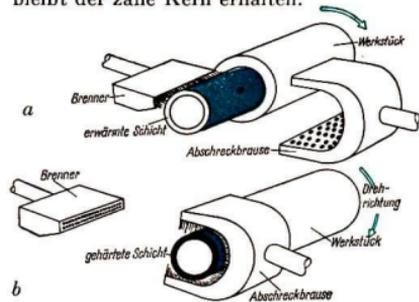


15/1 Zapfenarten

Werkstoffe, Oberflächengüte und Standardisierung

Werkstoffe. Achsen und Wellen haben beim Betrieb der Maschine große Kräfte aufzunehmen und sind oft starken Erschütterungen ausgesetzt. Damit sie durch die Beanspruchungen nicht verbogen oder verdreht werden, müssen sie ausreichend steif sein. Bei zu dicker Ausführung würden die Maschinenteile zu schwer werden, bei zu hartem Material könnten sie zerbrechen. Darum werden Achsen und Wellen aus einem möglichst zähen Werkstoff hergestellt. Die Zapfen, die sich in den Lagern drehen, verlangen eine harte Oberfläche, damit sie gegen Abrieb widerstandsfähig sind. Harte Werkstoffe sind jedoch spröde. Um Härte und Zähigkeit zu vereinen, verwendet man

für Achsen und Wellen einen zähen Stahl, der durch geeignete Wärmebehandlung nur an der Oberfläche gehärtet wurde (Mantelhärtung, Bild 15/2). Bei dieser Behandlung bleibt der zähe Kern erhalten.



15/2 Mantelhärtung einer Welle
 a) Stellung beim Erwärmen
 b) Stellung beim Abschrecken

Die Oberflächen der Wellen, vor allem jedoch die der Zapfen, müssen glatt sein. Man erreicht glatte Oberflächen durch Blankziehen, Feinschlichten, Schleifen oder ähnliche Feinstbearbeitungsverfahren.

Die Standardisierung der Achsen und Wellen bereitet durch die verschiedenen Formen und Maße einige Schwierigkeiten. Um die Anzahl der hierfür einzusetzenden Meß- und Prüfgeräte möglichst gering zu halten, sind bestimmte Durchmesser standardisiert.

AUFGABEN

- *Wodurch unterscheiden sich Achsen und Wellen?*

- *Wo finden Sie an Ihrem Fahrrad Achsen bzw. Wellen?
Begründen Sie Ihre Feststellung!*
- *Was verstehen Sie unter Umlaufbiegung?*
- *Wie groß ist das Drehmoment an der Kurbelwelle eines Trabantmotors, wenn die Kolbenkraft F 122 kp und der Kurbelradius r 37 mm betragen?*
- *Suchen Sie an Maschinen Ihres Einsatzbetriebes Trag- und Stützzapfen. Vergleichen Sie Form und Lage der Zapfen mit der Tabelle auf S. 15 und geben Sie die entsprechenden Bezeichnungen an!*
- *Untersuchen Sie einen Kugelzapfen und erläutern Sie seinen Anwendungsbereich!*

Lager

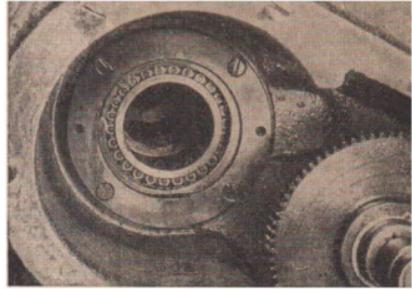
► Ein Lager ist die Hohlform an einem Körper, mit der der Zapfen eines anderen Körpers ein Gelenk bildet.

So ist z. B. das Lager für einen zylindrischen Zapfen ein dazu passender Hohlzylinder. Im allgemeinen bezeichnen wir aber den ganzen Körper, der diese Hohlform enthält, als „Lager“. Lager können am Maschinengestell oder an bewegten Teilen angebracht sein. So gibt es z. B. Traglager für horizontale Achsen und Wellen (Bild 17/1), Stützlager für vertikale Wellen (Bild 17/2), Pleuel-Lager an der Pleuelstange eines Verbrennungsmotors (Bild 17/3), wobei das eine Lager am Kurbelzapfen, das andere am Kolbenbolzen angeht.

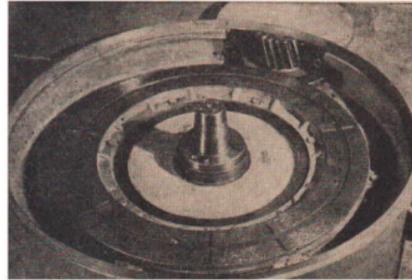
Zapfen und Lager bilden immer eine Einheit, ein „Gelenk“. Die am häufigsten vorkommenden Gelenke sind Drehgelenke, die nur *eine* gegenseitige Drehung der beiden Teile zulassen. Kugelgelenke lassen Drehungen in beliebigen Richtungen zu.

Neben den üblichen Lagern sind die „Geradführungen“ zu nennen, die geradlinig bewegten Teilen die Führung geben und mit ihnen zusammen „Schubgelenke“ bilden (Bild 17/4).

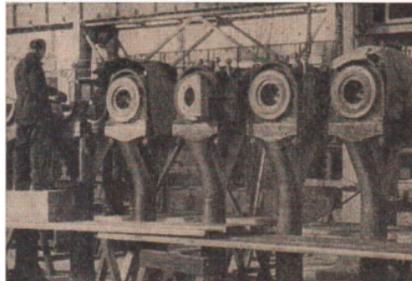
Die Tragflächen von Lager und Zapfen können, wenn man von dem Schmiermittel abieht, direkt aufeinander gleiten (Gleitreibung), oder auf Wälzkörpern abrollen (Rollreibung). Danach werden *Gleitlager* und *Wälzlager* unterschieden.



17/1



17/2



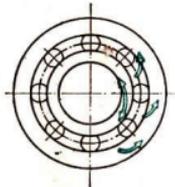
17/3



17/4



17/5 Reibung bei Lagern
a) gleitende Reibung



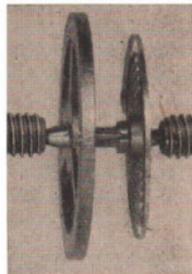
b) rollende Reibung

Bis zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beherrschte das Gleitlager als einzige Lagerart das Feld in Industrie und Transportwesen. Erst um die Jahrhundertwende trat das Wälzlager an die Seite des Gleitlagers und hat dieses auf vielen Anwendungsgebieten ersetzt. Trotzdem werden noch heute in besonderen Fällen Gleitlager bevorzugt. Da sie weniger empfindlich gegen Stoß- und Erschütterungen sind, verwendet man sie z. B. bei Kolbenkraftmaschinen und Pumpen. Weil sie durch ihren geringen Außendurchmesser sehr raumsparend sind und eine große Laufgenauigkeit haben, werden sie in der Uhren- und Feinmeßgeräteindustrie eingesetzt. Wegen ihrer großen Laufgenauigkeit dienen sie aber auch oft als Hauptlager an Werkzeugmaschinen. Außerdem sind in einfachen Mechanismen, wie sie im täglichen Leben in mannigfaltiger Form vorkommen — in Mühlen, Fleischwölfen, kleinen Pressen usw. —, die Gleitlager wegen ihres einfachen Aufbaus und ihrer Unempfindlichkeit nicht wegzudenken. Schließlich werden in Aggregaten mit extrem hohen Drehzahlen Gleitlager verwendet, da diese die Schwingungen besser aufnehmen.

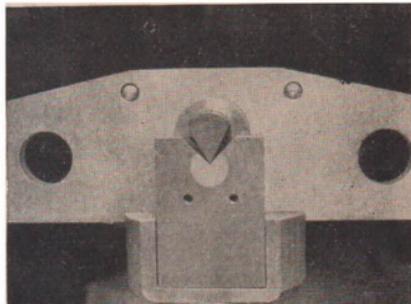
Wälzlager verwendet man dagegen überall dort, wo bei normaler Belastung der geringere Widerstand bei rollender Reibung den Kraftaufwand herabsetzt.

Wälzlager werden deshalb vor allem für Kraftfahrzeuge und landwirtschaftliche Maschinen verwendet. Aber auch in die Werkzeugmaschinen und die verschiedensten anderen Arbeitsmaschinen finden sie in zunehmendem Maße Eingang.

Sonderformen der Lager, die besonders im Feingerätebau verwendet werden, sind Spitzenlager (Bild 18/1). Sie laufen sehr leicht und spielfrei. Der Zapfen, der eine Spitze hat, läuft in einem Hohlkegel mit größerem Kegelwinkel, so daß nur die Spitze berührt wird. Eine andere Sonderform ist das Schneidenlager (Bild 18/2),



18/1 Spitzenlager



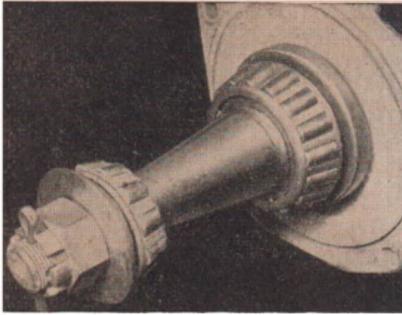
18/2 Schneidenlager einer Waage

das vor allem im Waagenbau Verwendung findet. Der Zapfen besteht aus einer Stahlschneide, die bei Feingeräten häufig in einer Pfanne aus Achat pendelt.

Allgemeine Bauformen

Die Wälzlager an der Kraftfahrzeugachse (Bild 19/1) haben die Aufgabe, im Rad die Masse des Wagens aufzunehmen. Der Zapfen liegt waagrecht und die Kraft (Masse des Wagens) wirkt quer zum Zapfen. Die Lager *tragen* also den Wagen. Sie werden deshalb *Traglager* genannt.

Das untere Lager des in der schematischen Zeichnung (Bild 19/2) dargestellten Wandkranes hat die Aufgabe, vorwiegend die Längskräfte von Kran und Last aufzunehmen. Die senkrechte Kranachse *stützt* sich in dem Lager ab. Ein derartiges Lager wird *Stützlager* genannt.



19/1 Wälzlager als Traglager an einer Kfz-Achse

- Stehlager, wenn der Lagerkörper mit einer Fußplatte befestigt ist,
- Hängelager, wenn der Lagerkörper an einer darüberliegenden Fläche angebracht ist,
- Flanschlager, wenn der Lagerkörper mit einem Flansch oder Lagerschild in Achsrichtung befestigt ist, wie an Elektromotoren,
- Wandlager bei Befestigung an senkrechten Wänden.

Gleitlager

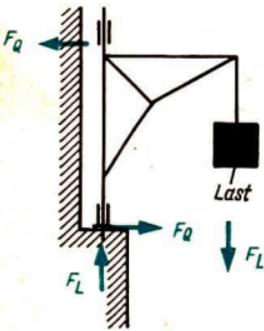
Das Charakteristische am Gleitlager ist die Gleitfläche, auf der der Zapfen unmittelbar gleitet. Sie ist der Form des Zapfens angepaßt und hat daher die Form eines Hohlzylinders bei Traglagern, einer ebenen kreisförmigen oder Kreisring-Druckplatte bei Stützlagern.

Um die Reibung möglichst niedrig zu halten, werden für die Lager-Lauflächen besonders geeignete Werkstoffe verwendet, und es wird auch für eine Schmierung gesorgt.

Lagerwerkstoffe

Von einem guten Lagerwerkstoff verlangt man außer geringem Reibungswiderstand noch eine Reihe anderer Eigenschaften. Lagerwerkstoffe sollen

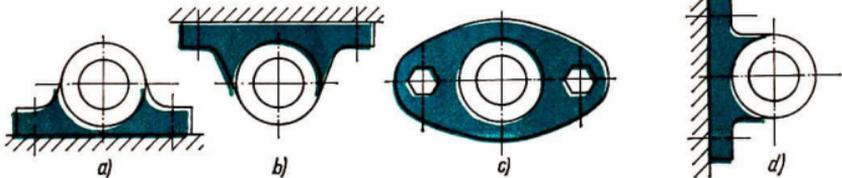
- genügend druckfest und zäh sein,
- gute Wärmeleitfähigkeit besitzen und sollen sich
- beim Erwärmen möglichst nicht verändern.



19/2 Schematische Darstellung eines Wandkranes

- Nach welchen Gesichtspunkten wurden die Zapfen unterschieden?
- Suchen Sie weitere Beispiele für Traglager und Stützlager!

Nach der Stelle der Befestigung unterscheidet man (Bild 19/3):



19/3 Formen der Lager nach ihrer Befestigung
a) Stehlager b) Hängelager

c) Flanschlager

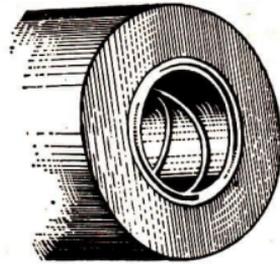
d) Wandlager

4. Sie dürfen sich bei Ölmangel nicht sofort festfressen (Notlaufeigenschaften) und sollen sich
5. beim Einlaufen dem kreisenden Zapfen gut anpassen (Einlaufeigenschaften).

Diesen Anforderungen entsprechen vor allem die Metalle. In den letzten Jahren haben aber auch die Plaste als Lagerwerkstoff sehr an Bedeutung gewonnen. Unter den Lagermetallen sind neben Grauguß und Sintermetallen vor allem Bronze, Messing, Rotguß und Weißmetall zu nennen. Besonders gut geeignet als Lagerwerkstoff sind Metalle, die an der Oberfläche weich und im Kern hart sind. Die genannten Nichteisenmetalle sind sehr teuer und müssen vorwiegend vom Ausland bezogen werden. Deshalb wird nur bei ganz kleinen Lagern der ganze Lagerkörper aus solchen Lagermetallen gefertigt. Bei größeren Lagern werden nur dünne Laufkörper (Lagerbuchsen oder Lagerschalen) in einen stabilen Stützkörper aus Grauguß oder Stahl eingesetzt. Auch diese Laufkörper aus Lagermetall sollen heute nur noch dort benutzt werden, wo andere Werkstoffe den geforderten Ansprüchen nicht genügen.

Schmierung

Zweck der Schmierung. Gleiten Zapfen und Lager ohne Schmierung aufeinander, so entsteht eine *trockene Reibung*. Die trockene Reibung erzeugt eine hohe Temperatur, die



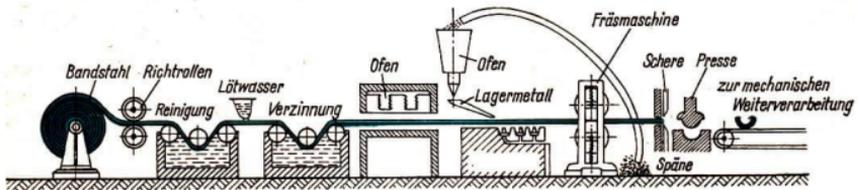
20/2 Schmiernuten im Gleitlager

bis an den Schmelzpunkt des Lagermetalls heranreichen kann, so daß die Lager „auslaufen“. Bei schwer schmelzbarem Lagermetall „fressen“ sich die Zapfen im Lager fest und werden dadurch zerstört.

► Durch Schmieren wird die Reibung herabgesetzt und die Reibungswärme abgeleitet.

Der Idealzustand ist, daß die Zapfen auf einem „Ölfilm“ schwimmen. Damit sich das Schmiermittel über die gesamte Lagerfläche ausreichend verteilt, sind in der Regel Schmiernuten in die Lagerbuchsen bzw. Lagerschalen eingearbeitet (Bild 20/2).

Als Schmiermittel dienen vorwiegend Fette und Öle. Um zu gewährleisten, daß stets eine ausreichende Menge des Schmiermittels in die Lagerstelle gelangt, müssen entsprechend der Belastung, der Drehzahl und dem Schmiermittel geeignete **Schmiervorrichtungen** am Lager angebracht werden.



20/1 Herstellung von Lagerschalen (Bandverfahren)

Dabei ist zwischen Einzelschmierung der Lager und Zentralschmierung zu unterscheiden.

Die gebräuchlichsten *Einzelschmiervorrichtungen* sind:

für Fett

a) die *Stauferbüchse* (Bild 21/1), bei der ein Fettvorrat für längere Zeit eingefüllt und durch einen Schraubdeckel von Hand in das Lager gedrückt wird,

b) der mit einer *Fettpresse* bediente Schmier- nippel, durch den nur ein kleinerer Vorrat eingefüllt wird (Bild 21/2);

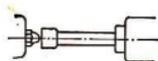
für Öl

Schmierringe, die, durch Reibung von der Welle mitgenommen, Öl aus dem unteren Teil des Gehäuses oben auf die Welle fördern. Sie stellen eine sehr sparsame Schmierung dar, weil kein Öl verlorengeht (Bild 21/3).

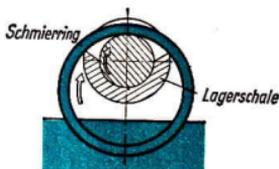
Bei der *Zentralschmierung* (Bild 21/4) werden mehrere Lagerstellen von einer zentralen Ölpumpe aus versorgt. Das Öl läuft um und wird zwischendurch gereinigt und gekühlt.



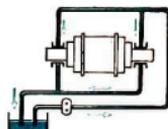
21/1 Stauferbüchse



21/2 Fettpresse mit Schmier- nippel



21/3 Schmierring



21/4 Zentralschmierung

Gesamtaufbau der Gleitlager

Ein Gleitlager, bei dem die Lauffläche nicht einfach in einen Lagerkörper gebohrt ist, besteht aus einer Lagerbuchse oder zwei Lagerschalen, die in einem Stütz- körper eingepaßt sind, einer Schmiervor- richtung und einem Gehäuse. Dieses Ge- häuse gibt dem Lager die äußere Form als Steh- lager, Hängelager, Wandlager oder Flansch- lager. Stehlager und Hängelager werden oft geteilt ausgeführt, damit die Welle von oben ein- und ausgebaut werden kann. Der Laufkörper besteht dann aus zwei Lagerschalen, und das Gehäuse hat einen Deckel.

Beispiele für Gleitlager

Bild 21/5 zeigt ein geteiltes Stehlager.

Bild 21/6 stellt ein Hängelager, ausgeführt als „Deckenlager“ einer Transmissionswelle, dar.



21/5 Geteiltes Stehlager



21/6 Hängelager



21/7 Flanschlager

Bild 21/7 zeigt ein Flanschlager am Wellendurchgang durch eine Maschinenwand, Bild 17/2 ein Stützlager an einer großen Karussellrehmaschine.

Wälzlager

Bei den Wälzlagern sind zwischen die Welle und den Lager-Hohlzylinder Wälzkörper in Form von Kugeln oder Rollen eingesetzt. Um die für Wälzlager erforderliche Genauigkeit zu erzielen und Schwierigkeiten bei der Montage zu vermeiden, werden die Wälzlager als fertige Einbauteile hergestellt. Sie bestehen aus zwei Laufringen, der entsprechenden Anzahl aufeinander abgestimmter Wälzkörper und einem Führungskäfig (Bild 22/2), der die Wälzkörper in gleichbleibendem Abstand hält.

Wälzlager werden so eingebaut, daß zum Beispiel bei einer horizontalen Wellenlagerung der innere Führungsring fest auf der Welle, der äußere fest in einem Lagergehäuse sitzt.

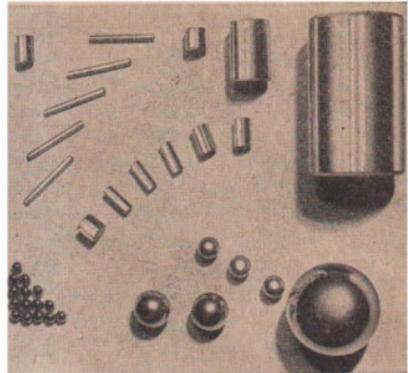
- ▶ **Wälzlager bestehen aus Rollbahnkörpern (Ringen), Wälzkörpern (Kugeln, Rollen) und dem Käfig (Abstandhalter).**

Einteilung der Wälzlager

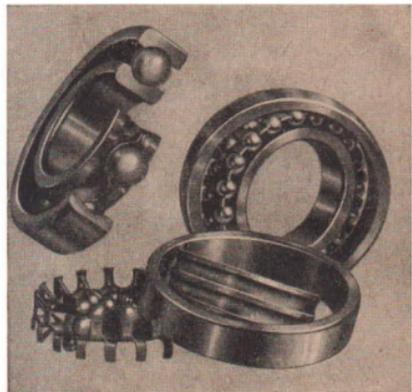
Nach der Form der Wälzkörper unterscheidet man *Kugellager*, *Rollenlager* und *Nadellager*. Kugellager (Bild 22/2) werden sowohl im Maschinen- als auch im Kraftfahrzeugbau angewendet. Rollenlager (Bild 22/3) haben eine größere Tragfähigkeit als Kugellager. Sie werden vorwiegend im Maschinenbau eingesetzt.

Nadellager (Bild 22/4) sind wegen der Vielzahl der Wälzkörper besonders für stoßweise Belastung geeignet (z. B. Pleuellager auf Kurbelwellen).

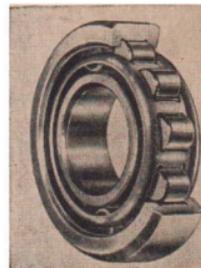
Welche Größenunterschiede bei den Wälzlagern auftreten können, zeigen die Bilder



22/1 Wälzkörper



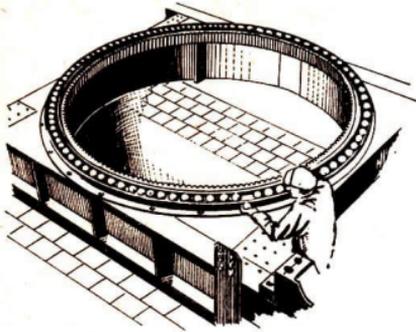
22/2 Wälzlagererteile am Kugellager



22/3 Zylinderrollenlager



22/4 Nadellager



23/1 Kugellagerdrehkranz eines Kranes

23/1 und 23/2. Der in Bild 23/1 dargestellte Drehkranz eines Kranes, der als Kugellager ausgebildet ist, hat einen Durchmesser von 3,5 m. Dagegen paßt das Kugellager in Bild 23/2 durch das Ohr einer Stopfnadel. Etwa 500 dieser Kleinstlager finden in einem Fingerhut Platz. Verwendet werden diese Lager für die moderne Instrumentenindustrie, Raketentechnik u. a.

Wälzlager—Werkstoffe

Wälzkörper und Rollbahnkörper bestehen zumeist aus Chromstahl oder Chromnickelstahl. Hochwertiger Werkstoff ist deshalb erforderlich, weil die beim Belasten der kleinen Berührungsflächen entstehenden Drücke sehr hoch ansteigen. Bei den Käfigen unterscheidet man Blechkäfige und Massivkäfige. Für Blechkäfige verwendet man als Werkstoff Stahlblech, für kleinere Lager mitunter Messingblech. Massivkäfige bestehen meistens aus Messing, Leichtmetall oder Hartgewebe. In neuester Zeit wurden auch Wälzlager aus Plast entwickelt und verwendet. Diese Lager mit Graphit- oder Molybdändisulfidzusatz können vollkommen wartungsfrei arbeiten und werden vor allem in Kraftfahrzeugen sowie in Textil- und Lebensmittelmaschinen eingebaut.



23/2 Miniatur—Präzisionslager

Wälzlager—Schmierung

Bei den Wälzlagern entwickelt sich durch die rollende Reibung weniger Wärme. Sie werden deshalb meist mit Fett geschmiert. Im allgemeinen wird vor der Montage der Raum im Lager bis zur Hälfte mit Fett gefüllt. Das Lager braucht dann meist nur ein- bis zweimal jährlich nachgeschmiert zu werden. Wälzlager mit hohen Drehzahlen werden wie Gleitlager vorwiegend mit Öl geschmiert. Bei Fettschmierung würde die Zähigkeit des Fettes den Laufwiderstand vergrößern.

AUFGABEN

- Überlegen Sie, nach welchen Gesichtspunkten sich die Gleitlager außer nach ihrer Befestigung noch einteilen lassen!
- Warum werden für Haushaltsgeräte Gleitlager und für Kraftfahrzeuge Wälzlager bevorzugt?
- Welche Aufgaben hat die Schmierung?
- Welche Schmiermittel werden in Ihrem Betrieb verwendet?
- Welche physikalischen Gesetze liegen Gleit- und Wälzlagern zugrunde?
- Mit welchen Lagern ist die Maschine ausgestattet, an der Sie zur Zeit arbeiten? (Begründung!)

Kupplungen

In der Technik sind oft Maschinen, Apparate und Geräte oder deren Teile so miteinander zu verbinden, daß Energie übertragen werden kann. So werden zum Beispiel kürzere Wellen zu langen Wellensträngen verbunden (gekuppelt), weil sie sich nicht in beliebiger Länge herstellen und transportieren lassen. Auch Fahrzeuge können miteinander gekuppelt werden. Das Teil, das die Verbindung herstellt, aber auch eine Trennung ermöglicht, heißt *Kupplung*.

Die Elektriker sprechen von Kupplungen, wenn Stromleitungen durch Stecker verbunden werden (Bild 24/1).

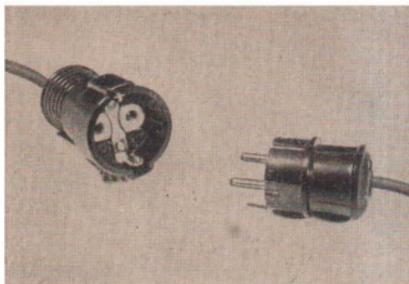
Eine Anhängerkupplung (Bild 24/2) dient zum Verbinden von Kraftfahrzeug und Anhänger und überträgt nur Zugkräfte, eine Wellenkupplung dagegen muß das Drehmoment der Welle übertragen. Die Bezeichnung „Kupplung“ im Sinne der Maschinenelemente bezieht sich fast ausschließlich auf Wellenkupplungen. Sie sind vor allem Verbindungsstücke zwischen Motor und Getriebe, zwischen Triebwerksteilen und langen Wellen. Bild 24/3 zeigt die Verbindung von Motor und Pumpe durch eine Wellenkupplung. Diese Kupplung überträgt die Leistung des Motors auf die Pumpe. Im Bild 24/4 ist die Gelenkkupplung eines Kraftrades dargestellt. Im Gegensatz zur Kupplung in Bild 24/3 dürfen bei dieser Kupplung kleine Winkelabweichungen der Wellen auftreten.

Aufgaben und Arten der Wellenkupplungen

- Wellenkupplungen haben die Aufgabe, Wellen so zu verbinden, daß sie im allgemeinen auch wieder getrennt werden können und daß sie Drehmomente (Leistungen) übertragen können.

Innerhalb dieses Aufgabenbereiches gibt es sehr viele verschiedene Einzelforderungen

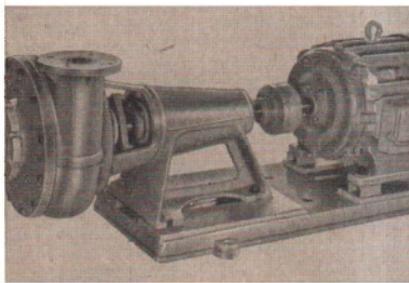
24/1



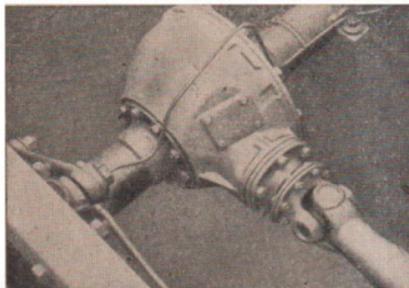
24/2



24/3

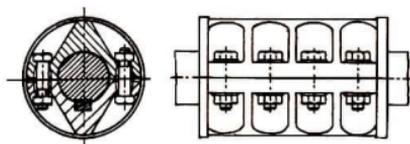


24/4

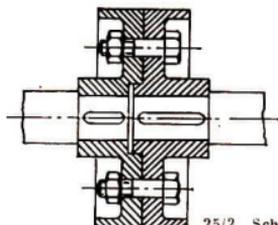


an die Kupplungen. Entsprechend diesen Forderungen hat sich eine große Vielfalt von Arten und Ausführungsformen entwickelt. Diese Vielfalt der Wellenkupplungen ist im DDR-Standard (TGL) 6605 geordnet. Dabei werden die Kupplungen in erster Linie nach Dauerkupplungen und schaltbaren Kupplungen unterschieden, weil diese beiden unterschiedlichen Aufgaben die Funktion und damit die äußere Form der Kupplung am wesentlichsten beeinflussen. Die Unterteilung dieser beiden großen Gruppen zeigt die Übersicht 25/1.

Bewegungen ausführen können, so werden *starre* Kupplungen verwendet. Zu den starren Kupplungen gehören z. B. die Schalenkupplung (Bild 25/1) und die Scheibenkupplung (Bild 25/2).



25/1 Schalenkupplung



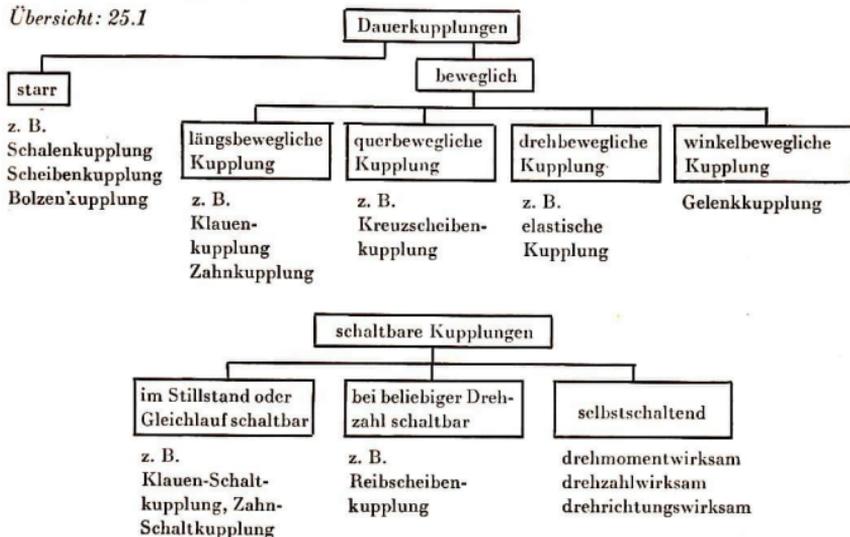
25/2 Scheibenkupplung

Anwendungsbeispiele

Dauerkupplungen stellen eine dauernde Verbindung zwischen zwei Wellenenden dar. Die Leistungsübertragung vom Antrieb zum Abtrieb wird nicht unterbrochen. Sind zwei genau fluchtende Wellenenden so miteinander zu verbinden, daß sie nur gemeinsam

Einteilung der Kupplungen

Übersicht: 25.1



Die *Schalenkupplung* wird verwendet, wenn zwei Wellenenden von gleichem Durchmesser gekuppelt werden sollen. Die Kupplung besteht aus zwei Halbschalen, die durch Schrauben eine kraftschlüssige Verbindung mit den beiden Wellen herstellen. Die eingelegte Paßfeder (Bild 25/1) dient lediglich zur Sicherung.

Durch die *Scheibekupplung* können Wellen mit unterschiedlichem Durchmesser verbunden werden. Die Kupplung besteht aus zwei Kupplungsscheiben, die auf den Wellenenden durch Paßfedern gegen Verdrehung gesichert werden. Verbindungsschrauben pressen die Scheiben so stark gegeneinander, daß der Reibungswiderstand zur Mitnahme der getriebenen Scheibe ausreicht.

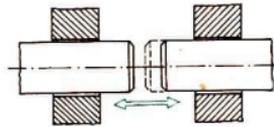
Sind bei der Montage Ungenauigkeiten in der Lage der Wellen zueinander auszugleichen, oder ist im Betriebszustand eine Wärmeausdehnung der Wellen zu befürchten, dann verwendet man *bewegliche Kupplungen*. Die Berührungsf lächen der beiden Kupplungsteile können, wie bei den starren Kupplungen, metallisch und unelastisch sein. Vielfach werden aber elastische Teile zwischengeschaltet. Dadurch arbeitet die Kupplung drehbeweglich und gleicht Stöße aus.

Beispiele für bewegliche Dauerkupplungen: Die *starre Klauenkupplung* (Bild 26/1) besteht aus zwei Hälften mit je drei segmentartigen ineinandergreifenden Klauen. Sie läßt eine Längsverschiebung der Wellen zu (Bild 26/2); Anwendung bei längeren Wellen.

Bei der *elastischen Klauenkupplung* (Bild 26/3) besitzt eine Kupplungshälfte Nuten, in denen Gummistücke oder Pakete aus Leder eingelegt sind. Zwischen diese elastischen Teile ragt jeweils eine starre Klaue der zweiten Kupplungshälfte. Dadurch werden Stöße und Schwingungen gemildert, und die Lebensdauer der Getriebe wird verlängert.



26/1 Starre Klauenkupplung



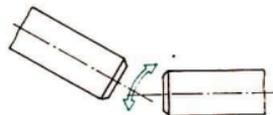
26/2 Längsbeweglichkeit



26/3 Elastische Klauenkupplung



26/4 Kreuzgelenkkupplung



26/5 Winkelbeweglichkeit

Winkelabweichungen werden ausgeglichen. Die *Kreuzgelenkkupplung* (Bild 26/4) besteht aus zwei Gabeln und einer Kugel. In die rechtwinklig zueinanderliegenden Bohrungen der Kugel greifen die Gabeln mit Zapfen schwenkbar ein. Die Kupplung läßt eine Winkelbeweglichkeit der Wellen zu (Bild 26/5); Anwendung in der Gelenkwelle an Kraftfahrzeugen.

Bei den **schaltbaren Kupplungen** gibt es, wie die Übersicht auf S. 25 zeigt, drei verschiedene Arten.

Braucht die Kupplung nur im Stillstand oder bei Gleichlauf geschaltet zu werden, so können die beiden Teile formgepaart sein. Sie werden ineinandergeschoben und übertragen das Drehmoment durch das *Ineinandergreifen* von Klauen, Zähnen oder Bolzen. Dieses Ineinanderschieben ist nur einwandfrei möglich, wenn beide Teile stillstehen oder die gleiche Drehgeschwindigkeit haben.

Soll aber — wie im Kraftfahrzeug — das stillstehende oder langsamlaufende Getriebe mit dem schnelllaufenden Motor gekuppelt werden, so darf die Mitnahme nicht schlagartig erfolgen. Deshalb arbeitet man mit *Reibübertragung*, die eine allmähliche Mitnahme über Reibscheiben oder Reibkegel gestattet. Wenn man eine solche Kupplung langsam einrückt, so rutscht sie so lange, bis die volle Anpreßkraft die genügende Reibkraft erzeugt. Zu langes Rutschen zerstört die Reibflächen.

Die dritte Kupplungsart ermöglicht ein *selbständiges Ausschalten* bei zu großem Drehmoment, bei zu großer Drehzahl oder bei einer bestimmten Drehrichtung.

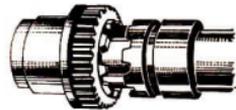
Beispiele für schaltbare Kupplungen:

Die *schaltbare Klauenkupplung* (Bild 27/1) besteht aus zwei Muffen, in die Klauen eingearbeitet sind. Eine Kupplungshälfte ist mit dem getriebenen Wellenende verschiebbar, aber nicht drehbar verbunden. Bei Stillstand oder Auslauf der Maschine können die Klauen ineinander- oder auseinandergeschoben werden.

Bei der *Einscheiben-Trockenkupplung* (Bild 27/3), die im Kraftfahrzeug Verwendung findet, besteht der aufgenietete oder aufgeklebte Reibbelag aus Asbestfasern bzw. Baumwolle mit Füllstoffen oder Korkscheiben.

● Erklären Sie nach Bild 27/3 die Funktion der Einscheiben-Trockenkupplung!

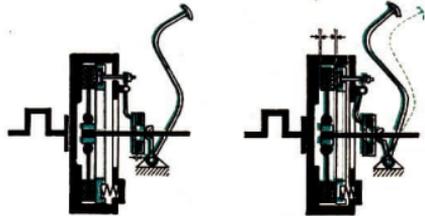
Die *Sicherheitskupplung* (Bild 27/2) besteht aus zwei radial verzahnten Kupplungshälften. Eine Kupplungshälfte wird durch eine in axialer Richtung angreifende Feder angepreßt. Bei Überlastung wird die Federkraft überwunden und der Energiefluß unterbrochen. Dadurch können empfindliche Teile der Maschine vor Zerstörung bewahrt werden.



27/1 Schaltbare Klauenkupplung



27/2 Sicherheitskupplung



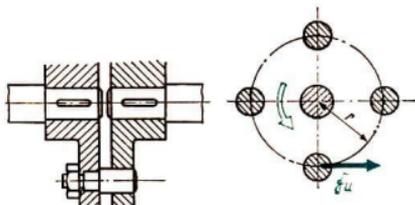
27/3 Einscheiben-Trockenkupplung

Berechnungsgrundlagen

Die Wellenkupplungen haben die Aufgabe, Drehmomente von einer Welle auf die andere zu übertragen. Das Drehmoment M_t entsteht, wie bereits bekannt, dadurch, daß eine Umfangskraft F_u am einem bestimmten Radius r angreift.

$$M_t = F_u \cdot r \quad (\text{in kpm})$$

Wird das Drehmoment durch eine Bolzenkupplung übertragen, so wirkt bei der Kupplung die Umfangskraft F_u am Radius r des Bolzenkreises (Bild 28/1).



28/1 Drehmoment an einer Bolzenkupplung

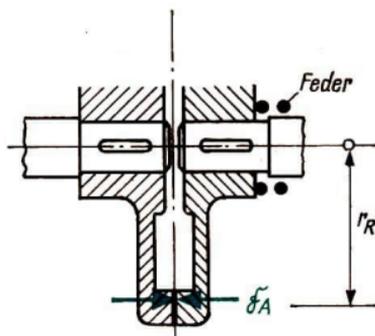
$$M_t = z \cdot F_u \cdot r \quad (\text{in kpm})$$

z : Zahl der Bolzen

F_u : Umfangskraft an *einem* Bolzen in kp

Um die benötigte Dicke der Bolzen ermitteln zu können, muß die Kraft errechnet werden, die auf jeden einzelnen Bolzen wirkt.

$$F_u = \frac{M_t}{r \cdot z}$$



28/2 Reibmoment an einer Einscheiben-Reibkupplung

Bei Reibkupplungen (Bild 28/2) muß die Anpreßkraft F_A so groß sein, daß das entstehende Reibmoment größer ist als das maximale Betriebsmoment (Drehmoment der Welle). Ist das Betriebsmoment größer als das Reibmoment, so rutscht die Kupplung. Die Größe des Reibmoments M_R ist abhängig von der Größe der Anpreßkraft F_A , von der Größe der Reibungszahl μ des Belages und vom mittleren Reibradius r_R .

$$M_R = \mu \cdot F_A \cdot r_R \quad (\text{in kpm})$$

Das Rutschen der Kupplung wird bei genau eingestelltem Reibmoment aber auch ausgenutzt, um das Getriebe bei Überlastung vor Zerstörung zu schützen,

AUFGABEN

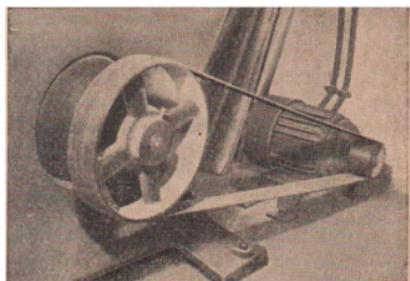
- Wodurch unterscheidet sich die Anhängerkupplung von der Wellenkupplung?
- Nennen Sie drei Arten von beweglichen Kupplungen und erklären Sie die jeweilige Anwendung!
- Wozu dienen elastische Kupplungen?
- Warum sind willkürlich schaltbare Kupplungen Reibkupplungen?
- Welchen Zweck erfüllen Sicherheitskupplungen?
- Welche Kupplungen befinden sich an der Maschine, an der Sie zur Zeit arbeiten? Begründen Sie die Anwendung dieser Kupplungen!

Getriebe

Der Elektromotor als Antriebsmittel ist in der modernen Technik nicht mehr wegzudenken. Sein Wellenende als Anschlußteil für Maschinen führt meistens eine Drehbewegung mit konstanter Drehzahl aus. Die Maschinen benötigen aber in vielen Fällen Bewegungsformen und Drehzahlen, die von denen des Elektromotors abweichen. Deshalb werden zwischen den Motor und die Arbeitsteile der Maschine Getriebe geschaltet. Vergleicht man die Aufgabe einer Bandsäge mit der einer Verpackungsmaschine, dann versteht man die erforderliche Mannigfaltigkeit der Getriebe. Während die Bandsäge mit einem einfachen Zugmittelgetriebe auskommt (Bild 29/1), benötigt die Verpackungsmaschine für ihre verschiedenartigen Bewegungen ein kompliziertes Getriebesystem (Bild 29/2). Vergleicht man die Drehzahl einer Straßenwalze mit der einer Zentrifuge, so erkennt man, welche unterschiedlichen Drehzahlen Getriebe erzeugen müssen. Getriebe werden, wie alle Maschinenelemente, in den unterschiedlichsten Größen benötigt. Bild 29/3 zeigt ein Großgetriebe, wie es z. B. für den Antrieb von Rohrmühlen in Zementfabriken verwendet wird, Bild 29/4 das Getriebe eines Motorrades. So verschieden die einzelnen Getriebe auch gestaltet sein mögen, so lassen sich doch bei genauerer Betrachtung all die vielen Arten auf einige Grundtypen zurückführen, die durch die Hauptaufgabe der Getriebe bestimmt werden.

Aufgaben der Getriebe

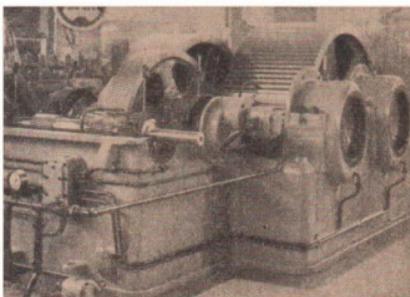
Damit eine Maschine ihre Aufgabe erfüllen kann, muß eine Bewegung eingeleitet, das heißt, sie muß angetrieben werden. Ob die eingeleitete Energie vom Menschen, von einem Tier oder von einer Antriebsmaschine, z. B. von einem Elektromotor, erzeugt wird, ist gleichgültig. Stets wird es eine ganz



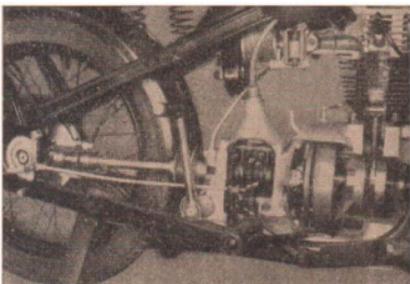
29/1



29/2



29/3



29/4

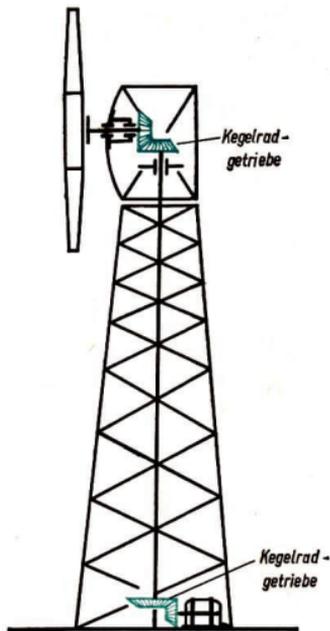
einfache, meist drehende Bewegung sein. Nur selten führen die Arbeitsorgane einer Maschine zur Erfüllung ihrer Aufgabe eine Bewegung aus, die unmittelbar der Antriebsbewegung entspricht, wie etwa bei einem Fleischwolf, der durch eine Handkurbel angetrieben wird. Sobald dieser Fleischwolf durch einen Elektromotor angetrieben werden soll, ist wegen der hohen Motordrehzahl ein unmittelbarer Antrieb nicht mehr möglich. Die Drehzahl muß durch Zwischenschalten eines Übersetzungsgetriebes herabgesetzt werden.

Will man von einer Windturbine mit horizontaler Welle über eine senkrechte Welle die Drehung auf den Erdboden zu einer Pumpe herunterleiten, so geschieht das über Kegelradgetriebe (Bild 30/1). In einer Waagrecht-Stoßmaschine wird die hin- und hergehende Bewegung des Hobelmeißels vom Elektromotor aus durch ein Kurbelgetriebe erzwungen (Bild 30/2).

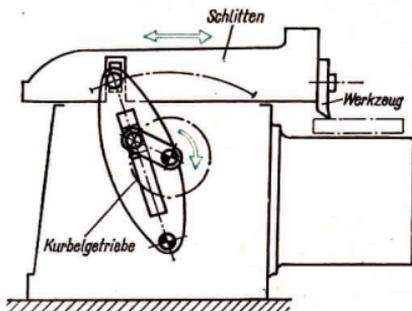
Beim ersten Beispiel handelt es sich um eine *Änderung der Drehzahl*, beim zweiten um eine *räumliche Änderung in der Drehbewegung*, und im dritten Fall wird die *Form der Bewegung von drehend in schiebend* gewandelt. In jedem Falle aber wird eine für die Verrichtung der Arbeit notwendige, ganz bestimmte Bewegung des Arbeitsorgans erzeugt. Die Gruppen von Bauteilen, die diese Bewegung unter Zufuhr von Energie erzwingen, werden als „Getriebe“ bezeichnet.

► Getriebe sind Gruppen von beweglich verbundenen Teilen (Gliedern), die bei Zufuhr von Bewegungsenergie bestimmte geforderte Bewegungen dieser Teile erzwingen.

Die praktische Aufgabe der Getriebe ist meistens, die in ein Antriebsglied eingeleitete Bewegung (mehr oder weniger verändert) auf ein Arbeitsglied zu übertragen.



30/1 Windturbine mit zwei Kegelradgetrieben



30/2 Schlittenantrieb einer Waagrecht-Stoßmaschine

Arten der Getriebe

Entsprechend den drei genannten Aufgaben, die die Getriebe einzeln oder auch gleichzeitig zu erfüllen haben, und den vielen ver-

schiedenen Arbeitsbewegungen, die von den Maschinen verlangt werden, können die Getriebe recht unterschiedlich aussehen.

Alle Getriebearten lassen sich jedoch auf sechs *Grundgetriebe* zurückführen, die nach den charakteristischen Gliedern benannt werden.

Diese sechs Grundgetriebe sind:

- Zahnradgetriebe,
- Reibkörpergetriebe,
- Zugmittelgetriebe,
- Schraubengetriebe;
- Kurbel- oder Gelenkgetriebe;
- Kurvengetriebe.

► Zur Übertragung von Drehbewegungen mit oder ohne Änderung der Drehzahl sind besonders Zahnradgetriebe, Reibkörpergetriebe und Zugmittelgetriebe geeignet.

Gelenkgetriebe, Kurvengetriebe und Schraubengetriebe ändern meistens die Bewegungsform.

Außer den genannten Grundgetrieben, die nur Glieder von festem Aggregatzustand enthalten, gibt es auch noch solche, bei denen die Bewegung durch eine Flüssigkeit oder ein Gas (Luft) in einer Rohrleitung übertragen wird. Diese können in einer siebenten Gruppe „Druckmittelgetriebe“ zusammengefaßt werden.

Zahnradgetriebe

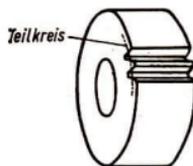
► Zahnradgetriebe übertragen Drehbewegungen und Umfangskräfte schlupffrei von einer Welle auf eine andere, wobei die Achslage dieser Wellen parallel, sich schneidend und sich kreuzend sein kann.

Arten der Zahnradgetriebe. Die Formen der Zahnräder richten sich nach der Achslage der Wellen.

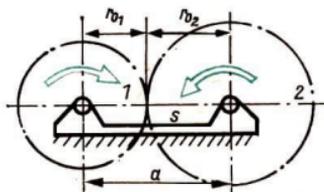
Bei parallelen Achsen haben die Zahnräder die Form von verzahnten Zylindern (Bild 31/1). Sie werden als „Stirnräder“ bezeichnet, weil man an der *Stirnseite* des Zylinders die Zahnform im Querschnitt sieht.

In vereinfachter Darstellung werden bei Stirnradgetrieben nur die aufeinander abwälzenden Teilkreise mit strichpunktierten Linien gezeichnet (Bild 31/2).

Für sich schneidende Achsen müssen die Zahnräder *Kegelform* haben (Bild 32/1).



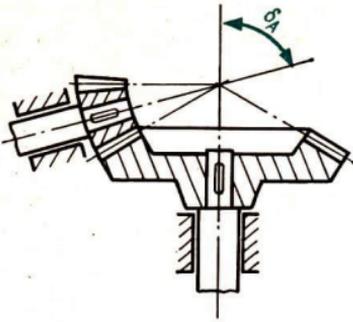
31/1 Stirnrad als verzahnter Wälzzylinder



31/2 Stirnradgetriebe als Standgetriebe



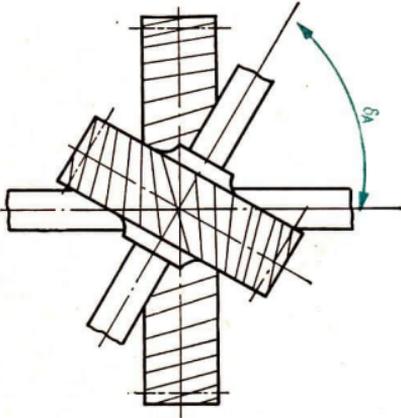
31/3 Stirnradgetriebe mit Pfeilverzahnung



32/1 Kegelradgetriebe a) technische Darstellung



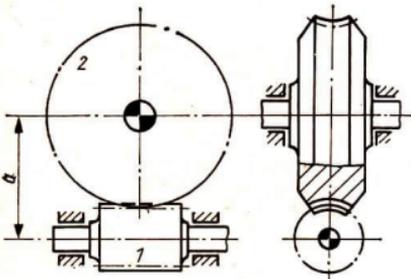
b) Ansicht eines Kegelradgetriebes



32/2 Schraubenrädergetriebe a) technische Darstellung
(δ_A Kreuzungswinkel)



b) Ansicht eines Schraubenrädergetriebes



32/3 Schneckenradgetriebe a) technische Darstellung
1 Schnecke
2 Schneckenrad



b) Ansicht eines Schneckenradgetriebes

Bei sich kreuzenden Achsen können für jeden beliebigen Winkel δ_A (Bild 32/2) *Schraubenrädertriebe* verwendet werden. Beträgt der Kreuzungswinkel δ_A 90° , verwendet man für große Übersetzungen *Schneckenradgetriebe* (Bild 32/3), bestehend aus Schnecke und Schneckenrad.

Meistens sind bei Zahnradgetrieben die Räder in einem ortsfesten Gestell gelagert (Bild 31/2). Diese Getriebe werden als *Standgetriebe* bezeichnet. Es gibt auch *Zahnrad-Umlaufgetriebe* oder Planetengetriebe, bei denen ein Rad am Gestell befestigt ist und das andere, in einem drehbaren Steg gelagert, umläuft und dabei auf dem Festrad abrollt (Bild 33/1).

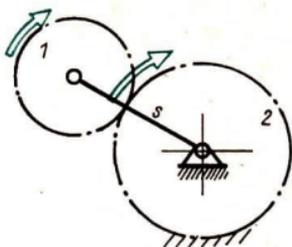
Bei Stirnrädern kann die Verzahnung außen auf einem Zylindermantel (*Außenverzahnung*, Bild 31/1) oder innen an einem Hohlzylinder (*Innenverzahnung*). Die Zähne können auch in eine Zahnstange (Bild 33/3) eingeschnitten sein, die mit einem Rad zusammenarbeitet. Hier ist nur eine begrenzte Drehung des Rades und eine hin- und hergehende Schubbewegung der Stange möglich.

Für die Verzahnung (Zahnform) wird im Maschinenbau fast ausschließlich die „Evolventen-Verzahnung“, und zwar in standardisierten Größen, verwendet.

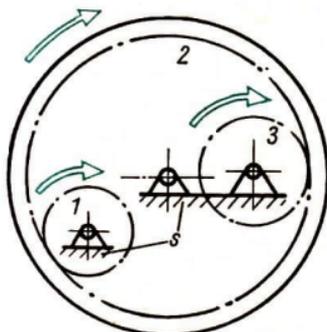
Die Bezeichnungen und Zusammenhänge der Evolventen-Verzahnung zeigt Bild 34/1. Die Verzahnung am Rad entsteht hier durch Abwälzen mit der geradflankigen Zahnstange.

Berechnung am Zahnrad. Die Teilung t_0 muß ganzzahlig im Umfang des Teilkreises U_0 aufgehen, weil das Zahnrad gleichmäßig verzahnt sein muß, um voll umlaufen zu können. Wenn z die Zähnezahl ist, so ist der Teilkreisumfang $U_0 = d_0 \cdot \pi = z \cdot t_0$.

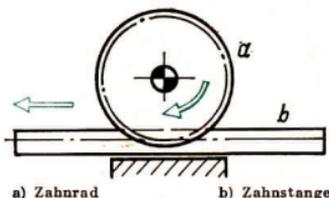
Daraus ergibt sich $d_0 = z \cdot \frac{t_0}{\pi}$.



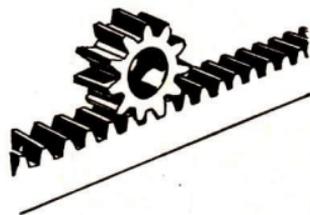
33/1 Stirnrad-Umlaufgetriebe.
1 Umlaufrad, s Steg, 2 Festrad



33/2 Stirnradgetriebe mit einem innenverzahnten Rad (2)



a) Zahnrad b) Zahnstange



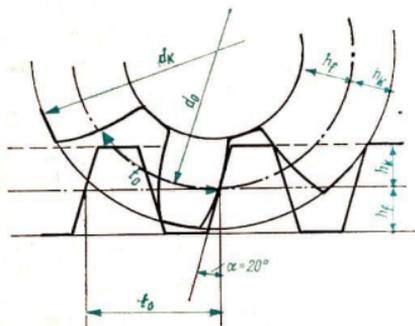
33/3 Zahnstangengetriebe

Da die Räder nach dem Teilkreisdurchmesser und nicht nach dem Umfang gemessen und hergestellt werden, wählt man für d_0 ganze Zahlen. Da aber z stets eine ganze Zahl sein muß, hat man auch für den Quotienten $\frac{t_0}{\pi}$ ganze Zahlen gewählt und ihm die Bezeichnung „Durchmesserteilung“ oder „Modul“ m gegeben.

$$\frac{t_0}{\pi} = m \text{ (in mm)}$$

Daraus ergibt sich eine für die Zahnradberechnung sehr einfache Gleichung:

$$d_0 = z \cdot m \text{ (in mm)}$$



34/1 Eingriff zwischen Rad und Zahnstange bei der Evolventen-Verzahnung

d_K : Kopfkreisdurchmesser = äußerer Durchmesser

Die Kreise überschneiden sich beim Abwälzen zweier Zahnräder.

d_0 : Teilkreisdurchmesser

Die Kreise berühren sich beim Abwälzen zweier Zahnräder. Sie teilen die Zähne des Rades in Kopf und Fuß.

h_K : Kopfhöhe

h_F : Fußhöhe

t_0 : Teilung am Teilkreis

Der Teilkreis wird in soviel gleichmäßige Teile aufgeteilt, wie das Rad Zähne haben soll.

Die Reihe der Modul m ist in Standards festgelegt, z. B. $m = 1 \text{ mm}, 2 \text{ mm}, 2,5 \text{ mm}$ usw.

► Der Modul ist eine der Grundgrößen aller Zahnräder.

Bei normaler Verzahnung wählt man auch die Zahnkopfhöhe h_k gleich dem Modul.

$$h_k = m$$

Der Achsabstand a ist die Summe der beiden Teilkreisradien (Bild 31/2).

$$a = r_{01} + r_{02} = \frac{d_{01} + d_{02}}{2}$$

● Warum ist die Zahnkopfhöhe kleiner als die Zahnfußhöhe?

Die Fertigung der Zahnräder richtet sich einerseits nach der geforderten Genauigkeit, z. B. bei geringen Genauigkeitsforderungen gegossene Zähne, sonst geschnitten mit Fräsern oder Stoßmeißeln. Für noch höhere Anforderungen werden die Flanken außerdem geschliffen.

Andererseits richtet sich das Verzahnungsverfahren nach den vorhandenen Maschinen. Im *Teilverfahren* werden die Zahnücken mit Formfräsern oder Formmeißeln einzeln herausgearbeitet. Beim *Abwälzfräsen* bewegen sich Fräser und Zahnradrohling wie Schnecke und Schneckenrad, wobei der Fräser eine Vorschubbewegung parallel der Achse des zu fräsierenden Zahnrades ausführt.

Als *Zahnradwerkstoffe* dienen Metalle, vor allem Grauguß, Stahl und Kupferlegierungen, Plaste und mit Faserstoffen verpreßte Kunstharze. Die beiden letzten Werkstoffe wirken besonders geräusch- und schwingungsdämpfend.

Das *Übersetzungsverhältnis* i der Zahnradgetriebe sagt aus, wie sich die Drehzahlen von Antriebs- und Abtriebsrad verhalten, d. h., ob ein Getriebe die Drehzahl herauf- oder heruntersetzt.

$$i = \frac{n_{An}}{n_{Ab}} = \frac{\text{Antriebsdrehzahl}}{\text{Abtriebsdrehzahl}}$$

Zwei Räder, die miteinander im Eingriff sind (z. B. Bild 31/2), haben die gleiche Umfangsgeschwindigkeit, $v_1 = v_2$.

Aus der Physik wissen Sie, daß die Umfangsgeschwindigkeit berechnet werden kann aus:

$$v_1 = d_{01} \cdot \pi \cdot n_1$$

$$v_2 = d_{02} \cdot \pi \cdot n_2$$

Bei Gleichsetzung von $v_1 = v_2$ ergibt sich:

$$d_{01} \cdot \pi \cdot n_1 = d_{02} \cdot \pi \cdot n_2$$

$$\boxed{\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{02}}{d_{01}} = i}$$

oder aus $d_0 = z \cdot m$:

$$i = \frac{z_2 \cdot m}{z_1 \cdot m} = \frac{z_2}{z_1}$$

► Die Drehzahlen zweier miteinander im Eingriff stehender Zahnräder verhalten sich umgekehrt wie ihre Teilkreisdurchmesser und ihre Zähnezahlen.

Diese Verhältnisse bei zwei Rädern sind ohne weiteres auf *Getriebe mit mehreren Rädern* übertragbar.

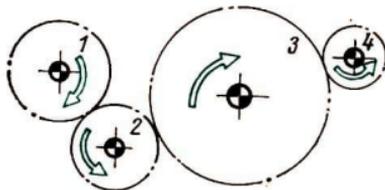
Bilden die Räder eines solchen Getriebes eine ununterbrochene Kette von Rädern, von denen jedes das nächste am Umfang des Teilkreises berührt (Bild 35/1), so haben sie alle die gleiche Umfangsgeschwindigkeit. Das Übersetzungsverhältnis kann aus dem ersten und letzten Rad berechnet werden.

$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{d_{04}}{d_{01}} = \frac{z_4}{z_1}$$

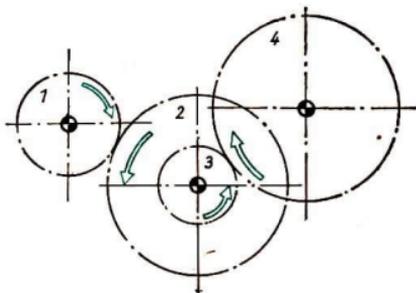
● Leiten Sie diese Gleichung aus den vorhergehenden ab!

Für das Übersetzungsverhältnis solcher Getriebe spielt also weder Größe noch Zahl der Zwischenräder eine Rolle. Die Zahl ist allerdings entscheidend für die Drehrichtung.

Tragen Radkörper von Zwischenrädern zwei Zahnkränze (z. B. 2,3 in Bild 35/2), so ergibt sich eine *Zwischenübersetzung*. Es sind dann mehrere Zahnradpaare hinter-



35/1 Stirnradgetriebe von vier Rädern mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit



35/2 Stirnradgetriebe mit Zwischenübersetzung

einander geschaltet, so daß die Einzelübersetzungen multipliziert werden müssen.

$$i = \frac{n_1}{n_3} = \frac{d_{02}}{d_{01}} \cdot \frac{d_{04}}{d_{03}}$$

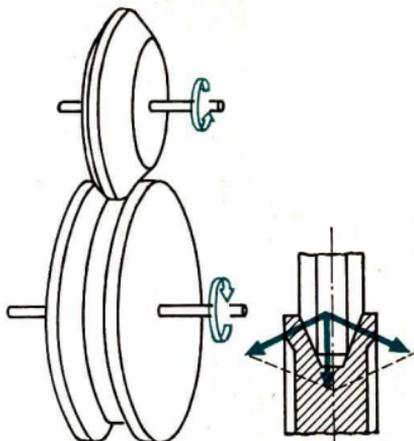
Da Zahnradgetriebe in fast allen Maschinen gebraucht werden, hat man nicht nur die Abmessungen der Räder, sondern auch ganze *einbaufertige Getriebe* für die verschiedensten Forderungen standardisiert, so daß sie von Spezialbetrieben in größeren Stückzahlen wirtschaftlich hergestellt werden können (TGL 5543).

Reibkörpergetriebe

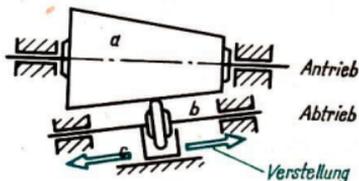
Wie die Zahnradgetriebe können auch die Reibkörpergetriebe die Drehungen von einer Welle auf eine parallele oder in einem Winkel zur ersten stehenden Welle übertragen.

Der Unterschied besteht lediglich darin, daß beim Reibkörpergetriebe die Übertragung nicht durch den Druck von Zähnen, sondern durch Reibung an glatten Flächen erfolgt. Damit die Reibung als Übertragungskraft ausreicht, müssen die Reibflächen gegeneinander gedrückt werden. Das geschieht meistens durch Federn. Die Anpreßkraft läßt sich noch vergrößern, wenn man eine kegelige Reibrolle in einer Nutrolle laufen läßt (Bild 36/1).

Außerdem kann die Reibung durch Reibeläge aus Gummi, Leder, Asbest oder dergleichen vergrößert werden. Da trotz dieser Maßnahmen ein Schlupf, das heißt ein geringes Gleiten zwischen den Reibflächen, unvermeidlich ist, können Reibkörpergetriebe nur für nicht allzugroße Kräfte eingesetzt werden. Sie sind nicht geeignet, wenn ein bestimmtes Übersetzungsverhältnis exakt eingehalten werden muß. Mitunter ist ein Schlupf aber erwünscht, um die hinter dem Getriebe liegenden Antriebs- teile vor Überlastung oder Stößen zu schützen.



36/1 Reibkörpergetriebe, Kegelrolle in Nutrolle laufend



36/2 Reibkörpergetriebe zur stufenlosen Änderung des Übersetzungsverhältnisses

► Reibkörpergetriebe übertragen Drehbewegungen von einer Welle auf eine andere durch Reibung zwischen zwei Drehkörpern. Infolge des unvermeidlichen Schlupfes können bestimmte Übersetzungsverhältnisse nicht genau eingehalten werden.

- Erklären Sie den Begriff „Reibung“ aus der Physik, und nennen Sie Beispiele für erwünschte und unerwünschte Reibung!

Ein besonders wichtiges Anwendungsgebiet für Reibkörpergetriebe ist das der stufenlosen Drehzahlwandler. Während bei einem Zahnrad-Wechselgetriebe (z. B. im Kraftwagen oder in Werkzeugmaschinen) auf ein anderes Übersetzungsverhältnis plötzlich umgeschaltet wird, läßt sich dieses Ver-

hältnis durch Verschieben von Reibflächen ganz allmählich ändern.

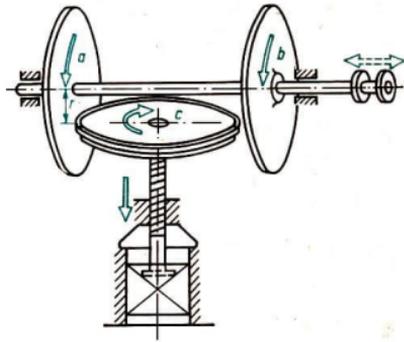
In dem Getriebe Bild 36/2 dient ein metallischer Kegel *a* als Antrieb. Auf einer genuteten Abtriebswelle *b* ist eine Gummierolle *c* verschiebbar angeordnet. Durch Verschieben der Rolle läßt sich das Durchmesser Verhältnis von An- und Abtrieb und damit das Übersetzungsverhältnis *i* ganz allmählich verändern, so daß bei gleichmäßiger Antriebsdrehzahl die Abtriebsdrehzahl stetig erhöht oder vermindert werden kann.

- Stellen Sie durch Ausmessen an dem Getriebe Bild 36/2 fest, in welchem Bereich sich das Übersetzungsverhältnis etwa verändern läßt!

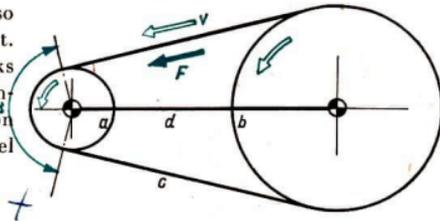
Die Reibkörper sind stets rotationssymmetrische Körper, z. B. Kegel, zylindrische Scheiben mit Reibfläche an der Stirn- oder Mantelfläche, Kugeln usw.

Ein recht interessantes Reibkörpergetriebe finden wir in der Reibspindelpresse (Bild 37/1).

Die horizontale Antriebswelle trägt zwei Reibscheiben *a* und *b*, die immer in gleicher Richtung umlaufen. Solange Scheibe *a* mit Scheibe *c* im Eingriff steht, dreht sich die senkrechte Welle in der eingezeichneten Richtung und wird durch das Schraubenge triebe abwärts gezogen. Durch die dabei eintretende Vergrößerung des wirksamen Reibradius *r* wird die Drehzahl der senkrechten Welle immer stärker vergrößert, so daß der Preßstempel schlagartig aufrifft. Wird jetzt die Horizontalwelle nach links verschoben, so daß die Scheibe *b* in Eingriff kommt, so wird die Drehrichtung von Scheibe *c* umgekehrt und der Preßstempel wird wieder gehoben.



37/1 Reibscheiben-Wendegetriebe einer Reibspindel presse



37/2 Einfachste Form des Zugmittelgetriebes
a Umschlingungswinkel
b Antriebs scheibe

Zugmittelgetriebe

Zugmittelgetriebe gehören zu den ältesten Übertragungsmitteln. Sie werden eingesetzt, wenn bei der Kraftübertragung von einer drehenden Welle auf eine andere größere Entfernungen zu überwinden sind. Dabei können die Wellen parallel oder winklig zueinander liegen. Früher war in den Werkhallen oft ein unübersichtlicher „Wald“ von Riementrieben vorhanden. Er diente zur Ableitung der Maschinenantriebe von großen an der Decke aufgehängten „Transmissionswellen“. Heute ist dieser *Gruppenantrieb* fast völlig durch den *Einzelantrieb* der Maschine ersetzt. Innerhalb der Maschinen hat das Zugmittelgetriebe jedoch immer noch seine Bedeutung.

Zugmittelgetriebe bestehen in der einfachsten Form (Bild 37/2) aus zwei Kreisscheiben oder Rädern *a* und *b*, einem

schmiegsamen Zugmittelglied *c* und einem Gestellglied *d*, das die Lager der beiden Wellen starr verbindet.

Die Umfangskraft wird von der Antriebs scheibe auf das endlose Zugmittel und von diesem auf die Abtriebs scheibe entweder durch Reibung oder durch Druck an entsprechend geformten Übertragungselementen weitergeleitet. Demzufolge sind die Zugmittel entweder glatt (Riemen, Seile, Schnüre), oder sie tragen besondere Mitnahme-Elemente (Zähne bei Zahnketten und Zahnriemen, Kettenbolzen bei Gelenk ketten).

Die Riemen-, Seil- und Schnurscheiben haben eine glatte Wälzfläche (Zylindermantel oder Rille). Kettenräder haben entsprechende Zähne.

- **Zugmittelgetriebe** dienen zur Übertragung von Drehbewegungen und von Drehmomenten zwischen Wellen mit größerem Abstand. Die Übertragung erfolgt durch Reibung oder durch Verzahnung des Zugmittels mit den Scheiben.

Das Übersetzungsverhältnis ist bei Zugmittelgetrieben wie bei den Zahnradgetrieben das Verhältnis von Antriebsdrehzahl zu Abtriebsdrehzahl. Deshalb kann das Übersetzungsverhältnis auch hier aus dem Durchmesser Verhältnis der Scheiben berechnet werden.

$$i = \frac{n_a}{n_b} = \frac{d_b}{d_a}$$

- Die Drehzahlen von zwei durch ein Zugmittel verbundenen Scheiben verhalten sich umgekehrt wie ihre Durchmesser.

Getriebe mit Reibübertragung

Um eine Umfangskraft durch Reibung übertragen zu können, ist, wie bereits bei den Reibkörpergetrieben dargestellt, eine Anpreßkraft erforderlich. Deshalb müssen bei Reibübertragung die Zugmittel vorgespannt werden. Wegen dieser Vorspannung müssen die verwendeten Zugmittel elastisch sein.

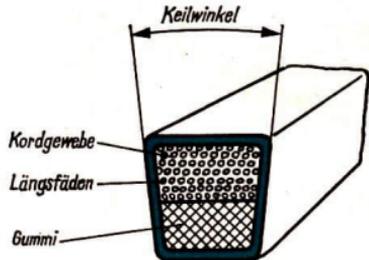
Deshalb verwendet man als Werkstoffe für *Flachriemen*: Leder und Textilien (neuerdings vor allem Dederon); für *Keilriemen*: Gummi mit eingebettetem Gewebe. Die Gewebefäden erhöhen die Verschleißfestigkeit. Der Keilriemen mit seinem trapezförmigen Querschnitt (Bild 38/1) hat den Flachriemen heute bereits sehr stark verdrängt.

Der Querschnitt des Keilriemens paßt sich in die Keilrillen der Riemenscheibe wesentlich besser ein und erzeugt dadurch eine sehr große Reibkraft. Entsprechend kann

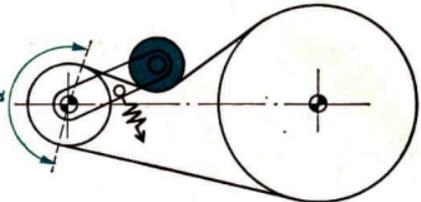
auch der Umschlingungswinkel kleiner als beim Flachriemen (s. Bild 37/2) sein.

- **Vergleichen Sie die Reibkraft des Keilriemens mit der der Reibrolle in Bild 36/1 und erklären Sie die Gemeinsamkeit!**

Will man bei Flachriemen den Umschlingungswinkel vergrößern und die Spannung erhöhen, so baut man eine Spannrolle ein (Bild 38/2).



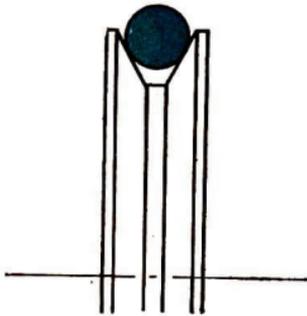
38/1 Keilriemen im Querschnitt



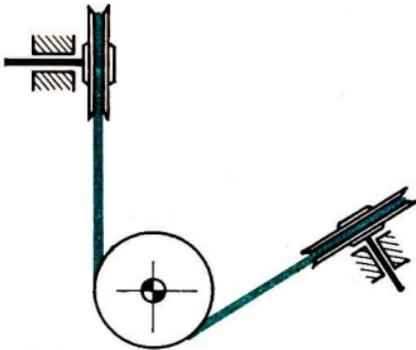
38/2 Zugmittelgetriebe mit Spannrolle

- **Bei Reibübertragung** müssen die Zugmittel — vor allem bei kleinem Achsabstand — vorgespannt werden, damit die notwendige Reibkraft erzeugt wird. Keilriemen können größere Leistungen übertragen als Flachriemen, weil ihre Reibkraft größer ist.

Für große Leistungen verwendet man gern Scheiben mit mehreren Rillen, in die mehrere Keilriemen nebeneinander eingelegt werden. Für kleine Leistungen, z. B. in Kleinmaschinen, verwendet man oft Rund-



39/1 Rundschnur in Keilrille

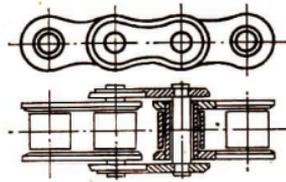


39/2 Winkeltrieb mit Schnurübertragung

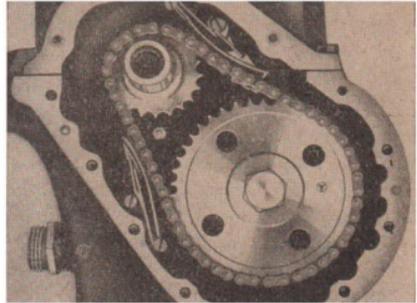
schnüre, die in Keilrillen der Scheiben laufen (Bild 39/1), weil hier ebenfalls die Reibungsverhältnisse günstig sind und weil man hiermit „Winkeltriebe“, das sind Getriebe mit gekreuzten Achsen, bequem verwirklichen kann (Bild 39/2).

Kettengeräte

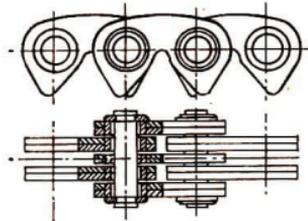
Kettengeräte bestehen aus zwei Kettenrädern und einer endlosen Kette als Zugmittel. Es werden hauptsächlich Gelenkketten (z. B. Fahrradkette) und Zahnketten verwendet. Bei den Gelenkketten (Bild 39/3) werden die Laschen durch Bolzen mit oder ohne Rolle verbunden. Die Zahnketten bestehen auch aus Laschen, die als



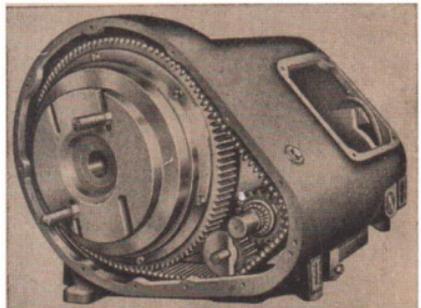
39/3 a) Gelenkkette



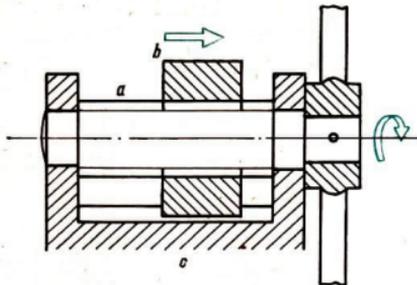
b) Gelenkkette als Steuerkette eines Viertaktmotors



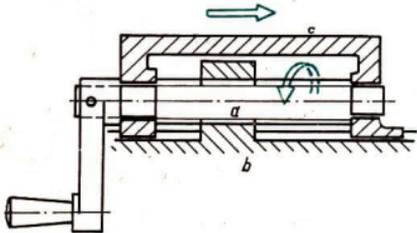
39/4 a) Zahnkette



b) Zahnkettengeräte an einer Werkzeugmaschine



41/1 Beispiel eines Schraubengeriebtes



41/2 Schraubengeriebte als Tischverstellung

anderem Beispiel (Bild 41/2) ist die Mutter *b* gestellfest angeordnet, und das Verbindungsmitglied *c* (hier als Schlitten ausgeführt) bildet den Abtrieb.

Bei einem dreigliedrigen Schraubengeriebte kann jedes der Glieder Antriebs-, Abtriebs- oder Gestellglied sein, und jedes kann folgende Bewegungsmöglichkeiten haben: drehbar, nicht drehbar, nicht schiebbar.

Daraus ergeben sich viele Kombinationsmöglichkeiten, die alle praktisch ausgenutzt werden.

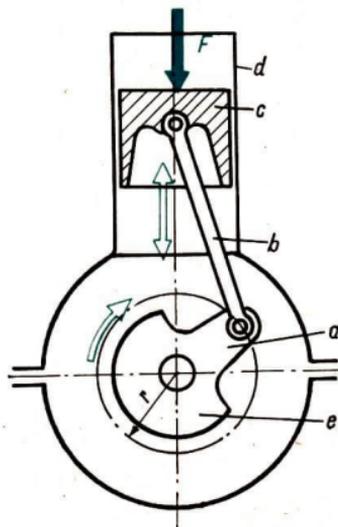
Schraubengeriebte werden benützt, um

1. aus einer schnellen Drehbewegung eine langsame Schubbewegung zu erzeugen (Bewegungsschraube),
2. aus einer Drehbewegung mit kleinem Drehmoment eine große Axialkraft zu erzeugen (Spannschraube),

3. aus einer Drehbewegung mit großer Feinfähigkeit eine genau begrenzte Schubbewegung zu erzeugen (Einstellschraube).

Kurbel- oder Gelenkgetriebe

Unter diesen Bezeichnungen sind alle Geriebtearten zusammengefaßt, die nur Drehgelenke oder Dreh- und Schubgelenke enthalten, wobei wir unter „Gelenk“ stets die Stelle verstehen, wo—wie beim Menschen—zwei Glieder beweglich miteinander verbunden sind. Der Mensch hat nur Dreh- und Kugelgelenke. Im Maschinenbau spielen aber auch die „Schubgelenke“ eine große Rolle; das sind die Stellen, wo sich ein Glied in einer geraden Führung des anderen bewegt. So sind an dem Geriebte der Waagrecht-Stoßmaschine (Bild 30/2) drei Schubgelenke und vier Drehgelenke zu erkennen. Beim Verbrennungsmotor (Bild 41/3) stellt die Führung des Kolbens



41/3 Schubkurbelgeriebte an einem Verbrennungsmotor

c im Zylinder d das Schubgelenk dar. Besitzt ein solches Getriebe wie Bild 41/3 ein voll umlaufendes Glied a , so wird dieses als „Kurbel“ bezeichnet, daher auch die Sammelbezeichnung „Kurbelgetriebe“. Das Glied b , das die Bewegung von a und c koppelt, wird Koppelstange, Schubstange, Pleuelstange oder kurz „Koppel“ genannt. Daher findet man für die ganze Gruppe auch die Bezeichnung „Koppelgetriebe“.

► **Getriebe, bei denen mehrere drehende Glieder oder ein drehendes und ein schiebendes Glied durch ein Glied und zwei Drehgelenke verbunden sind, heißen Kurbel- oder Gelenkgetriebe.**

Aufgaben und Anwendung

Während bei den bisher behandelten Getriebearten (Zahnrad, Reibkörper-, Zugmittel- und Schraubgetriebe) bei einer stetigen Antriebsbewegung auch eine stetige Abtriebsbewegung erzeugt wurde, wird bei den Gelenkgetrieben meistens eine stetige Bewegung in eine periodisch schwankende Bewegung (oder umgekehrt) gewandelt. Außerdem wird oft noch die Form der Bewegung geändert. So wird z. B. in der Waagrecht-Stoßmaschine (Bild 30/2) die gleichbleibende Drehung des Antriebsmotors in die geradlinige Stoßbewegung des Meißels umgewandelt. Der Verbrennungsdruck des Gases im Verbrennungsmotor setzt den Kolben c in eine beschleunigte Schubbewegung, die durch das Schubkurbelgetriebe in eine Drehung der Kurbel a umgesetzt wird. Trotz des kurzen, einseitigen Wirkens der Gasdruckkraft F auf den Kolben läuft die Kurbelwelle gleichmäßig um, weil die Schwungmasse e den leeren Rückhub des Kolbens treibt und weil meistens mehrere, nacheinander auf die Kurbelwelle wirkende Zylinder angeordnet sind (2-Zylinder-, 3-Zylinder-Motor).

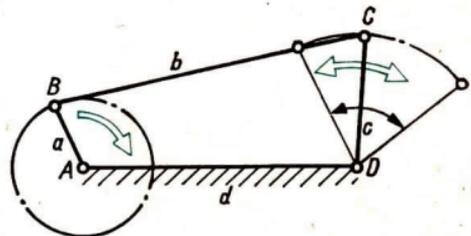
In ähnlicher Weise, mit periodischem Antrieb, arbeiten die sogenannten „Tretkurbeln“, wie man sie an fußbetriebenen Haushaltnähmaschinen, an Schleifsteinen und am Gebläse von Feldschmieden findet. Hier wird die Schwingbewegung des Fußtrittes in eine Kurbeldrehung umgewandelt.

► **Die wichtigsten Gliederungen der Gelenkgetriebe sind:**

1. Umwandeln stetiger Bewegungen in periodische und umgekehrt,
2. Umwandeln drehender in schiebende Bewegungen und umgekehrt.

Systematische Gliederung der Gelenkgetriebe

Das einfachste Gelenkgetriebe hat vier Glieder und vier Drehgelenke, die eine geschlossene Kette, die „Viergelenkkette“ oder das „Gelenkviereck“, bilden. Nun hat aber jedes Getriebe ein Gestellglied. Erst dadurch, daß man z. B. in dem Gelenkviereck $abcd$ (Bild 42/1) das Glied d zum Gestellglied oder „Steg“ macht, entsteht ein bestimmtes Getriebe. Das im Gestell gelagerte kürzeste Glied a kann voll umlaufen und wird als „Kurbel“ bezeichnet. Das gegenüberliegende Glied c schwingt dabei um einen Winkel und heißt „Schwinge“. Das Glied b koppelt die beiden Bewegungen von a und c und wird „Koppel“ genannt. Das Getriebe, das eine Kurbel und eine Schwinge enthält, führt den Namen „Kurbelschwinge“.



42/1 Gelenkviereck $abcd$ als Kurbelschwinge

- **Das Gelenkviereck ist die Grundform der Gelenkgetriebe. Ist das kürzeste Glied im Gestell gelagert und kann es voll umlaufen, so ist das Getriebe eine Kurbelschwinge.**

Eine praktische Anwendung der Kurbelschwinge zeigt die Strohpresse, Bild 43/1. In Bild 42/1 wurde das Glied *d* des Gelenkvierecks willkürlich zum Gestellglied gemacht. Wählen wir aber das kürzeste Glied *a* als Gestellglied (Bild 43/2), so können die Glieder *b* und *d* voll umlaufen, wir erhalten eine *Doppelkurbel*.

- **Ist in einem Gelenkviereck das kürzeste Glied gestellfest, so ist das Getriebe eine Doppelkurbel.**

Die beiden Kurbeln haben ein periodisch schwankendes Übersetzungsverhältnis. Läuft also die eine Kurbel (z. B. *b*) gleichmäßig, so läuft Kurbel *d* teils langsamer, teils schneller um.

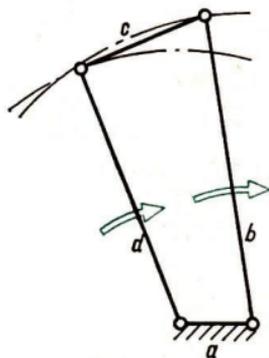
- *Schneiden Sie sich Papier- oder Pappstreifen mit den in den Bildern 42/1 und 43/2 enthaltenen Maßverhältnissen, bilden Sie die Gelenke durch Reißzwecken oder Hohlriete und probieren Sie dann selbst die Bewegungsmöglichkeiten aus!*

Einen Sonderfall des Gelenkvierecks stellt die *Parallelkurbel* (Bild 43/3) dar, bei der die gegenüberliegenden Glieder jeweils gleich lang sind. Dieses Getriebe ist z. B. im Antriebsgestänge der Dampflokomotiven zu finden. Mit dem kurzen Glied als Gestellglied verwendet man es außerdem in der Zeichenmaschine. Hierbei wird die Tatsache ausgenutzt, daß die gegenüberliegenden Seiten immer parallel bleiben.

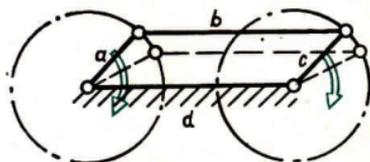
- *Probieren Sie auch die Parallelkurbel mit Pappstreifen aus! Was stellen Sie*



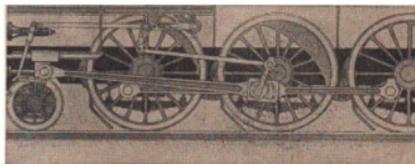
43/1 Kurbelschwinge an der Strohpresse



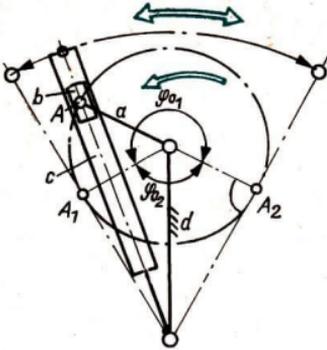
43/2 Doppelkurbel



43/3 Parallelkurbel



43/4 Antriebsgestänge der Dampflokomotive



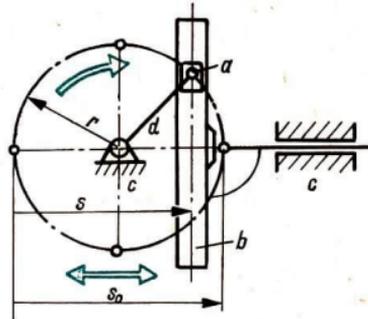
45/1 Schwingende Kurbelschleife

ist klar, daß der Hub der Schleife nach links, der dem Kurbelwinkel φ_{01} entspricht, wesentlich länger dauert als die Bewegung nach rechts. Wir haben also einen schnellen und einen langsamen Hub. An der Waagrecht-Stoßmaschine verwendet man den langsamen Hub als Arbeitshub und den schnellen als Leerhub zur Rückbewegung des Meißels.

► Die schwingende Kurbelschleife wird angewendet, wenn bei einer hin- und hergehenden Bewegung die Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit stark unterschiedlich sein soll.

Es gibt auch viergliedrige Gelenkgetriebe mit zwei Schubgelenken, von denen hier als Beispiel nur die Kreuzschubkurbel (Bild 45/2) gezeigt werden soll.

Läuft die Kurbel d gleichmäßig um, so gleitet der Stein a in der Schleife b auf und nieder, und die Schleife b selbst gleitet in der horizontalen Führung des Gestellgliedes c über die Strecke $s_0 = 2r$ in gleichen Zeiten hin und zurück. (Eine solche Kreuzschleife b erkennen Sie auch in Bild 30/2 bei dem Stoßschlitten, der zwei Schubgelenke enthält, aber nicht durch eine Kurbel unmittelbar, sondern durch die schwingende Schleife angetrieben wird.)



45/2 Kreuzschubkurbel

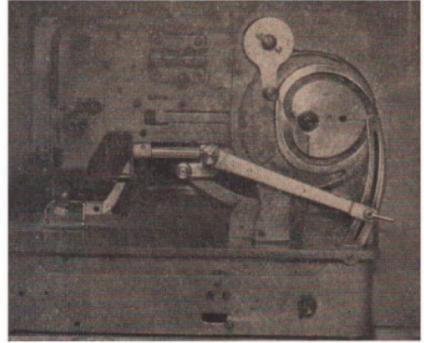
- Suchen Sie weitere Beispiele für Gelenkgetriebe in Maschinen und Geräten, und versuchen Sie durch Vergleich mit den hier gezeigten die Namen dafür zu finden!

Kurvengetriebe

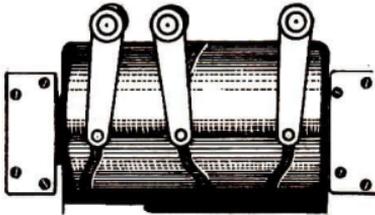
Das besondere Kennzeichen des Kurvengetriebes ist eine Kurve, die an einem Kurvenkörper (Scheibe oder Trommel) ausgearbeitet ist. Sie bestimmt den zeitlichen Ablauf der erzeugten Bewegung. An modernen Maschinen müssen die Arbeitsorgane oftmals periodisch wiederkehrende, scheinbar recht komplizierte und von längeren Rastzeiten unterbrochene Bewegungen ausführen. Bei näherer Betrachtung dieser Bewegungen stellt man fest, daß sie größtenteils aus ganz einfachen Teilbewegungen, nämlich Schwing- und Schubbewegungen, zusammengesetzt sind, die aber sinnvoll ineinandergreifen und zeitlich genau aufeinander abgestimmt sind. Für dieses zeitliche Abstimmen von Bewegungen und Stillständen ist das Kurvengetriebe besonders geeignet. An automatischen Werkzeugmaschinen steuern Kurvengetriebe die Aufeinanderfolge der Arbeitsgänge. Sie bringen

die Werkzeuge in Arbeitsstellung, verschieben sie und führen sie nach Abschluß der Arbeitsgänge wieder in die Ausgangsstellung zurück. An Verbrennungskraftmaschinen werden die Ventile durch Kurven (Nocken) gesteuert.

Einen großen Anwendungsbereich haben die Kurvengetriebe in den Arbeitsmaschinen der Leichtindustrie, die oft sehr komplizierte Bewegungskombinationen ausführen müssen (zum Beispiel beim Einpacken eines Margarinewürfels oder beim Einarbeiten eines Knopfloches in ein Bekleidungsstück).



46/3 Kurvensteuerung an einer Nähmaschine



46/1 Kurventrommel an einer Werkzeugmaschine

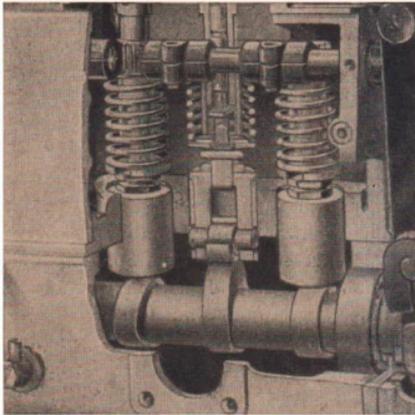
- Kurvengetriebe sind besonders geeignet, verschiedene Teilbewegungen in richtiger zeitlicher Folge zusammenwirken zu lassen. Sie werden deshalb vor allem zur automatischen Steuerung von Arbeitsabläufen eingesetzt.

Aufbau der Kurvengetriebe

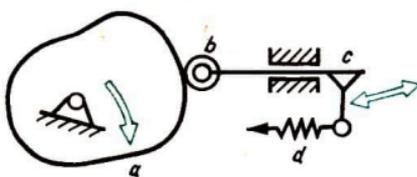
Die Grundform der Kurvengetriebe besteht aus einem *Kurvenglied*, einem *Eingriffsglied* und einem *Verbindungslied*, das meistens Gestellglied ist.

Das *Kurvenglied* (meistens auch das Antriebsglied) läuft um eine Achse gleichmäßig um. (Es gibt auch schwingende oder geradlinig bewegte Kurvenglieder.) Das Kurvenglied kann eine Scheibe sein, an der die Kurve angebracht ist (Bild 46/3), oder es ist eine Trommel mit Kurven, die in axialer Richtung wirken (Bild 46/1).

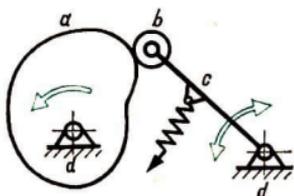
Das *Eingriffsglied* ist entweder ein geradeführter Schieber (Bild 47/1) oder eine Schwinde (Bild 47/2). An der Eingriffsstelle ist, um die Reibung zu vermindern, meistens eine Rolle eingefügt. Die ständige Berührung des Eingriffsgliedes mit der Kurve wird entweder durch eine Feder (*offene*



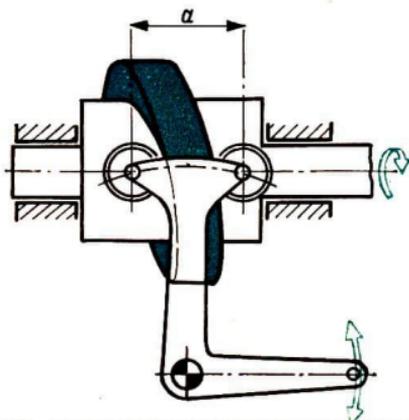
46/2 Nockensteuerung eines Verbrennungsmotors



- 47/1 Kurvengetriebe mit Schieber
Dreht sich die Kurvenscheibe *a* gleichmäßig, so werden die Rolle *b* und der Schieber *c* nur dann bewegt, wenn die Kurve einen Anstieg oder Abfall hat. An den Stellen, wo die Kurve einen Kreis um die Drehachse bildet, bleibt der Schieber stehen. Die Feder *d* sorgt nur für eine dauernde Anlage der Rolle an der Kurve.



- 47/2 Kurvengetriebe, bestehend aus Kurvenscheibe *a*, Schwinde *c* mit Rolle *b* und Feder



- 47/3 Kurvengetriebe mit Kurventrommel und Wulstkurve

Kurve, Bilder 46/2, 47/2) oder durch die Ausbildung als *Nutkurve* (Bild 46/3) oder *Wulstkurve* (Bild 47/3) erreicht.

Flüssigkeitsgetriebe

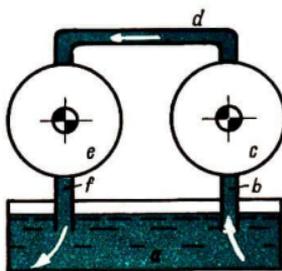
Als siebente Gruppe der Grundgetriebe waren die Druckmittelgetriebe genannt worden, von denen wir hier nur auf die Flüssigkeitsgetriebe kurz eingehen wollen.

Es gibt Flüssigkeitsgetriebe für drehenden Antrieb bei drehendem Abtrieb oder geradlinig hin- und hergehendem Abtrieb. Die zweite Art ist kein eigentliches Getriebe, sondern eine Steuerung. Dabei wird eine Druckflüssigkeit (oder auch Druckluft) in ein System von Zylinder und Kolben abwechselnd von der einen und der anderen Seite eingelassen (Schlittenbewegung in Werkzeugmaschinen).

Die Getriebe mit rotierendem Abtrieb bestehen aus einer Pumpe und einem Flüssigkeitsmotor (Bild 47/4). Die Pumpe *c* fördert das Öl durch die Leitung *d* in den Motor *e*. Pumpe und Motor sind beide meist als umlaufende Kolbenmaschinen gebaut, deren Hub einstellbar ist.

Dadurch läßt sich die durchgesetzte Ölmenge und somit die Drehzahl des Abtriebsteiles stufenlos einstellen.

Mit den Flüssigkeitsgetrieben lassen sich große Kräfte übertragen.



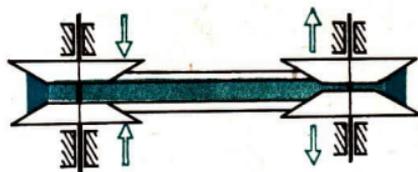
- 47/4 Grundschemata eines Flüssigkeitsgetriebes mit rotierendem Abtrieb

Stufenlose Drehzahlwandler

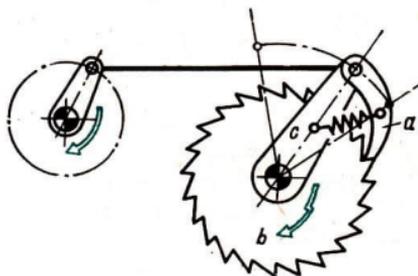
Die stufenlose Einstellung der Abtriebsdrehzahl bei konstanter Antriebsdrehzahl ist der Wunschtraum jedes Kraftfahrers, denn damit würde das Schalten der Gänge wegfallen. Die stufenlosen Getriebe für einen so großen Drehzahlbereich sind aber sehr kostspielig und schwer.

Für stationäre Maschinen sind verschiedene Getriebearten mit stufenloser Drehzahlwandlung entwickelt worden:

Flüssigkeitsgetriebe,
stufenlose Reibkörpergetriebe (s. S. 36),
stufenlose Zugmittelgetriebe. Hier gibt es verschiedene Ausführungen, vor allem mit Keilriemen und axial verschiebbaren Kegelscheiben (Bild 48/1).



48/1 Stufenlos einstellbares Keilriemengetriebe



48/2 Schaltgetriebe aus Kurbelschwinge mit Klinkensperre
a Sperrklinke, b Sperrrad

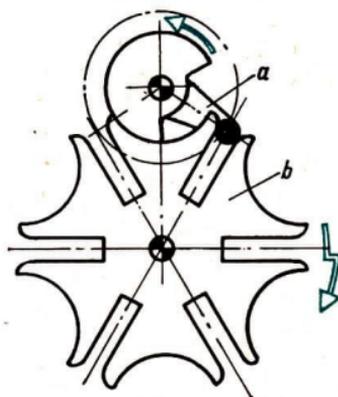
Schaltgetriebe

Schaltgetriebe können aus den verschiedensten Grundgetrieben abgeleitet werden. Die gemeinsame Aufgabe ist, eine fortschreitende Bewegung mit periodisch wiederkehrenden Stillständen zu erzeugen. In dem Getriebe Bild 48/2 wird die Schwingbewegung einer Kurbelschwinge nur in einer Richtung ausgenützt, indem die Sperrklinke *a* das Sperrrad *b* nur in der einen Richtung mitnimmt. Beim Rücklauf der Schwinge *c* bleibt das Sperrrad stehen, wenn der Stillstand (z. B. durch eine Bremse) gesichert wird.

An diesem einfachen Beispiel lassen sich alle wichtigen Merkmale eines Schaltgetriebes erkennen:

- Es muß ein Grundgetriebe da sein,
- die Bewegung eines Gliedes darf nur zeitweise zur Wirkung kommen und
- der zeitweilige Stillstand des Abtriebsgliedes muß gesichert sein.

Ein weiteres Schaltgetriebe, das besonders häufig angewandt wird, ist das Malteser-



48/3 Malteserkreuzgetriebe

kreuzgetriebe (Bild 48/3). Dreht sich die Antriebskurbel *a* nach links, so geht der Treibzapfen aus dem Schlitz des Kreuzes *b* heraus und verliert dabei seine Wirksamkeit. Gleichzeitig schiebt sich ein Dreh-

riegel, der mit der Kurbel fest verbunden ist, vor einen entsprechenden Schuh des Kreuzes *b*, dadurch ist der Stillstand gesichert.

► Schaltgetriebe haben die Aufgabe, eine stetige Antriebsbewegung in eine fortschreitende, durch Stillstände periodisch unterbrochene Abtriebsbewegung umzuwandeln. Sie enthalten immer ein Grundgetriebe, das entsprechend verändert ist. Der periodische Stillstand ist gesichert.

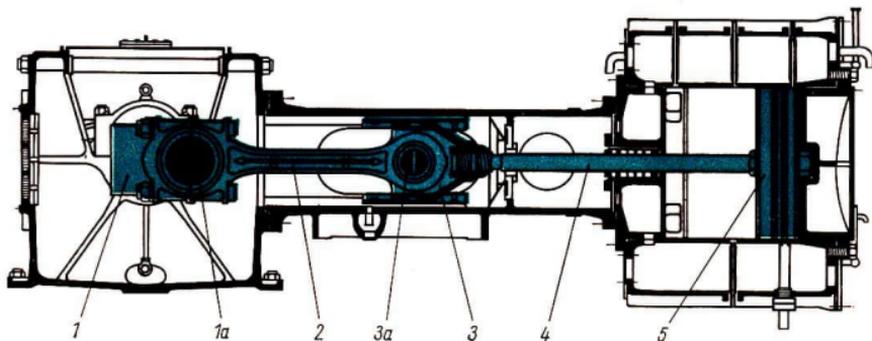
Anwendung finden diese Getriebe vor allem in automatischen Arbeitsmaschinen, bei denen die Werkstücke schrittweise weitertransportiert werden, während der Bearbeitung aber stillstehen müssen. Dazu benutzt man oft Rundtische, die jeweils um einen Winkel weitergeschaltet werden (z. B. bei der Glühlampenfertigung), oder man arbeitet an einem Band (z. B. bei Stanzautomaten).

Schaltgetriebe verwendet man außerdem in Film-Vorführgeräten, weil hier auch der Film mit Unterbrechungen laufen muß.

- Suchen Sie in Ihrem Einsatzbetrieb Maschinen, die Schaltgetriebe enthalten, und stellen Sie fest, welche Grundgetriebe benutzt werden!

AUFGABEN

- Welche Vorteile hat der Keilriemen gegenüber dem Flachriemen?
- Welche Nachteile hat der Schlupf am Riemengetriebe?
Durch welche Maßnahmen kann man den Schlupf verringern?
- Kann man durch Änderung der Gliederzahl an der Kette das Übersetzungsverhältnis am Kettengertriebe ändern?
(Begründung!)
- Bezeichnen Sie in Bild 43/4 die Glieder der Parallelkurbel (Bild 43/3)!
- Bild 49/1 zeigt ein normales Schubkurbelgetriebe (Verdichter). Überlegen Sie die Aufgabe der bezeichneten Teile und erläutern Sie, welchen Gliedern der Schubkurbel (Bild 44/1) die Teile entsprechen!



49/1 Technische Darstellung eines Verdichters

- 1 Kurbelwelle
- 1a Kurbelzapfen
- 2 Schubstange

- 3 Kreuzkopf
- 3a Kreuzkopfbolzen
- 4 Kolbenstange
- 5 Kolben

● Lösen Sie an der Bohrmaschine Ihres Betriebes bzw. Kabinettes folgende Aufgaben:

- a) Was für ein Getriebe wird für die Drehzahlstufung verwendet?
- b) Wieviel Schaltstufen hat das Getriebe?
- c) Welche Drehzahlen können eingestellt werden?
- d) Wie werden die Drehzahlen eingestellt?
- e) Aus welchem Grunde sind verschiedene Drehzahlen erforderlich?
- f) Berechnen Sie aus Motordrehzahl und Durchmesser der Rollen bzw. Räder eine Schaltstufe!

g) Zeigen Sie den Kraftfluß an der Maschine!

h) Schreiben Sie auf, welche Maschinenelemente das Getriebe enthält!

Lösen Sie die gleichen Aufgaben an einer anderen Maschine des Betriebes!

● Sprechen Sie über die Anwendungsgebiete von Kurvengetrieben!

● Beschreiben Sie den Aufbau eines Schraubengeetriebes!

● Suchen Sie noch einige praktische Beispiele für die Anwendung von Schraubengeetrieben!

Rohrleitungen und Armaturen

Die große Bedeutung der Rohrleitungen und Armaturen ließe sich schon allein an der Wasserversorgung darstellen, die nicht nur für die Menschen und Tiere, sondern auch für viele Industriezweige lebenswichtig ist. Die notwendigen Wassermengen werden durch Rohrleitungen dem Verbraucher zugeleitet, und fast die gleiche Menge wird als Abwasser wieder fortgeleitet.

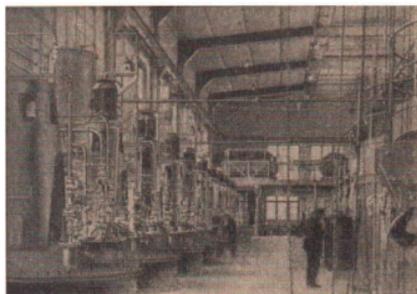
Im industriellen Bereich haben Rohrleitungen und Armaturen, besonders in der chemischen Industrie, große Bedeutung. Hier werden vor allem Säuren, Laugen und Gase durch Rohrleitungen zu den Anlagen transportiert (Bild 51/1). Aber auch in anderen Industriezweigen werden Rohrleitungen und Armaturen benötigt.

An der dargestellten Hochofenanlage (Bild 51/2) wird die auf 800 °C erhitzte Luft durch Rohre von den Winderhitzern zum Hochofen geleitet, um die Verbrennung des Kokes zu unterstützen.

An Werkzeugmaschinen dienen Rohrleitungen zur Ölzuführung zu den Lagern, für hydraulische und pneumatische Spannvorrichtungen, zum Transport der Kühlflüssigkeit usw. (Bild 51/3). In der Landwirtschaft werden durch Rohrleitungen Heu, Stroh, Getreide (Bild 51/4) und Grünfütter gefördert.

Aufgaben und Anwendung

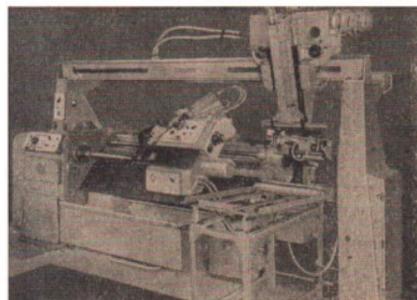
Wie diese Beispiele zeigen, haben die Rohrleitungen verschiedenartige Aufgaben zu lösen. In jedem Fall ist eine Rohrleitung ein nach außen abgeschlossener Transportweg, in dem der Transport von Flüssigkeiten und Gasen sowohl über kurze als auch über längste Strecken und mit ganz beliebigen Richtungsänderungen sicher und schnell durchgeführt werden kann. Über



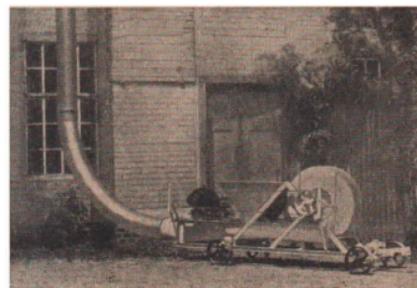
51/1



51/2



51/3



51/4

kurze Entfernungen können auch kleine Festkörper, wie Getreidekörner, Grünfutter, Späne und pulverige Stoffe, wie Kohlenstaub, in Verbindung mit Luft gefördert werden (pneumatische Getreideförderanlagen, Späneabsaugung).

Eine besondere Art der Beförderung durch Rohrleitungen stellt die Rohrpost dar, bei der Festkörper von spezieller Form mit Druckluft durch Rohrleitungen getrieben werden.

Da das Fördergut in bezug auf seine Eigenschaften und die zu fördernden Mengen sehr unterschiedlich sein kann, müssen die Rohrleitungen auch sehr unterschiedlichen Bedingungen genügen, zum Beispiel: Hitzebeständigkeit, Wärmeisolation, Beständigkeit gegen chemische Angriffe, Druckfestigkeit, Elastizität usw.

Oft werden Gase oder Flüssigkeiten auch durch ein Rohrleitungssystem geleitet, um sie gewissen Veränderungen zu unterwerfen, zum Beispiel um sie zu erhitzen, zu verdampfen, abzukühlen oder zu verflüssigen.

Bauelemente

Die notwendigen Bauelemente einer Rohrleitung sind in erster Linie die Rohre selbst, dazu gehören aber auch Rohrverbindungen, Rohrverzweigungen und Armaturen.

- **Rohrleitungen sind geschlossene Transportwege für Flüssigkeiten, Gase und mit Gasen vermengte, leichte Festkörper. Sie bestehen aus Rohren, Rohrverbindungen und Armaturen.**

Rohre

Rohre haben meist einen kreisförmigen Querschnitt. Das ist sowohl strömungstechnisch als auch herstellungsmäßig die günstigste Form.

Die Nennweite ist der innere Durchmesser des Rohres. Sie wird bezeichnet mit *NW* und gemessen in mm oder auch noch in Zoll.

Beispiel: NW 32, das heißt, das Rohr hat einen inneren Durchmesser von 32 mm.

Der Nenndruck ist der Druck, den die Leitung mit Sicherheit aushalten muß. Er wird bezeichnet mit *ND* und gemessen in kp/cm^2 .

Beispiel: ND 10 heißt, das Rohr ist verwendbar bei einem Druck von 10 kp/cm^2 .

Die Wandstärke eines Rohres ist abhängig vom Werkstoff und vom Nenndruck.

Um den Austauschbau zu fördern, sind die wichtigsten Größen, wie *Wandstärken*, *Nenndrücke* und *Nennweiten* standardisiert und in TGL-Blättern zusammengefaßt.

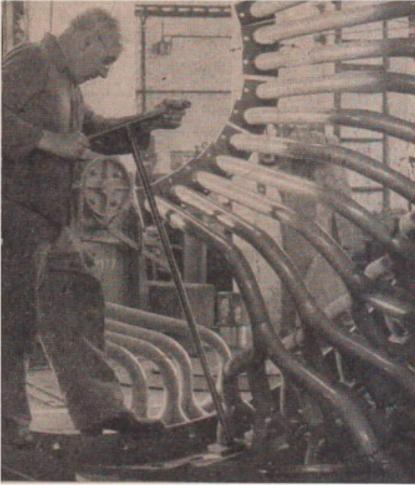
- *Begründen Sie, warum bei den Rohren der innere Durchmesser als Nennmaß genannt wird!*

Für die **Wahl des Werkstoffes** ist außer dem Nenndruck und dem zu fördernden Stoff noch entscheidend, ob das Rohr *starr* oder *flexibel* sein muß.



52/1 Porzellanrohre mit aufgekitteten Flanschen

Die wichtigsten Werkstoffe für starre Rohre sind Stahl, Grauguß, Aluminium, Plaste, Glas, Porzellan, Beton und Steinzeug, für zu biegende Rohre sind es besonders Blei und Kupfer. Für flexible Rohre kommen die Werkstoffe PVC – weich, Gummi (mit



53/1 Rohre aus PVC-hart

oder ohne Gewebe) und imprägnierte Gewebe (zum Beispiel für Feuerwehrschräume) in Frage.

Die Herstellung der Rohre richtet sich nach dem Werkstoff. Graugußrohre und Betonrohre werden gegossen, Stahlrohre meistens nach besonderen Verfahren gewalzt. Die Rohre aus anderen Metallen werden im allgemeinen gespritzt, das heißt aus einem entsprechend geformten Mundstück unter hohem Druck herausgepreßt. Seltener findet man geschweißte Rohre.

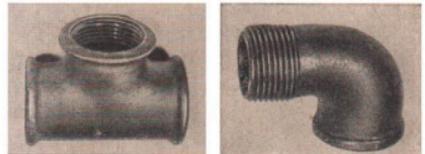
Rohrverbindungen

Mit Rohrverbindungen werden die einzelnen Rohre und Armaturen zu Rohrleitungen zusammengefügt. Die Verbindung kann unlösbar durch Verschweißen, Verlöten und Verkleben oder lösbar durch *Flansche*, *Muffen* und *Rohrverschraubungen* hergestellt werden. Die Art der Verbindung richtet sich nach dem jeweiligen Verwendungszweck.

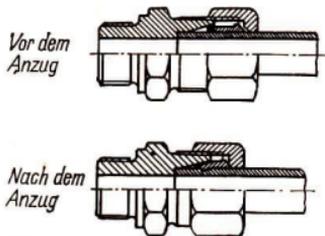
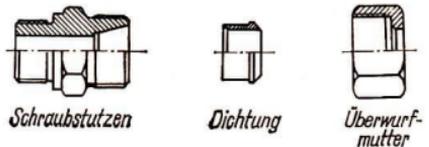
- Suchen Sie Beispiele für unlösbar verbundene Rohre und begründen Sie die Art der Verbindung!

Die Flanschverbindungen (siehe Bild 52/1) lassen sich leicht herstellen. Sie sind sehr haltbar, für hohe Drücke gut geeignet und lassen sich leicht lösen. Die Muffen, auch *Fittings* genannt, sind aus Temperguß hergestellte Fertigteile. Sie sind mit Gewinde versehen und werden in verschiedenen Formen geliefert. Beim Zusammenschrauben von Rohr und Fitting ist Dichtungsmaterial (Hanf und Dichtungskitt) beizulegen. Die Rohrverschraubungen gestatten ein Verbinden und Lösen der Rohre, ohne daß sich diese verdrehen.

- Beschreiben Sie die Funktion der im Bild 53/3 dargestellten Rohrverschraubung! Beachten Sie dabei, daß das Rohr nicht mit Gewinde versehen ist!



53/2 Rohrverbindungsteile: T- und Kniestück



53/3 Rohrverschraubung

Armaturen

Armaturen sind Regel-, Meß- und Absperrorgane. Bei den Regel- und Absperrorganen unterscheidet man *Ventile*, *Klappen*, *Schieber* und *Hähne*. Sie haben die Aufgaben, den Strom in den Rohrleitungen zu steuern beziehungsweise ganz zu unterbrechen.

Erkennungsmerkmale

Ventil

Das Absperrteil hebt und senkt sich beim Öffnen und Schließen senkrecht von der Dichtfläche ab.

Hahn

Das Absperrteil (Hahnkükten) wird beim Öffnen und Schließen gedreht.

Schieber

Das Absperrteil wird zum Absperrten quer zur Durchströmrichtung in den Rohrquerschnitt hineingeschoben.

Klappe

Das Absperrteil wirkt klappend zur Durchströmrichtung.

Die folgende Übersicht zeigt je ein Beispiel der genannten Regel- und Absperrorgane sowie deren Besonderheiten.

Bezeichnung	Bemerkungen
 54/1	Angewendet auch bei hohen Drücken und Temperaturen. Sind wenig empfindlich und können leicht repariert werden. Einteilung nach dem Verwendungszweck in <i>Absperrventil</i> , <i>Rückschlagventil</i> , <i>Sicherheitsventil</i> und <i>Druckminderventil</i> (Reduzierventil). <i>Merke:</i> Der sogenannte Wasserhahn im Haushalt ist nach technischen Gesichtspunkten kein Hahn, sondern ein Ventil (Auslaufventil).

Hahn



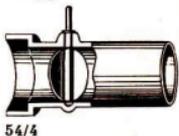
Angewendet für Drücke bis 16 at unter 200°C. Für Nennweiten bis 150 mm. Das Hahnkükten ist kegelig und in das Gehäuse eingeschliffen. Es hat quer zu seiner Längsachse eine runde bzw. ovale Bohrung. Bedienung durch Handgriff oder Hahnschlüssel.
Man unterscheidet *Durchflußhähne* (Stoff fließt in einer Richtung) und *Wegehähne* (Stoff wird in verschiedene Richtungen verteilt). Befindet sich der Durchflußhahn am Ende der Leitung, dann heißt er *Ausflußhahn* (Bild 54/2.);

Schieber



Nur zum Absperrten reiner Stoffe geeignet. Bei geringer Verschmutzung ist ein dichter Abschluß nicht mehr möglich. Angewendet für große Rohrdurchmesser und geringe Rohrdrücke. Durch den großen Hub ergibt sich eine große Bauhöhe bei kleiner Baulänge (äußeres Unterscheidungsmerkmal vom Ventil).

Klappe



Angewendet in Dampf- und Wasserleitungen. Einteilung in *Rückschlagklappe* (selbsttätig) und *Drosselklappe* (Bild 54/4); von außen zu bedienen.

AUFGABE

- Bei langen Dampfleitungen, werden in gewissen Abständen Ausgleichbögen eingebaut. Begründen Sie ihre Notwendigkeit!

Die Nutzung der Elektroenergie in der Volkswirtschaft

Erst in den letzten Jahrhunderten gelang es dem Menschen, in das Wesen der elektrischen Erscheinungen einzudringen. In demselben Maße, in dem der Mensch die Gesetze der Natur entdeckte, machte er sie sich zur Hebung seines Lebensstandards nutzbar und entwickelte das weitverzweigte Gebiet der Elektrotechnik.

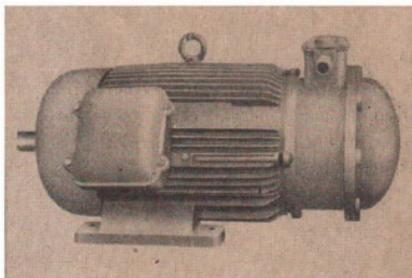
Die Elektrizität ist allen anderen Energieformen überlegen. Sie läßt sich mit geringsten Verlusten über größte Entfernungen übertragen und ist in ihrer Anwendung ebenfalls recht einfach und zuverlässig.

Elektromotoren in Industrie und Landwirtschaft (Bild 55/1), Elektrolokomotiven im Verkehrswesen (Bild 55/2), Fernsprecher in der Nachrichtentechnik (Bild 55/3), elektrische Geräte im Haushalt (Bild 55/4) sind heute nicht mehr aus unserem Wirtschaftsleben wegzudenken und zur Selbstverständlichkeit geworden.

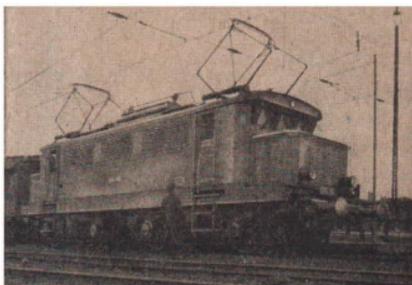
Es darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß der Betrieb elektrischer Geräte auch die Bereitstellung der notwendigen Energiemengen erfordert. Um den Bedarf an Elektroenergie zu decken, werden in der Deutschen Demokratischen Republik alle Maßnahmen zur Steigerung der Erzeugung elektrischer Energie ergriffen.

Das Energieproblem

Im heutigen Zeitalter der Technik werden in den Industriebetrieben und Werkstätten



55/1



55/2



55/3



55/4

große Mengen Energie benötigt: zum Antrieb von Arbeitsmaschinen, zum Heizen von Öfen und Dampfkesseln und zur Beleuchtung von Räumen und Arbeitsplätzen. *Mechanische Energie, Wärmeenergie* und *elektrische Energie* sind für die Technik wichtige Energiearten.

- *Wie werden diese Energiearten gewonnen?*

In der Natur vorkommende Energiearten, ihre Vor- und Nachteile

Die Basis für die Energieumwandlung bilden die *Brennstoffe*. Die Energiebetriebe haben die Aufgabe, die in den Brennstoffen vorhandene Energie in Gebrauchsenergie umzuformen. Brennstoffe sind aber nicht unerschöpflich, sondern werden bei der jetzigen Fördermenge von Kohle und Erdöl in einigen hundert Jahren aufgebraucht sein.

Aus diesen Gründen zeichnen sich heute in verschiedenen Ländern Entwicklungstendenzen ab, die Energiereserven der *Wasser- und Windkraft* sowie der *Sonnenstrahlung* stärker zu nutzen.

Nach dem zweiten Weltkrieg hat auch die *Atomenergie* an Bedeutung gewonnen. Sie ist eine sehr große Energiequelle, die zur Zeit in noch relativ geringem Umfang für friedliche Zwecke genutzt wird.

- *Nennen Sie Beispiele für die Umwandlung von Energie aus Brennstoffen!*
- *Welche Wasserkraftwerke und Atomkraftwerke sind Ihnen bekannt?*
- *Erkundigen Sie sich, auf welchem Gebiet und in welcher Weise Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird!*

In der Deutschen Demokratischen Republik bilden die *Brennstoffe* die Grundlage für die Energieumwandlung.

Übersicht 56.1: Einteilung der Brennstoffe

Aggregatzustand	natürliche Brennstoffe	veredelte Brennstoffe
fest	Holz, Torf; Rohbraunkohle, Steinkohle	Braunkohlenbriketts, Koks, Holzkohle, Kohlenstaub
flüssig	Erdöl	Heizöl, Dieselmotorkraftstoff, Benzin
gasförmig	Erdgas (Naturgas)	Stadtgas, Gichtgas, Propan, Äthin (Azetylen)

- *Welche Verfahren für die Veredelung von Brennstoffen sind Ihnen aus dem Chemieunterricht bekannt?*

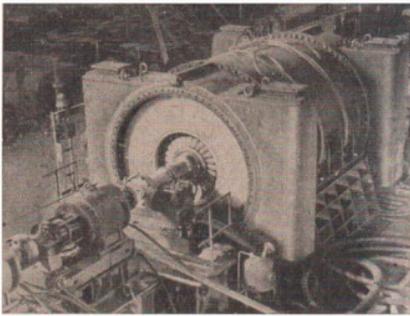
Elektroenergie

Elektroenergie steht in der Natur nicht in direkt nutzbarer Form zur Verfügung. Sie wird in Kraftwerken ausschließlich durch die Umwandlung von mechanischer Energie in Generatoren erzeugt. Gegenüber anderen Energiearten hat sie große Vorteile.

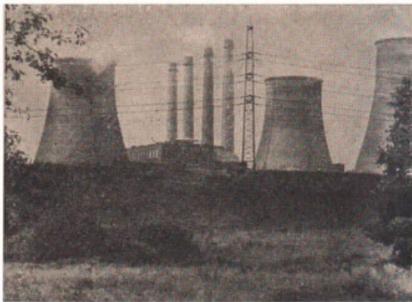
- ▶ *Elektroenergie kann mit geringem Aufwand und ohne größere Verluste in andere Energieformen umgewandelt werden.*

Elektroenergie läßt sich über ein Leitungsnetz wirtschaftlich und praktisch ohne Zeitaufwand über große Entfernungen übertragen.

- *In welche Energieformen und in welchen Geräten wird Elektroenergie umgewandelt?*



57/1 Generator eines Kraftwerkes



57/2 Dampfkraftwerk



57/3 Wasserkraftwerk

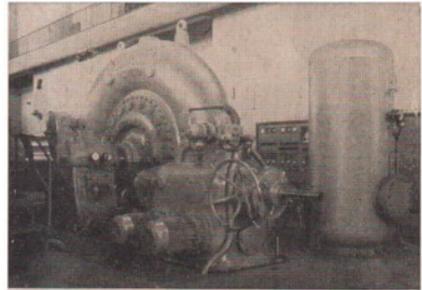
Elektroenergieerzeugung

Elektroenergie wird durch Drehstromgeneratoren (Bild 57/1) in großen Kraft-

werken erzeugt. Die Hauptformen der Kraftwerke sind:

*Wärme*kraftwerke und *Wasser*kraftwerke (Bilder 57/2; 57/3; 57/4).

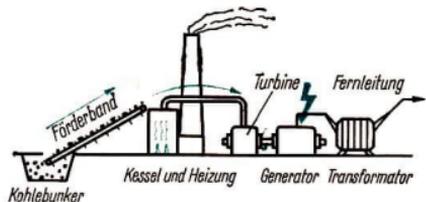
Wärme**kraftwerke** werden in *Dampf*kraftwerke, *Atom*kraftwerke, *Gasturbinen*kraftwerke und *Motoren*kraftwerke unterteilt.



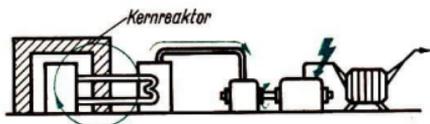
57/4 Wasserturbine

Dampfkraftwerke werden durch Dampfturbinen angetrieben. Zum Heizen der Dampfkessel werden feste und flüssige Kraftstoffe verwendet. Sie werden als Großkraftwerke gebaut und haben an der Gesamterzeugung von Elektroenergie größten Anteil.

Atomkraftwerke arbeiten ähnlich wie Dampfkraftwerke. Der Dampf wird durch die im Kernreaktor entwickelte Wärme erzeugt.



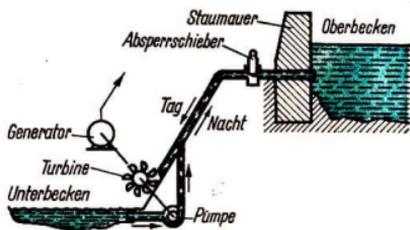
57/5 Schematische Darstellung des Dampfkraftwerkes



58/1 Schematische Darstellung eines Atomkraftwerkes

Die Bilder 57/5 und 58/1 zeigen die schematische Darstellung dieser Kraftwerke.

Wasserkraftwerke werden durch Wasserturbinen angetrieben. Je nach Höhe des Wassergefälles werden Pelton-, Francis- oder Kaplan-turbinen eingesetzt. Um das Wassergefälle zu erhalten, müssen große Staumauern an Flüssen errichtet werden. Eine besondere Form der Wasserkraftwerke sind die Pumpspeicherwerke (Bild 58/2).

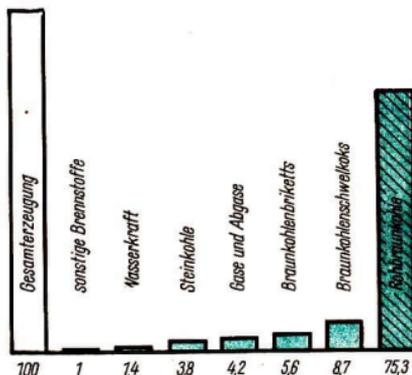


58/2 Schematische Darstellung eines Pumpspeicherwerkes

Sie werden an Flüssen gebaut, deren Wassermengen keinen Dauerbetrieb gestatten und werden nur bei Spitzenbelastungen an das Netz angeschlossen. Dabei strömt das Wasser vom Oberbecken ins Unterbecken und treibt die Turbinen an. Während der Nachtstunden, in denen genügend Elektroenergie zur Verfügung steht, fördern elektrisch betriebene Pumpen das Wasser ins obere Becken zurück.

Die Arten der Kraftwerke, die in einem Lande gebaut werden, werden weitestgehend von den natürlichen Bedingungen bestimmt.

- Welche Faktoren bestimmen Art und Standort der Kraftwerke?
- Wo liegen Kraftwerke in der DDR, und welcher Art sind sie?



58/3 Elektroenergieerzeugung nach Energiequellen 1962 (in Prozent)

Bild 58/3 zeigt für das Gebiet der DDR die Elektroenergieerzeugung nach Energiequellen und bringt die Bedeutung der Rohbraunkohle zum Ausdruck.

Die Energieverteilung

Die in den Kraftwerksgeneratoren erzeugte elektrische Energie von 6000 bis 10000 V wird in unmittelbarer Nähe der Kraftwerke hochgespannt und über Hochspannungsfertleitungen mit bis zu 380 kV den Verbrauchergebieten zugeführt. Damit bei Ausfall eines Kraftwerkes keine Störungen in der Energieversorgung eintreten, sind die Hochspannungsleitungen, die von den Kraftwerken hinausführen, untereinander zu einem Netz, dem *Verbundnetz*, verbunden. An das Verbundnetz schließen sich *Hauptspannstationen* an. Sie transformieren die Hochspannung auf 110 kV. Von den

Hauptumspannwerken führen mehrere Leitungsnetze zu *Gruppenumspannwerken*, wo die Spannung auf etwa 60, 30 oder 15 kV herabgesetzt wird. Von den Gruppenumspannwerken werden nun die *örtlichen Transformatorstationen* versorgt, und die Elektroenergie wird auf die Gebrauchsspannung von $3 \times 380/220$ V heruntergesetzt. Die Bilder 59/1 und 59/2 zeigen einige Übertragungsanlagen. In Bild 59/3 ist die Energieverteilung schematisch dargestellt. (Es können auch andere Spannungen verwendet werden und mehr Umspannstationen zwischen Erzeuger und Verbraucher liegen.)

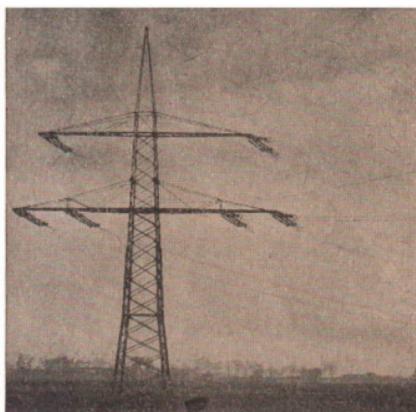
Vom *Ortsnetztransformator* wird neben den drei spannungsführenden Leitungen noch der Mittelpunktleiter zu den Verbrauchern geführt. Kraftstromverbraucher (Drehstrommotoren) werden an die drei spannungsführenden Leitungen, alle übrigen Geräte an eine spannungsführende Leitung und den Mittelpunktleiter angeschlossen.

● *Wiederholen Sie, was Sie über das Drehstrom-Vierleitersystem im Physikunterricht gehört haben!*

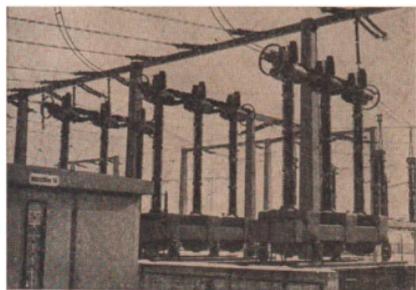
Nach Abmachungen im Rat für gegenseitige Wirtschaftshilfe wurde bzw. wird der Verbundbetrieb zwischen den sozialistischen Ländern aufgenommen. Die Netze der einzelnen Länder werden durch 400 kV-Leitungen verbunden. Da die Hauptbelastungszeiten in diesen Ländern zeitlich gegeneinander verschoben sind, können sie sich gegenseitig unterstützen. Die vorhandenen Kraftwerkskapazitäten werden rationeller ausgenutzt.

Die Elektroenergieverbrauchsgruppen

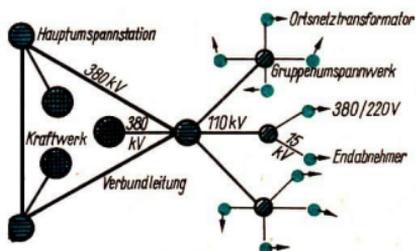
Eine moderne Wirtschaft ist ohne ausreichende elektroenergetische Basis undenkbar: Elektroenergie ist das Blut der Wirtschaft.



59/1 Hochspannungsfernleitung



59/2 Freiluftumspannstation



59/3 Schema der Energieverteilung

In bezug auf die Industrieproduktion liegt die Deutsche Demokratische Republik unter den ersten zehn Industriestaaten der Welt. Die Industriezweige, die unseren Aufbau bestimmen, sind besonders energieintensiv. Bild 60/1 zeigt den Energiebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen,

Elektroenergie in der Industrie

Der Hauptverbrauch an elektrischer Energie liegt in der Industrieproduktion. Hier steht die Grundstoffindustrie mit ihren wichtigen Zweigen, dem Bergbau, der Metallurgie und der chemischen Industrie an erster Stelle. Folgende Übersichten geben Aufschluß über den Energiebedarf in der Grundstoffindustrie:



60/1 Energiebedarf der Verbrauchergruppen 1962 (in Prozent)

Übersicht 60.1: Energiebedarf bei der Elektrolyse

Produkt	Energiebedarf (in kWh/t)
Elektrolyt-Kupfer	etwa 8000
Nickel	etwa 14000
Aluminium	etwa 22000
Magnesium	etwa 36000

Übersicht 60.2: Energiebedarf bei Elektrowärme- prozessen

Produkt	Energiebedarf (in kWh/t)
Herstellen von Elektro- stahl im Elektro-Licht- bogenofen	750
Schmelzen von Kalzium-Karbid im Lichtbogen-Reduktions- ofen	2800 bis 4000
Herstellen von Stick- stoffoxid im Licht- bogen-Gas-Reaktions- ofen (bezogen auf 1 t Salpetersäure)	15000 bis 17000

Übersicht 60.3: Entwicklung der Produktion bei Kalzium-Karbid und Elektro Stahl in der DDR (in Tonnen)

Produkt	1950	1958	1962
Kalzium-Karbid	606148	830707	1013109
Elektrostahl	75500	198500	369500

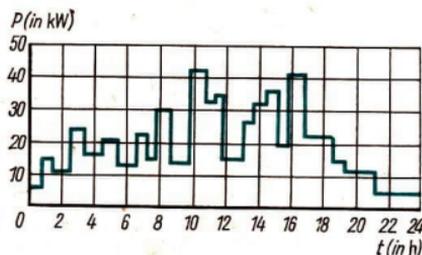
- Berechnen Sie, wieviel kWh Elektroenergie für die Erzeugung von Kalzium-Karbid und Elektro Stahl im Jahre 1962 benötigt wurden!

Im Jahre 1962 beanspruchte die Industrie etwa 72 Prozent des gesamten Bedarfs an Elektroenergie, die Grundstoffindustrie allein 56 Prozent. Mit einem Bedarf von 30 Prozent der Gesamtzeugung liegt die chemische Industrie weit über dem Bedarf anderer Industriezweige.

- Vergleichen Sie an Hand Bild 60/1 den Bedarf der chemischen Industrie mit anderen Wirtschaftszweigen!

Elektroenergie in der Landwirtschaft

Im Jahre 1962 fielen 3,5 Prozent des gesamten Energiebedarfs auf die Landwirtschaft. Das darf aber nicht zu dem Schluß führen, daß die Landwirtschaft energiewirtschaftlich von untergeordneter Bedeutung ist. Im Unterschied zu den Industriebetrieben, wo die Elektroenergie kontingiert ist, verfügt die Landwirtschaft frei über Elektroenergie, und es können höchste Leistungen beansprucht werden. Durch den Einschichtbetrieb, der in der Landwirtschaft im wesentlichen vorherrscht, treten Belastungsspitzen auf, die nicht selten mit den Belastungsspitzen der übrigen Verbraucher zusammenfallen und dadurch zu einer Überlastung des Netzes führen. Bild 61/1 zeigt die Tagesbelastungskurve eines VEG.



61/1 Tagesbelastungskurve eines VEG

- *Wie wirkt sich eine Überlastung des Ortsnetzes aus?*
- *Wie können Belastungsspitzen vermieden werden?*

Neben den allgemeinen Verhältnissen in der Landwirtschaft wurden durch die Umgestaltung zu sozialistischen Großbetrieben die energiewirtschaftlichen Verhältnisse noch komplizierter. Mit der zunehmenden Mechanisierung der Innenwirtschaft ist ein ständig steigender Bedarf an Elektroenergie in der Landwirtschaft verbunden.

Elektroenergie im Haushalt

Betrachten wir den eigenen Haushalt, so stellen wir fest, daß er in den Jahren nach dem zweiten Weltkrieg moderner geworden ist. Wand-, Lese- und Fernsehleuchten, Elektroherd, Heizsonne, Heizkissen, Staubsauger, Kaffeemühle, Rasierapparat, Rundfunkgerät, Fernsehgerät, Kühlschrank und Waschmaschine bestimmen immer mehr die Ausstattung des Haushaltes.

Übersicht 61.1: Ausstattung je 100 Haushalte mit elektrischen Geräten

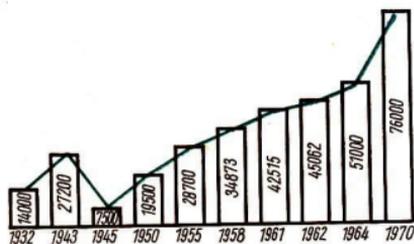
Geräte	1958	1962	1964
Haushaltskühlschränke	2,1	12	19,6
Haushalts- waschmaschinen	1,6	13	20
Fernsehempfänger	5,1	30	51

Mit dem höheren Ausstattungsgrad wächst aber auch der Bedarf an Elektroenergie. Das einzelne Gerät fällt zwar wenig ins Gewicht, jedoch bei der Vielzahl der Geräte nimmt der Energiebedarf in den Haushalten ebenfalls stark zu.

- *Ermitteln Sie den mittleren Leistungsbedarf der genannten Haushaltsgeräte nach Übersicht 61.1, und stellen Sie den mittleren Energiebedarf eines Haushaltes ohne diese Geräte gegenüber!*

Entwicklung und Perspektive der Elektroenergieerzeugung

Von den 1945 auf dem Gebiet der DDR vorhandenen Kraftwerksleistungen waren nur 2500 MW einsatzfähig. In den Nachkriegsjahren mußten folglich große Anstrengungen unternommen werden, um den Bedarf der einzelnen Wirtschaftszweige zu decken. Allein in den Jahren von 1958 bis 1962 wurden 1600 MW neue Kraftwerksleistungen in Großkraftwerken in Betrieb genommen.



62/1 Entwicklung und Perspektive der Elektroenergieerzeugung in der DDR (in Millionen kWh)

- Welche Kraftwerke wurden neu errichtet bzw. werden zur Zeit gebaut?

Wie sich die Elektroenergieerzeugung entwickelt hat bzw. entwickeln wird, zeigt Bild 62/1.

AUFGABEN

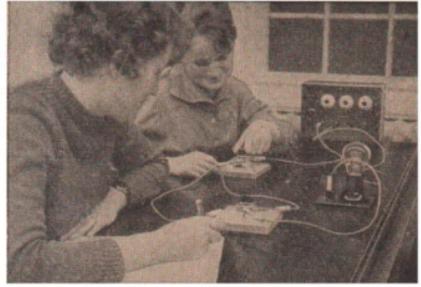
- Welche Vor- und Nachteile hat Elektrizität gegenüber anderen Energiearten?

- Welche Kraftwerksarten sind Ihnen bekannt? Nennen Sie deren Vor- und Nachteile!
- Nach welchen Gesichtspunkten werden Kraftwerke in einem Lande projektiert?
- Welche Aufgabe hat ein Pumpspeicherkraftwerk?
- Nennen Sie Produktionsprozesse, die einen hohen Bedarf an Elektroenergie erfordern!
- Beschreiben Sie den Prozeß der „Erzeugung“ von Elektroenergie und des Energietransportes vom Erzeuger zum Endverbraucher!
- Welche Vorteile hat das Drehstrom-Vierleitersystem?
- Was soll durch den Verbundbetrieb sowohl innerhalb der DDR als auch zwischen den Ländern des RGW erreicht werden? Wie können Sie dazu beitragen, um Spitzenbelastungen weitestgehend zu vermeiden?

Starkstromtechnik (Einführung)

Es gibt praktisch keinen Bereich mehr, in den die Elektrotechnik nicht eingedrungen ist und uns das Leben erleichtern hilft. Das bedeutet aber auch, daß wir uns mit der Elektrotechnik beschäftigen müssen, wie beispielsweise die Mädels aus dem Klub Junger Techniker der Betriebsberufsschule des VEB Starkstromanlagenbau Dresden (Bild 63/1), um später — ganz gleich ob im Haushalt oder im Betrieb — richtig informiert zu sein, d. h., die wesentlichsten Erscheinungen der Starkstromtechnik zu kennen. Dazu gehört auch das Wissen über elektrische Leitungen, ihren Aufbau und ihre Anwendung. Bild 63/2 zeigt die Bearbeitung eines Erdkabels, das in diesem Fall für eine 220-kV-Schaltanlage verwendet wird. Eine ganz andere Leitungsart wird für die Installation einer Punktschweißmaschine (Bild 63/3) benötigt, die im Lehrbetrieb „Martin Andersen Nexö“ im VEB Stahl- und Walzwerk Riesa verwendet wird. Solche Maschinen werden mit nur ganz geringen Spannungen von etwa 22 V bis 44 V betrieben, wobei die Stromstärken bis über 600 A betragen können.

Zur Verteilung elektrischer Energie gehören u. a. Schaltanlagen. Zum Bedienen dieser Innenraumschaltanlage, wie sie Bild 63/4 zeigt, gehören ein großes Wissen und eine hohe Verantwortung: Nicht rechtzeitiges Erkennen von Fehlern oder eine Fehlschaltung können zu erheblichen Schäden führen. Elektrische Leitungen, Schalter, Steckdosen, Abzweigdosen und Beleuchtungskörper sind standardisiert. Beim Verlegen von elektrischen Leitungen müssen Vorschriften beachtet werden. Diese Vorschriften werden in Standards zusammengefaßt und vom Amt für Standardisierung herausgegeben. Eng verbunden mit den Materialien für die Elektroinstallation sind die verwendeten Schaltungen.



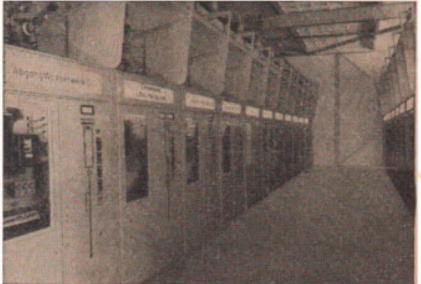
63/1



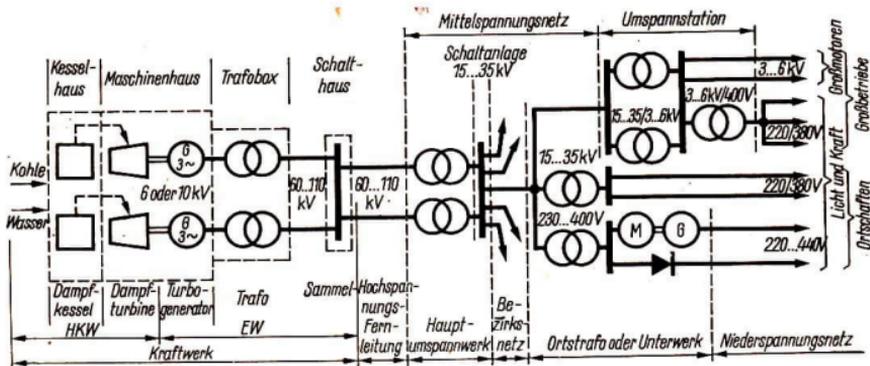
63/2



63/3



63/4

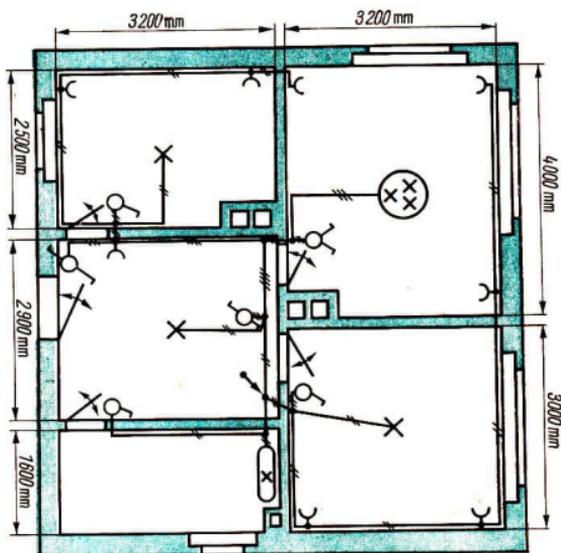


64/1 Energieluf vom Kraftwerk zum Abnehmer elektrischer Energie

Aufgaben der Elektroinstallation

Mit Hilfe elektrischer Anlagen wird die in den Kraftwerken erzeugte elektrische Energie zu den Abnehmern fortgeleitet. Dort sind zum Beispiel elektrische Beleuchtungskörper mit ihren Lampen, Elektromotoren

und elektrische Geräte aller Art, die in der Industrie und Landwirtschaft und im Haushalt benötigt werden. Bild 64/1 zeigt schematisch den *Energieluf* vom Kraftwerk zum Abnehmer elektrischer Energie. Durch schadhafte Anlagen können große materielle Nachteile und Schäden ent-



64/2 Installationsplan für eine Wohnung

stehen — zum Beispiel Produktionsausfall in Industrie oder Landwirtschaft —, und es kann auch zu einer ersten Gefährdung von Menschen kommen.

- ▶ 1. Jeder unfachgerechte Eingriff in eine elektrische Anlage ist verboten!
- 2. Eine elektrische Anlage soll übersichtlich aufgebaut sein, damit auftretende Fehler leicht erkannt und schnell behoben werden können.
- 3. Eine elektrische Anlage soll erweiterungsfähig sein, das heißt, sie soll bei zunehmendem Energiebedarf noch arbeitsfähig bleiben.

In vielen Fällen, zum Beispiel in Wohn- und Kulturräumen, achtet man darauf, daß die elektrische Anlage durch ihre Leitungsführung das Gesamtbild des Raumes nicht stört. Die Leitungen werden entweder „unsichtbar“, das heißt im oder unter dem Putz verlegt, oder sie werden der Linienführung des Raumes angepaßt. Jede elektrische Anlage muß ökonomisch geplant und errichtet werden, das heißt:

- ▶ Es ist volkswirtschaftlich wichtig, bei möglichst sparsamem Materialaufwand und geringer Arbeitszeit eine einwandfreie elektrische Anlage zu erhalten.

Vor der Errichtung elektrischer Anlagen werden Pläne angefertigt. Sie sind zur Planung und zur späteren Überwachung der Anlagen notwendig.

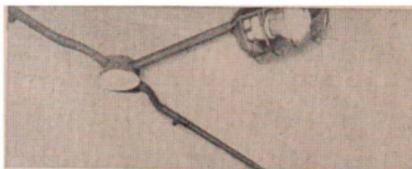
Bild 64/2 zeigt den Installationsplan für eine Wohnung.

Leitungsverlegung

Die folgende Übersicht zeigt einige Ausführungen von Verlegungsarten.

Übersicht 65.1: Ausführungen von Verlegungsarten

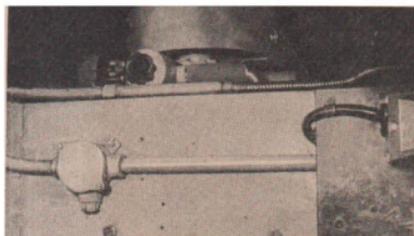
Verlegung auf dem Putz



65/1 Falzrohr mit Bügelschellen



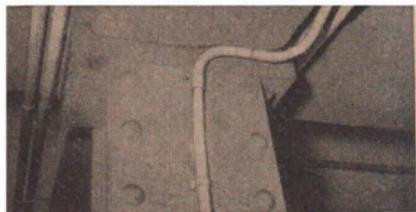
65/2 Falzrohr auf Abstandschellen



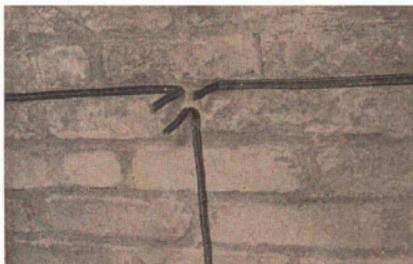
65/3 Stahlpanzerrohr, an Maschinen geführt



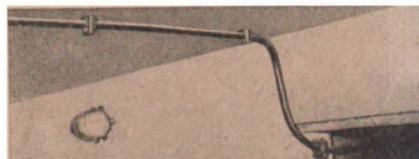
65/4 PVC-Rohr in einem feuchten Raum



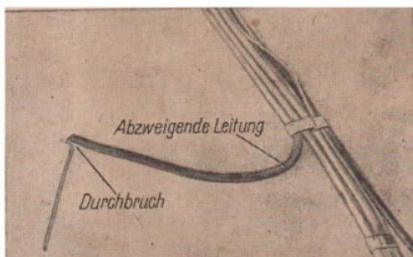
66/1 Leichtes Stahlrohr, an einer Stahlkonstruktion verlegt



66/5 NYIF-Leitung auf dem Mauerwerk, geheftet



66/2 NYM-Leitung, auf Kunststoffabstandscheibe verlegt



66/6 Abzweigung zum Lampendurchbruch bei der Horizontalinstallation

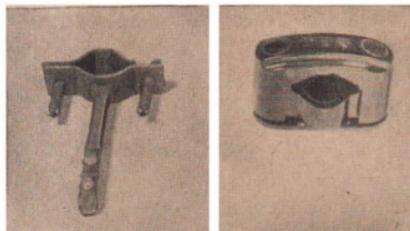


66/3 Normen-Rohrdrabt-Aderleitung, im Haushalt verlegt

Verlegung in und unter dem Putz



66/4 Gummirohr mit Abzweigdose, geheftet



66/7 Abstandscheibe mit Steindolle

66/8 Abstandscheibe für NYM

- Bei welchen Ausführungen ist es möglich, noch Leitungen nachzuziehen, ohne daß Zerstörungen auftreten?
- Die Abstandscheibe nach Bild 66/7 muß eingepipst, die Abstandscheibe nach Bild 66/8 geklebt werden.
Welches Vorgehen ist zu bevorzugen?

- *Vergleichen Sie die Verlegung von Gummirohr und NYIF-Leitung, und begründen Sie, welche Ausführung ökonomischer ist!*
- *Warum ist die Verlegung von Rohrdraht in feuchten Räumen oder im Putz nicht zulässig? (Vergleichen Sie dazu die Bilder 66/2 und 66/3!)*

Verteilungen und Abzweigungen

Verteilungen und Abzweigungen dienen zur rationellen Fortleitung der elektrischen Energie; dazu einige Beispiele:

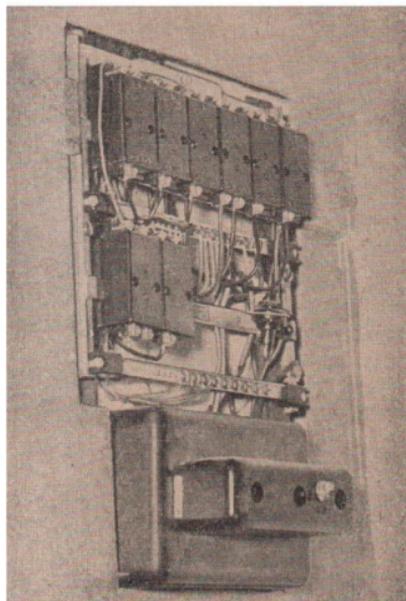
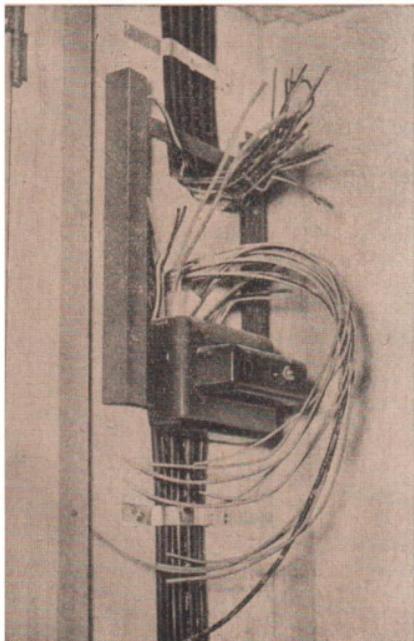
Bild 67/1 zeigt einen zentralen Verteiler mit den noch nicht angeklebten Leitungen, wie er für die *Unterflur-* beziehungsweise *Horizontalinstallation* bei der Großplatten-

bauweise verwendet wird. Dabei werden vornehmlich schwachstrombetriebene Fernschaltungen verwendet, wie sie auf S. 76 beschrieben werden.

Bild 67/2 zeigt diesen Verteiler, wenn er angeklebmt und dann abgedeckt ist.

Bild 67/3 zeigt eine Abzweigung bei der gleichen Installationsart, die zu einer

67/1

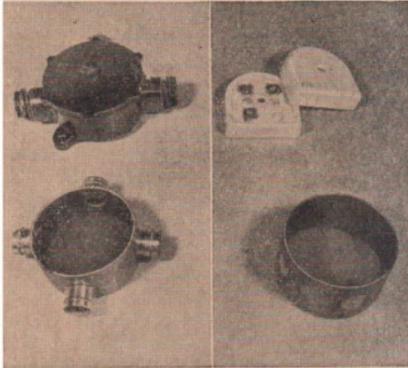


67/2



67/3

Schutzkontaktsteckdose mit darunterliegendem Verteilerkasten führt. Für die traditionelle Installation auf, unter oder im Putz werden meist folgende *Abzweigdosen* (Bild 68/1 a bis d) verwendet:
 Abzweigdose für Feuchtraumleitungen;
 Abzweigdose für Isolierrohr,
 Abzweigdose für Rohrdraht,
 Abzweigdose für Gummirohr (für Verlegung unter dem Putz).



68/1 a, b, c, d

- *Nennen Sie wesentliche Unterscheidungsmerkmale zwischen einer Abzweigdose für Feuchtraumleitungen und einer für Rohrdraht!*

Materialien der Installationstechnik

Die untenstehende Übersicht zeigt eine Möglichkeit, wie die üblichen Materialien für die Elektroinstallation eingeteilt werden können.

- *Welche Leiterwerkstoffe sind aus dem Physikunterricht bekannt?*
- *Was versteht man unter dem spezifischen Widerstand?*

Werkstoffe

Leiterwerkstoffe für die Elektroinstallation sind vornehmlich *Aluminium* und *Kupfer*; für Fernleitungen werden häufig Aluminiumseile mit einem in ihrer Mitte verlaufenden Stahldraht verwendet.

- *Welche Aufgabe hat der Stahldraht?*

Im Gegensatz zu Kupfer ist Aluminium in genügender Menge und guter Qualität zu relativ niedrigem Preis vorhanden. Wegen der guten physikalischen und chemischen Eigenschaften des Aluminiums sind auch die Hauptproduktionsländer des Kupfers, wie die Sowjetunion und die USA, zur vornehmlichen Verwendung von Aluminiumleitungen übergegangen.

Kontaktwerkstoffe werden für elektrische Geräte benötigt, die eine große *Schalhöhe*

Übersicht 68.1: Werkstoffe und Materialien für die Elektroinstallation

Werkstoff	Leitungs- und Rohrmaterial	Verteilung und Abzweigungen	Schaltgeräte
Leiterwerkstoff	Leitungen für feste Verlegung	Verteilerkästen	Schalter
Kontaktwerkstoff	Schutzrohre	Zentrale Verteiler	Steckvorrichtungen
Widerstandswerkstoff	Leitungen für den Anschluß ortsveränderlicher Verbraucher		Sicherungen

keit aufweisen. (Das ist zum Beispiel bei den noch später zu behandelnden Relais der Fall.)

Übersicht 69.1: Kontaktwerkstoffe

Edelmetalle	Silber, meist mit Zusatz von Kupfer; Platin, da sehr selten, nur für sehr hochwertige Geräte;
Wolfram	hat einen hohen Schmelzpunkt und eine große Härte, nachteilig ist sein hoher spezifischer Widerstand;
Werkstoffkombinationen	sollen Nachteile von einzelnen Kontaktwerkstoffen vermeiden, folgende Kombinationen sind üblich: W-Cu, W-Ag, Mo-Cu, Mo-Ag, Ag-Mi.

- Welche Werkstoffe von den Werkstoffkombinationen wurden im Chemieunterricht besprochen?

Isolierwerkstoffe sind Werkstoffe, die dem elektrischen Strom einen äußerst hohen Widerstand entgegensetzen (zum Beispiel

$$\text{Polystyrol: } 10^{22} \cdot \frac{\text{mm}^2 \Omega}{\text{m}}).$$

Ein guter Isolierwerkstoff muß viele Forderungen erfüllen: Er muß gut verarbeitbar sein; von einigen wird verlangt, daß sie sehr elastisch sind. Bei hohen Spannungen muß er seine Funktion als Isolator sicher erfüllen.

Außerdem muß der Isolierwerkstoff wärmebeständig sein, und er darf nicht hygroskopisch (wasseraufnahmefähig) sein. Einige wichtige Isolierwerkstoffe für die Elektrotechnik sind: Quarz, Glimmer, Glas, Porzellan, getränktes Papier, Öl, keramische Spezialmassen und Plaste. Die Plaste werden wegen ihrer guten Eigenschaften in steigendem Maße verwendet.

Leitungs- und Rohrmaterial

Leitungsmaterial. Wie in allen Bereichen unserer Industrie und Landwirtschaft hat die *Standardisierung* auch bei der Herstellung des Leitungsmaterials große Fortschritte gemacht. So gab es noch vor einigen Jahren etwa 52000 *Kabeltypen*; jetzt werden etwa 10000 Kabeltypen hergestellt, ohne daß für den Abnehmer nennenswerte Nachteile entstanden sind.

Übersicht 69.2: Einteilung des Leitungsmaterials nach der Umhüllung

Blanke Leitungen	Isolierte Leitungen
Sie werden vornehmlich für die Verlegung außerhalb von Gebäuden verwendet; defestigt werden sie an Isolierkörpern	1. kunststoff-, 2. gummi- und 3. papierisolierte Leitungen

- Nennen Sie Beispiele, wo Ihnen blanke Leitungen begegnet sind!

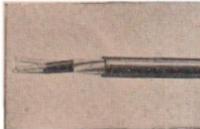
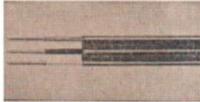
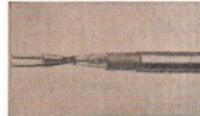
Bei der Installation in und an Gebäuden nehmen die kunststoffisolierten Leitungen einen hervorragenden Platz ein. Gummiisolierte Leitungen finden wir meist nur noch in bestehenden Anlagen. Sowohl vom Werkstoff Gummi beziehungsweise Buna (einem Kunstgummi) als auch von der Fertigung der Leitung her stellen sich gummiisolierte Leitungen wesentlich teurer. (Zum Beispiel muß Kupfer zuvor verzinkt werden, ehe es mit Gummi oder Buna überzogen werden kann.)

- Wie reagieren Gummi und Kupfer chemisch aufeinander?

Papierisolierte Leitungen findet man in den *Papierbleikabeln*, die vornehmlich für die Verlegung im Erdboden verwendet werden. Neben dieser Einteilung des Leitungsmaterials nach der Umhüllung kann man es nach dem Verwendungszweck einteilen.

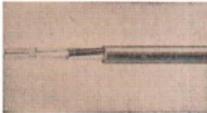
Übersicht 70.1: Einteilung des Leitungsmaterials nach der Verwendung

Leitungen für feste Verlegung

Bezeichnung	Typenkurzzeichen, Bild	Aufbau	Verwendung
Normen-Kunststoff-Aderleitung	NYA 	Kupfer- oder Aluminiumleiter, Kunststoffisolation	In Isolierrohren in trockenen Räumen
Normen-Gummi-Aderleitung	NGA 	Aluminium- oder verzinnter Kupferleiter ist mit Gummihülle versehen; mit gummiertem Baumwollband umwickelt; dann mit Baumwolle oder Hanf umflochten	Gleiche Verwendung wie NYA
Normen-Kunststoff-Mantelleitung	NYM 	Aluminium- oder Kupferleiter ist mit thermoplastischer Hülle umgeben, darüber folgt thermoplastischer Mantel	Ersetzen praktisch alle kabelähnlichen Leitungen
Normen-Kunststoff-Imputzleitung (Stegleitung)	NYIF 	Leiter erhält Isolierhülle, zwei oder drei Leiter werden in gemeinsame flache Kunststoffhülle gepreßt	In Gebäuden auf das Mauerwerk gelehft; der Putz gibt danach den notwendigen mechanischen Schutz
Normen-Rohrdraht-Aderleitung	NRA 	Leiter erhält Isolierhülle, Adern werden verseilt, mit getränktem Papier bewickelt; darüber eng anliegender Metallmantel	In Gebäuden auf dem Putz verlegt. Räume müssen trocken sein

Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Verbraucher

Gummischlauchleitungen

Normen-Leichte-Handgeräteleitung	NLH 	Verzinnte flexible Leiter erhalten Gummihülle, Adern werden mit gemeinsamem schwachem Gummimantel umgeben	Zum Anschluß von Tischlampen, Heizkissen, Heißluftgeräten
Normen-Schwere-Handgeräteleitung	NSH	Zunächst Aufbau wie NLH, dann erhalten	Für die Installation an schweren Werkzeugen

Bezeichnung	Typenkurzzeichen, Bild	Aufbau	Verwendung
		die Leiter eine Baumwollumspinnung, sie werden verseilt und mit einem Gummimantel umgeben; darüber folgt ein Baumwollband und ein zweiter Gummimantel	maschinen, landwirtschaftlichen Geräten; Laufkränen

Leitungsschnüre für Beleuchtungskörper

Normen-Fassungssader NFA



Massiver oder feindrähtiger (flexibler) Leiter ist mit einer Gummihülle umgeben, mit einem Garn umflochten; der Querschnitt ist 0,75 mm²

- Stellen Sie Leitungsmaterialien zusammen, die Ihnen im Betrieb begegnen, und ordnen Sie diese der Übersicht zu!
- Warum sind Handgeräteleitungen aus feindrähtigen (flexiblen) Leitern aufgebaut?

Rohrmaterial. In vielen Fällen müssen Leitungen durch Rohre geschützt werden. Der Schutz kann sich beziehen auf

1. Schutz vor chemischen Einflüssen (zum Beispiel bei Verlegung im oder unter dem Putz),
2. Schutz vor mechanischer Beanspruchung (zum Beispiel bei Verlegung auf dem Putz, an Maschinen, für Durchführungen durch Gebäudeteile).

Im Hinblick auf die elektrische und mechanische Beanspruchung von Rohren unterscheidet man *Isolierrohre* und *Schutzrohre*.

Übersicht 71.1: Rohrmaterial

Isolierrohre

Falzrohr: Dieses Rohr darf in trockenen Räumen in oder auf dem Putz verlegt werden,

Stahlpanzerrohr: Wird vornehmlich bei „rauhem Betrieb“ verlegt, zum Beispiel offen an Wänden, in Betonfußböden, unter und über Decken.

PVC-Rohr: Geeignet für die Verlegung in feuchten und explosionsgefährdeten Räumen. Darf nicht in Räumen mit Temperaturen über 35 °C verlegt werden.

Gummirohr. Wird ausschließlich für die Verlegung unter dem Putz verwendet.

Schutzrohre

Leichtes Stahlrohr: Geeignet zur Verlegung auf und im Putz; jedoch nicht in sehr staubigen, sehr feuchten oder explosionsgefährdeten Räumen.

Stahlrohr: Dieses Rohr ist ähnlich dem Stahlpanzerrohr, jedoch enthält es keine Isolierauskleidung.]

- Warum dürfen Gummirohre nicht auf dem Putz verlegt werden? Informieren Sie sich, wie Stahlpanzerrohre im Gegensatz zu leichten Stahlrohren untereinander verbunden werden!

AUFGABEN

- Warum sind Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Anlagen notwendig?
- Nennen Sie die typischen Merkmale von Leiter-, Kontakt-, Widerstands- und Isolierwerkstoffen!
- Welche isolierten Leitungen werden zukünftig immer mehr im Vordergrund stehen?
- Warum müssen zum Anschluß von beispielsweise Steckern die Enden flexibler Leitungen verlötet werden?
- Welchen Vorteil bietet die Unterflurinstallation gegenüber der Verlegung von Gummirohr?

Elektrische Schaltgeräte

Man versteht darunter solche Geräte, die Strompfade verbinden, unterbrechen oder trennen.

- Unterscheiden Sie beim Fahrtrichtungsanzeiger mit Blinkeinrichtung, wann Strompfade verbunden, unterbrochen und getrennt werden!

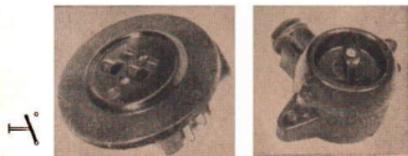
Übersicht 72.1: Einteilung von Schaltgeräten

Schalter	Steckvorrichtungen	Sicherungen
Stellschalter	ohne Schutzkontakt	Leitungsschutzsicherungen
Tastschalter	mit Schutzkontakt, schalter Gerüststeckvorrichtungen, Kragensteckvorrichtungen	Leitungsschutzsicherungen

Stellschalter (handbetätigt) haben keinen selbständigen Rückgang. Nach der Betätigung bleiben sie in der Schaltstellung stehen.

Diese Schalter werden für die unterschiedlichsten Spannungen und Stromstärken hergestellt.

Tastschalter zeichnen sich durch selbsttätigen Rückgang aus. Man unterscheidet zwischen handbetätigten und relaisbetätigten Tastschaltern. Nach der Wirkungsweise des Tastschalters kann man in *Öffner* und *Schließer* einteilen, das heißt, mit ersterem kann ein Strompfad unterbrochen, mit letzterem einer geschlossen werden. *Relais* bezeichnet man auch als *Befehlsschalter*. Ihr elektromechanisches Triebsystem (zum Beispiel ein Elektromagnet, dessen Zuganker Schaltkontakte betätigt) wird oftmals durch schwache Ströme betätigt (Steuergrößen), und ihre Schaltkontakte steuern nachfolgende elektrische Einrichtungen (das können beispielsweise Beleuchtungseinrichtungen sein).



72/1 Schaltzeichen für Stellschalter
72/2 Unter-Platz-Schalter
72/3 Schalter für Feuchtraumverlegung

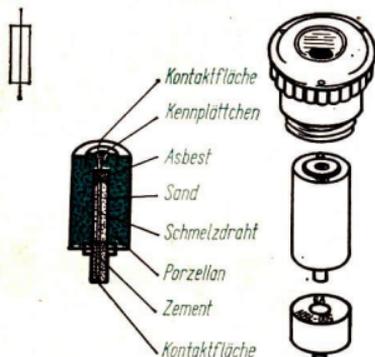


72/4a Schaltzeichen für Tastschalter
72/4b Einzeldruckknopftaster
72/5 Relais, Schaltzeichen

- Welche handbetätigten Stell- und Tastschalter haben Sie kennengelernt?

Sicherungen teilen wir an dieser Stelle in Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter ein.

► Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter sind Vorrichtungen, die Leitungen vor Strömen von unzulässiger Stärke und Dauer selbsttätig schützen.



73/1 Schaltzeichen einer Sicherung
73/2 Aufbau eines Schmelzeinsatzes
73/3 Paßeinsatz, Schmelzeinsatz und Schraubkappe

Leitungsschutzsicherungen müssen im Bereich von Stromstärken zwischen 6 und 60 A so gebaut sein, daß eine fahrlässige oder irrtümliche Verwendung für zu hohe Stromstärken ausgeschlossen ist. Das bedeutet, daß eine Leitung, die mit einer Sicherung für 10 A gesichert werden muß, nicht beispielsweise mit einer Sicherung für 25 A versehen werden kann.

● Wiederholen Sie, was zu diesem Problem im Physikunterricht der Klasse 8 gesagt wurde!

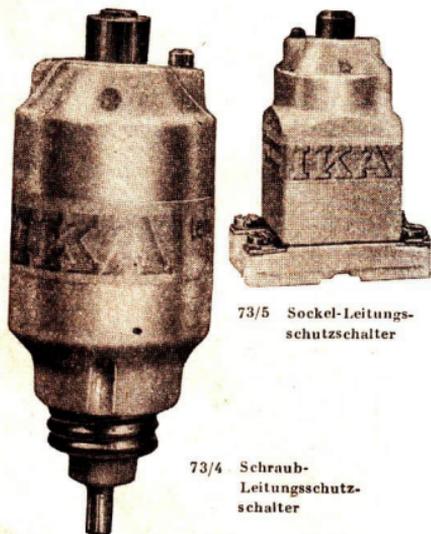
AUFGABEN

- Wodurch unterscheiden sich Stell- und Tastschalter grundsätzlich?
- Wann spricht man von einem Öffner, wann von einem Schließer?
- Welche Aufgaben haben Sicherungen zu erfüllen?
- Warum dürfen Leitungsschutzsicherungen nicht repariert werden?
- Beschreiben Sie die Wirkungsweise eines Leitungsschutzschalters!

Schaltungen der Installation

Aus der Elektrizitätslehre im Physikunterricht ist bekannt, daß elektrische Geräte und Bauelemente durch *Schaltzeichen* dargestellt werden können. Soll die Wirkungsweise einer elektrischen Einrichtung, die beispielsweise aus mehreren Geräten, Bau- und Schaltelementen besteht, zeichnerisch dargestellt werden, dann werden die dazu festgelegten Schaltzeichen durch Linien, die *Strompfade* darstellen, verbunden. Auf diese Weise erhält man Schaltpläne.

- Zeichnen Sie die Schaltzeichen von
 - a) einem Taster,
 - b) einem Ohmschen Widerstand,
 - c) einem Strommesser!



73/4 Schraub-Leitungsschutzschalter

73/5 Sockel-Leitungsschutzschalter

Arten von Schaltplänen

In der Elektrotechnik haben sich mehrere Arten von Schaltplänen entwickelt: Wirkschaltpläne, Übersichtsschaltpläne, Stromlaufpläne, Leitungspläne, Installationspläne, Bauschaltpläne und Netzpläne.

► Die Darstellung von Schaltzeichen und Schaltplänen ist standardisiert.

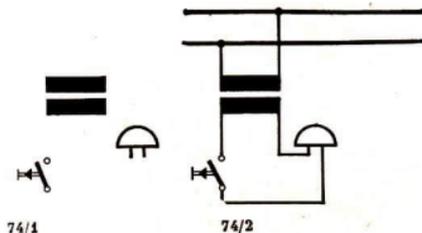
Wirkschaltplan. Man versteht unter einem Wirkschaltplan die Darstellung der Schaltung mit allen Einzelheiten und Leitungen. Die Teile eines jeden Gerätes werden zusammenhängend gezeichnet. Die räumliche Anordnung der verschiedenen Geräte zueinander braucht nicht berücksichtigt zu werden.

Beispiel:

Ein Klingeltransformator soll netzseitig angeschlossen werden, seine Sekundärspule soll mit einem Wecker und einem Taster in Reihe geschaltet sein.

Der zu entwickelnde Wirkschaltplan muß so geschaltet werden, daß Leitungskreuzungen

weitgehend vermieden werden, das heißt, der Wirkschaltplan muß so übersichtlich wie möglich sein. Nach Bild 74/1 werden zunächst die Bauelemente angeordnet, danach werden die Leitungen eingezeichnet (Bild 74/2).



Der Wirkschaltplan zeigt die Wirkungsweise der Einrichtung auf. Er sagt aber nichts über die wirkliche Lage der Bauelemente oder Leitungen aus; so können beispielsweise der Taster an einer Tür, der Wecker in einem Flur und der Transformator in einem Keller sein.

Übersicht 74.1: Schaltkurzzeichen für Installationspläne

Ausschalter, einpolig	Ausschalter, zweipolig	Serienschalter, einpolig	Wechselschalter, einpolig
Kreuzschalter, einpolig	Tastschalter	Leuchte	Leuchte mit Schalter
Leuchtstofflampe	Steckdose	von oben kommende oder nach oben führende Leitung	mit Speisung von oben
mit Speisung nach oben	von unten kommende oder nach unten führende Leitung	mit Speisung von unten	mit Speisung nach unten

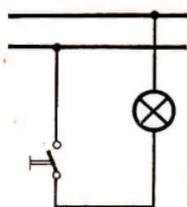
- *Wie muß der Wirkschaltplan aussehen, wenn ein zweiter Taster und ein zweiter Wecker hinzukommen und dabei*
 - beide Wecker gleichzeitig ansprechen sollen,*
 - jeweils einem Taster ein Wecker zugeordnet ist?*

Installationsplan. Der Installationsplan zeigt die *Leitungsverlegung* einer Licht-, Kraft- oder Fernmeldeanlage. Er wird in der Regel lagerichtig in eine Gebäude- oder Bauzeichnung eingetragen. Für Installationspläne werden *Schaltkurzzeichen* verwendet, wie sie Übersicht 74.1 zeigt. Bild 64/2 zeigt den Installationsplan einer Wohnung.

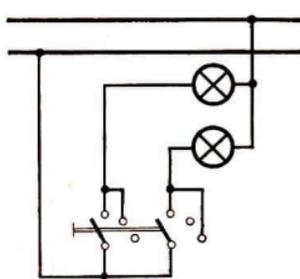
Schaltungen

Im folgenden werden einige Schaltungen dargestellt, die in der Produktion und im Haushalt häufig anzutreffen sind.

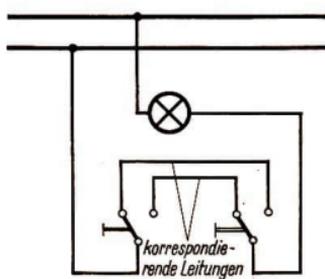
Bei der *Wechselschaltung* lassen sich Brennstellen durch zwei voneinander entfernte Schalter betätigen. Mit Hilfe der *Kreuzschaltung* lassen sich Brennstellen von drei und mehr Schaltern betätigen. Die in Bild 75/4 gezeigte Schaltung hat insgesamt drei Schalter: zwei Wechselschalter und einen Polwender (Kreuzschalter); in eine solche Schaltung können beliebig viel Polwender eingebaut werden, die Zahl der Wechselschalter kann nicht verändert werden.



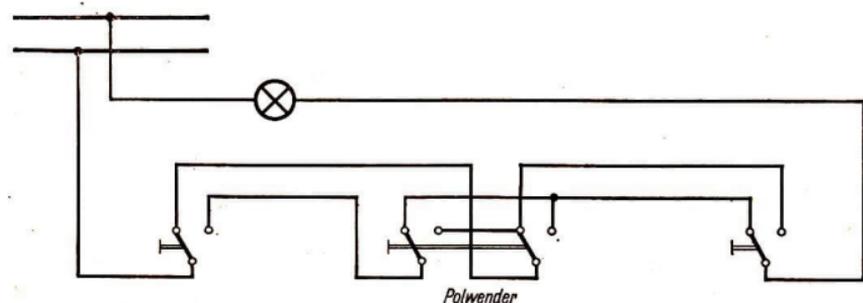
75/1 Ausschaltung



75/2 Serienschaltung



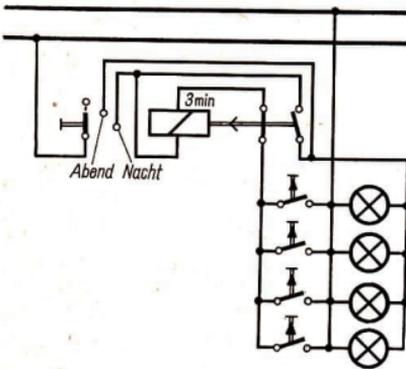
75/3 Wechselschaltung



75/4 Kreuzschaltung

- *Entwerfen Sie eine Kreuzschaltung mit drei Polwendern!*

Treppenhausbearbeitungen werden vor-
teilhaft mit Hilfe von zeitbegrenzten
Treppenhausautomaten geschaltet. Bei einer
solchen Anlage wird „Abendschaltung“ und
„Nachtschaltung“ unterschieden. Bei
„Abendschaltung“ ist die Treppenhausbear-
beitung auf Dauerbetrieb geschaltet; die
Glühlampen leuchten. Bei „Nachtschal-
tung“ spricht über die Taster der Treppen-
hausautomat an, der die Glühlampen über
einen pneumatischen oder mechanischen
Schalter für eine fest eingestellte Zeit ein-
schaltet.

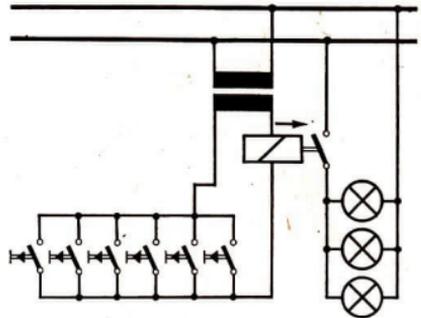


76/1 Treppenhausschaltung mit Automat

- *Vergleichen Sie den Materialaufwand bei einer Treppenhausbearbeitung durch Kreuzschaltung und einer durch Automaten bei gleicher Anzahl der Schalter bzw. Taster!*

Schwachstrombetriebene Fernschaltungen

werden meist dann verwendet, wenn ent-
weder von recht vielen Stellen aus oder
über weite Entfernungen hinweg elektri-



76/2 Der am Relais gezeichnete Pfeil deutet an: Das Schaltstück führt eine Drehbewegung aus

sche Geräte, Glühlampen, Motoren u. a.
geschaltet werden sollen. Bild 76/2 zeigt
eine solche Schaltung, wie sie beispielsweise
auf sehr langen Fluren oder in großen
Krankensälen (wo von jedem Bett aus die
Nachtbeleuchtung geschaltet werden kann)
verwendet wird. Die Bauteile (Transfor-
mator und Relais) werden raumsparend
gefertigt und können gegebenenfalls in zwei
Unter-Putz-Abzweigdosen eingebaut wer-
den; besonders häufig verwendet wird diese
Schaltungsart im modernen Wohnungsbau
(siehe Seite 67).

Eine solche Anlage ist wesentlich weniger
materialaufwendig als eine gleichwertige,
die unter Verwendung von Wechselschal-
tern und Polwendern errichtet werden
müßte.

AUFGABEN

- *Entwerfen Sie einen Wirkschaltplan; bei dem mit Hilfe eines Relais eine Glühlampe mit einem in Reihe geschalteten Widerstand fernbetätigt werden kann; das Relais soll bei einer Spannung von 6 V ansprechen, die Netzspannung beträgt 220 V!*
- *Nehmen Sie den Installationsplan Ihrer Wohnung auf!*

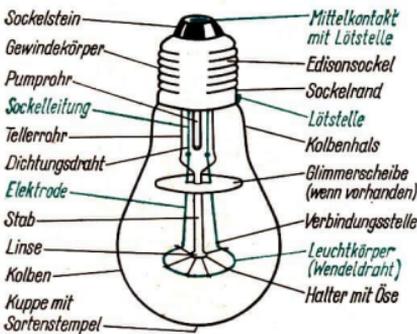
Elektrische Beleuchtung

Von den *technischen Lichtquellen* sind elektrische Beleuchtungen die am häufigsten verwendet.

Bei der elektrischen Beleuchtung unterscheidet man zwischen der *Lichtquelle*, das kann beispielsweise eine Glühlampe oder eine Niederspannungs-Leuchtstofflampe sein, und der *Leuchte*. Aufgaben, Einteilung und Anwendung der Leuchten werden im Anschluß an die Betrachtungen über Glühlampen und Niederspannungs-Leuchtstofflampen behandelt.

Glühlampen

In der Glühlampe, deren Aufbau in Bild 77/1 dargestellt ist, wird ein dünner elektrischer Draht durch Stromwärme zur Weißglut erhitzt und dadurch zum Leuchten gebracht.



77/1 Glühlampe: Aufbau und Bezeichnungen

- Was haben Sie im Physikunterricht über die Glühlampe erfahren?

Lebensdauer. Die etwa im Jahre 1882 gefertigten ersten deutschen Kohlenfadenlampen hatten eine Lebensdauer von 600 Betriebsstunden. Heute findet man Kohlenfadenlampen nur noch vereinzelt in Bestrahlungsgeräten.

Unsere heutigen Glühlampen haben eine Lebensdauer von etwa 1000 Betriebsstunden. Dabei hat die Netzspannung einen großen Einfluß auf die Lebensdauer: Bei 5% Unterspannung vergrößert sich die Lebensdauer auf das Doppelte; bei 5% Überspannung verkürzt sich die Lebensdauer auf die Hälfte.

Ausführungen der Allgebrauchslampe. Unsere üblichen Glühlampen werden „Allgebrauchslampen“ genannt. *Leistungsaufnahme* und *Nennspannung* sind die wesentlichen Merkmale, die man bei der Auswahl von Glühlampen beachten muß.

► Richtige Wahl der Leistungsaufnahme der Glühlampe ist sowohl gesundheitsmäßig als auch ökonomisch wichtig. Falsche Wahl der Nennspannung führt entweder zur sofortigen Zerstörung der Glühlampe, oder die Lampe gibt nur ein ungenügendes Licht ab.

Glühlampen haben folgende Leistungsaufnahmen:

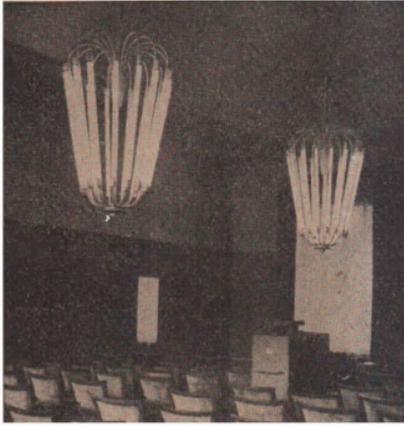
15, 25, 40, 60, 75, 100, 150 und 200 Watt für einen üblichen Lampensockel beziehungsweise für einen Bajonettsockel.

Glühlampen mit Leistungsaufnahmen von 300, 500, 1000 und 2000 Watt sind für einen größeren Schraubsockel eingerichtet.

Niederspannungs-Leuchtstofflampen

Diese Lampen haben sich in jüngster Zeit immer mehr für die Beleuchtung von Arbeits- und Kulturräumen durchgesetzt. Bild 78/1 zeigt einen mit Leuchtstofflampen ausgestatteten Kulturraum.

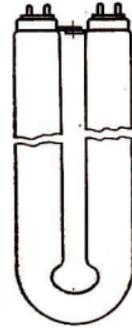
Die Wirkungsweise dieser Leuchtstofflampen wird im Physikunterricht der Klasse 10 behandelt. An dieser Stelle soll über Ausführungen und Vorteile gesprochen werden.



78/1 Kulturraum, mit Leuchtstofflampen ausgestattet



78/2 Stabform



78/3 U-Form

Ausführungen. Der VEB Berliner Glühlampenwerk stellt Niederspannungs-Leuchtstofflampen in Stab- und in U-Form her (Bilder 78/2 und 78/3).

Die Leistungsaufnahmen bei der Stabform sind 20, 25, 40 und 65 Watt.

Die Leistungsaufnahmen bei der U-Form sind 25 und 40 Watt.

Vorteile. Die Lebensdauer der Niederspannungs-Leuchtstofflampe beträgt etwa 5000 Betriebsstunden. Dabei ist gerechnet, daß die Lampe nach jeder Schaltung etwa 3 bis 4 Stunden brennt; häufigeres Schalten mindert ihre Lebensdauer.

Die *Lichtausbeute* ist etwa 3- bis $3\frac{1}{2}$ mal größer als die einer Glühlampe gleicher

Übersicht 78.1: Lichtfarben

	Neutralweiß W	Gelblichweiß G	Warmton I	Tageslicht T
Eigenschaft	Kaum Unterschied zum Tageslicht. Es tritt kein Zwielicht auf	Schafft eine als warm empfundene Raumatmosphäre (wie bei der Glühlampe). Ruft Zwielichterscheinungen hervor	Stärkerer Rotanteil	Kein Unterschied zum Tageslicht
Anwendung	Für die meisten Sehaufgaben geeignet, Ausstattung von Arbeitsräumen	Für viele Arten von Handelsbetrieben mit Publikumsverkehr	Für Gaststätten, Wohn- und Kulturräume	Dort, wo eine farbechte Wiedergabe der Gegenstände gefordert wird (z. B. Textilienverkauf)

Leistungsaufnahme, d. h., um einen durch eine 40-Watt-Leuchtstofflampe erleuchteten Raum mit gleicher Helligkeit durch 40-Watt-Glühlampen zu beleuchten, müßten drei solcher Glühlampen in den Raum gebracht werden.

Ein weiterer Vorteil ist die starke *Blendungsfreiheit* der Leuchtstofflampe. Durch ihre große *Abstrahlungsfläche* wird das Auge nicht geblendet.

- *Blicken Sie kurzzeitig in eine leuchtende 40-Watt-Glühlampe und in eine 40-Watt-Leuchtstofflampe, und vergleichen Sie die Blendung!*

Im Gegensatz zu anderen Lampen kann die *Lichtfarbe* den Bedürfnissen mit Hilfe der Leuchtstofflampe relativ einfach Rechnung tragen (s. Übersicht 78.1).

Im Gegensatz zu Glühlampen sind Leuchtstofflampen Spannungsschwankungen im Hinblick auf ihre Betriebsbereitschaft stärker unterworfen: Die Mindestbetriebsspannung muß 200 Volt betragen; d. h., bei einer Spannungsminderung (Unterspannung) von über 10% zündet die Lampe nicht mehr.

Leuchten

Die Gegenüberstellung der beiden Leuchten (Bilder 79/1 und 79/2) zeigt, daß die Aufgaben der Leuchten recht unterschiedlich sein können. Allgemein haben sie folgende Aufgaben:

1. Die Lichtverteilung der Lampe so zu gestalten, daß sie dem geforderten Beleuchtungszweck entspricht,
2. das Auge durch Abschirmung oder Lichtstreuung gegen Blendung zu schützen,
3. die Lampe gegen äußere Beschädigungen zu schützen und eine rasche Verschmutzung zu verhindern,
4. das Zubehör (Fassung, Anschlußklemmen, Stromzuleitung, Befestigung) aufzunehmen.



79/1 Peitschenmast



79/2 Fernsehleuchte

Einteilung der Leuchten. Leuchten werden grundsätzlich nach zwei Hauptgesichtspunkten eingeteilt: nach dem *Beleuchtungszweck* und nach der *Lichtverteilung*.

Nach dem Beleuchtungszweck unterscheidet man:

Zweckleuchten	Wohnraumleuchten	Kulturraumleuchten
---------------	------------------	--------------------

Arbeitsraumleuchten für Allgemeinbeleuchtung, Arbeitsplatzleuchten für Einzelplatzbeleuchtung,

Zweckleuchten Wohnraum-
leuchten Kulturraum-
leuchten

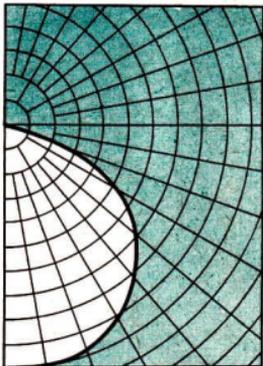
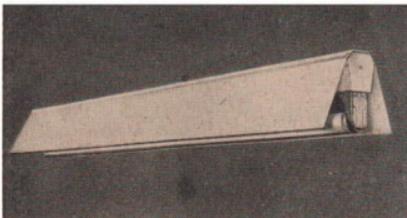
Leuchten für
sicherheitsge-
fährdete Räume;
Straßen- und
Verkehrs-
leuchten,
Film-, Foto- und
Bühnenleuchten;
Fahrzeug-
leuchten

Diese Leuchtenarten können sein

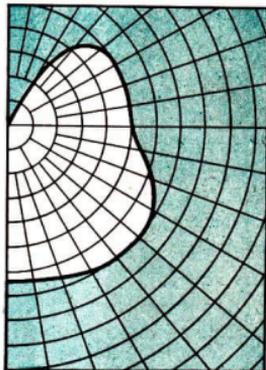
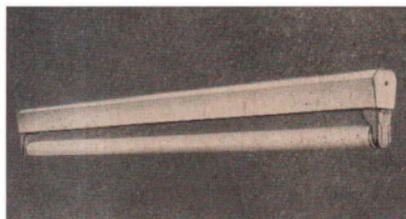
<i>Ortsfeste Leuchten</i>	<i>Ortsveränderliche Leuchten</i>
Deckenleuchten	Stehleuchten
Wandleuchten	Ständerleuchten
Hängeleuchten	Tragleuchten
Standleuchten	

Teilt man Leuchten nach der *Lichtverteilung* ein,
dann werden fünf Leuchtenarten unterschieden:

Direkt-Leuchten



80/1 Arbeits-
raumleuchte
mit zwei
Leuchtstoff-
lampen für
direktes Licht
und Lichtver-
teilung (sche-
matisch)



80/2 Arbeits-
raumleuchte
mit Leucht-
stofflampe für
vorwiegend
direktes Licht
und Lichtver-
teilung
(schematisch)

Von der richtigen Auswahl der Leuchten hängen oftmals konkrete Arbeitsergebnisse ab: Wird beispielsweise der Arbeitsplatz eines Feinmechanikers durch eine Direkt-Leuchte mit Glühlampe beleuchtet, dann kann folgendes auftreten: 1. Die Augen ermüden zu schnell; dadurch wird weniger geleistet. 2. Die bei diesem Licht auftretenden starken Schatten lassen die Qualität der Arbeit mindern bzw. führen zu einer Verlängerung der Arbeitszeit.

Bei chirurgischen Eingriffen muß das Operationsfeld hell, jedoch möglichst ohne jede Schattenbildung beleuchtet sein. Ein praktisch schattenfreies Licht erhält man mit Hilfe von Indirekt-Leuchten.

Die Beleuchtung von Unterführungen und Tunneln, die befahren werden, muß so abgestimmt werden, daß der Fahrer sowohl

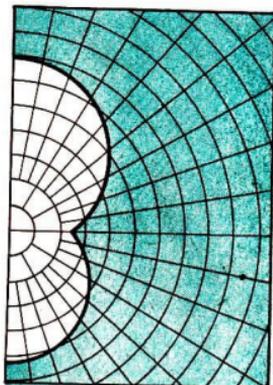
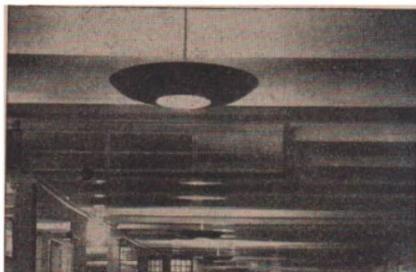
Vorwiegend-Direkt-Leuchten

Gleichförmig-Leuchten



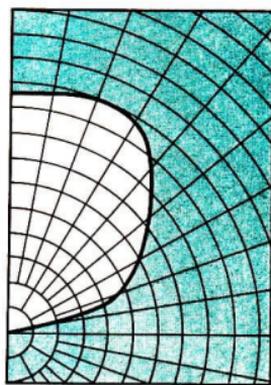
81/1 Kugelleuchte und Stablenuchte für gleichförmiges Licht

Vorwiegend-Indirekt-Leuchten



81/2 Leuchte für vorwiegend indirektes Licht und Lichtverteilung (schematisch)

Indirekt-Leuchten



81/3 Medizinische Leuchte für indirektes Licht und Lichtverteilung (schematisch)

bei der Einfahrt als auch bei der Ausfahrt keinen merklichen Übergang zum natürlichen Licht wahrnimmt. Eine in dieser Hinsicht falsch angelegte Beleuchtung kann zu schweren Verkehrsunfällen führen, da Blendungs- und Zwielichterscheinungen auftreten.

AUFGABEN

- Welchen Einfluß haben Über- bzw. Unterspannung auf die Lebensdauer von Glühlampen?
- Informieren Sie sich, unter welchen Bedingungen Bajonettsockel verwendet werden!

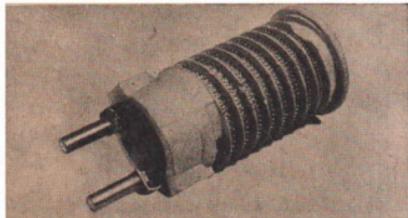
- *Stellen Sie wesentliche ökonomische Unterschiede zwischen der Verwendung von Glühlampen und Leuchtstofflampen heraus!*
- *Nennen Sie Beispiele von Leuchtenarten nach der Lichtverteilung!*
- *Stellen Sie Untersuchungen im Betrieb an, welche Leuchtenarten nach der Lichtverteilung an entsprechenden Arbeitsplätzen verwendet werden!*

Elektrowärme

Verfahren zur Erzeugung von Elektrowärme

Wärme mit Hilfe des elektrischen Stromes kann durch verschiedene Verfahren erzeugt werden:

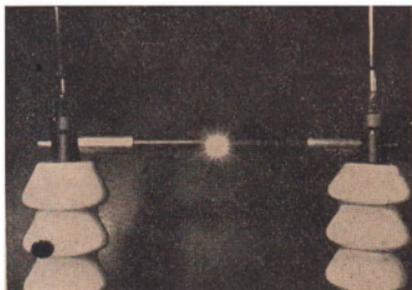
Widerstände. Im Physikunterricht wurden bereits Materialien benannt, die für technische Widerstände verwendet werden. Solche Materialien werden auch für Widerstände benutzt, bei denen die entstehende Stromwärme wirtschaftlich genutzt wird (Bild 82/1).



82/1

Lichtbogen. Grundsätzlich entsteht ein Lichtbogen, wenn der Strompfad einer kurzgeschlossenen Spannungsquelle unterbrochen wird. Bei einem *gewünschten* Lichtbogen werden sich berührende Elektroden, die unter bestimmter Spannung stehen, auseinandergezogen.

Lichtbogen können bei Gleich- und bei Wechselstrom entstehen. Die mit Lichtbogen erzielte Temperatur beträgt 3500 bis 4000 °C. Die für Lichtbogen benötigte Spannung beträgt im Mittel 55 V. Je nach dem Verwendungszweck des Lichtbogens werden Stromstärken von 10 bis 200 A benötigt (Bild 82/2).

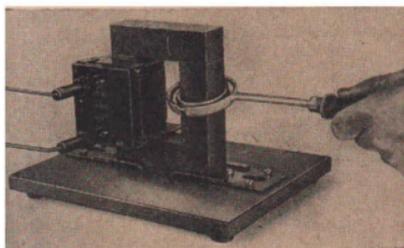


82/2 Lichtbogen

Induktionsspulen. Mit Hilfe besonderer *Transformatoren* läßt sich Elektrowärme durch Induktion erzeugen.

- *Welche Spannungs- bzw. Stromart kann dabei nur verwendet werden?*

Transformatoren für die Wärmeerzeugung zeichnen sich grundsätzlich dadurch aus, daß die Sekundärspule (Ausgangsspule) praktisch kurzgeschlossen ist und in ihr die wirtschaftlich nutzbare Wärme erzeugt wird (Bild 82/3).



82/3 Prinzip des Induktionstransformators

Absorption von Strahlungsenergie. In diese Art der Erzeugung von Elektrowärme fällt das Gebiet der *Infrarot-Technik*.

Bei fast allen anderen Verfahren dient die Luft als Wärmeträger. Bei der Infrarot-Technik wird die Luft als Wärmeträger praktisch ausgeschaltet. Die Infrarotstrahlung erzeugt die Wärme dadurch, daß ein von den Wellen des Infrarots angestrahlter Körper diese Strahlung *absorbiert* und in Wärme umsetzt.



83/1 Wellenlängen im Bereich des Infrarot

Bild 83/1 zeigt den Bereich der Wellen der Infrarot-Strahlung. Die Frequenz des Infrarots (in der Physik auch Ultrarot genannt) liegt *unterhalb* der Frequenz des im Sichtbaren liegenden Rot, das bedeutet, die Wellenlänge des Infrarots ist größer als die Wellenlänge der Farbe „rot“. Die Wellenlänge des nicht sichtbaren Infrarot liegt zwischen 800 nm und 1 mm.

Elektrowärmegeräte

Im allgemeinen kann man zwischen solchen Elektrowärmegeräten unterscheiden, die vornehmlich im Haushalt (nur für Spannungen bis 250 V gegen Erde) und solchen, die in der Industrie und der Landwirtschaft verwendet werden.

Elektrowärmegeräte für den Haushalt sind meist Geräte kleinerer Leistung, die entweder widerstandsbeheizt sind oder durch Absorption von Strahlungsenergie beheizt werden.

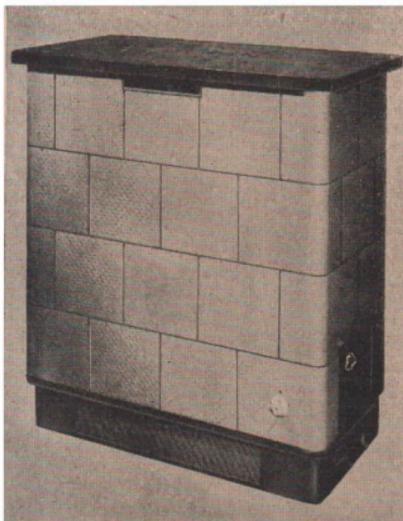
- *Stellen Sie Elektrowärmegeräte für den Haushalt in einer Übersicht zusammen! Folgende Angaben sollen gemacht werden: Art des Gerätes, Höhe der Betriebsspannung, Stromart, Art der Wärme-erzeugung!*



83/2 Leistungsschild an einem Bügeleisen

Raumbeheizung mit Hilfe der Elektroenergie wird im allgemeinen als Zusatzbeheizung verwendet. Wirtschaftlich günstig sind *Wärmespeicheröfen* (Bild 83/3).

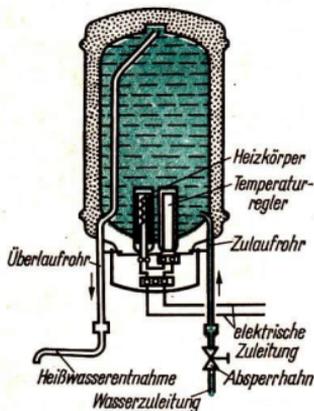
Solche Öfen werden meist als *Nachtstrom-Wärmespeicheröfen* betrieben: Über eine Schaltuhr wird der Ofen während der Nachtstunden (d. h. außerhalb der Spitzen- und Hauptbelastungszeiten) aufgeheizt und sein aus Bauziegeln bestehender Speicherblock



83/3 Wärmespeicherofen

erwärmt. Am Tage ist der Ofen abgeschaltet, seine Abzugsklappen werden geöffnet, und er kann seine Wärme an die umgebende Luft abgeben.

Warmwasserversorgung mit Hilfe der Elektroenergie geschieht im Haushalt häufig durch *Überlaufspeicher* (Bild 84/1).



84/1 Schnitt durch einen elektrischen Überlaufspeicher

● Erklären Sie nach Bild 84/1:

Warum muß vor erster Inbetriebnahme der Speicher mit Wasser gefüllt sein?

Warum wird zur Warmwasserentnahme das Kaltwasserventil betätigt?

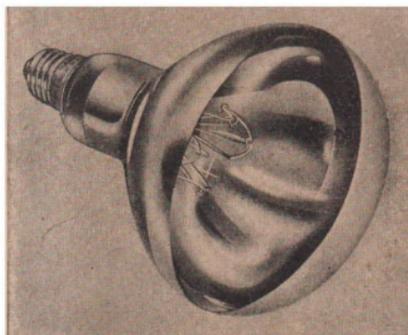
Elektrowärmegeräte für Industrie und Landwirtschaft sind beispielsweise *Hell-* und *Dunkelstrahler* für die Tieraufzucht, *Infrarotstrahlungsöfen* für Lackhärtung und für Herstellung von Dauerbackwaren, *Lichtbogenöfen*, *Induktionsöfen* und *Widerstandsöfen*.

In der folgenden Übersicht werden diese Elektrowärmegeräte vorgestellt.

Übersicht 84.1: Elektrowärmegeräte für Industrie und Landwirtschaft

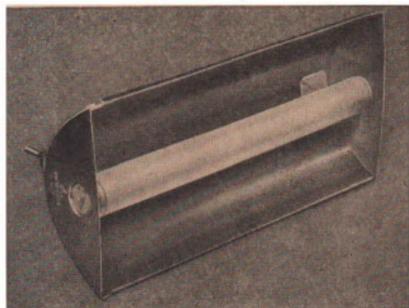
Hellstrahler

etwa 2% der zugeführten Leistung werden in Licht umgewandelt; mit gefärbtem Glas oftmals für die Tieraufzucht eingesetzt, sonst vornehmlich dort, wo Wärme und Licht erwünscht sind (behelfsmäßige Verkaufsstände im Freien)

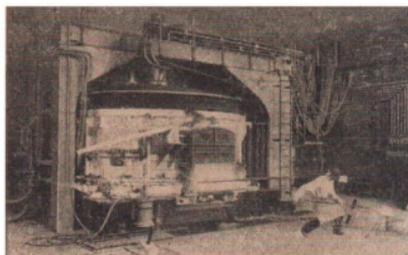


Dunkelstrahler

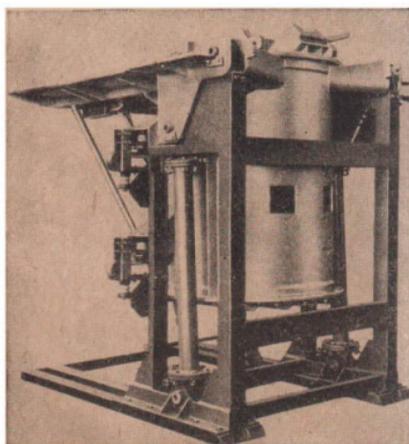
bei starker mechanischer Beanspruchung verwendet man Metallrohrstrahler, sonst Keramikrohrstrahler; diese Strahler werden häufig für Trockenanlagen verwendet; sie werden grundsätzlich dort eingesetzt, wo sichtbares Licht bei gleichzeitiger Erwärmung unerwünscht ist (Filmtheater, Dunkelkammer)



Lichtbogenofen wird häufig als Schmelzofen verwendet, das Bild zeigt einen 10-t-Stahl-Lichtbogenofen vom VEB Hans Beimler, Hennigsdorf

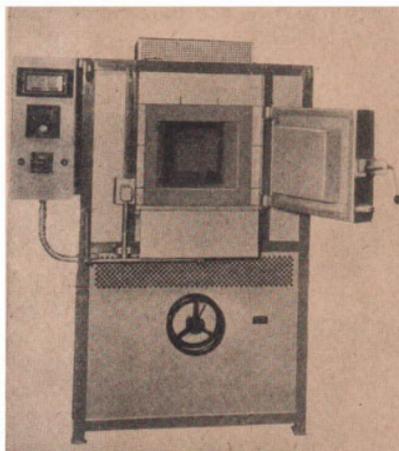


Induktionsofen arbeitet nach dem Transformatorprinzip, das Bild zeigt einen Netzfrequenz-Induktions-Tiegelschmelzofen, der bei einer Betriebsspannung von 380 V einen Anschlußwert von 120 kVA hat und eine Temperatur von 1000 °C erreicht

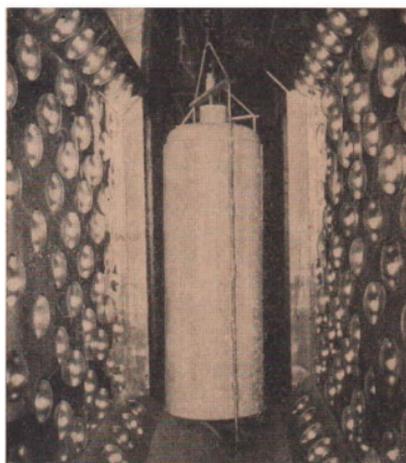


Widerstandsofen dient vornehmlich zum Erwärmen von Werkstücken, die gegläht oder gehärtet werden

sollen, die Temperaturen dieser Öfen liegen etwa zwischen 100 und 1300 °C



Strahlungsöfen wird oftmals mit Hellstrahlern ausgestattet, das Bild zeigt einen Hellstrahlertunnel für die Lackhärtung von Badeofenmänteln



AUFGABEN

- *Nennen Sie Beispiele für den Einsatz von Elektrowärmegeräten in Ihrem Betrieb!*
- *Warum ist der Überlaufspeicher mit einem Temperaturregler ausgerüstet?*
- *Welche Vorteile haben Wärmegeräte, die auf der Grundlage der Absorption von Strahlungsenergie arbeiten?*
- *Warum werden elektrische Raumheizungen vornehmlich als Zusatzheizungen betrieben?*
- *Erkundigen Sie sich, welche Möglichkeiten der elektrischen Warmwasserversorgung noch gegeben sind!*
- *Ermitteln Sie die Leistungsaufnahmen von Hell- und Dunkelstrahlern!*

Prüf- und Meßverfahren

Zur Überwachung elektrischer Anlagen und zur Steigerung ihrer Betriebssicherheit sind Prüf- und Meßeinrichtungen unerlässlich. In „Energierzeugungsanlagen“ ist eine Betriebsüberwachung dauernd erforderlich (Bild 87/1), in Verbraucher- und Umwandlungsanlagen ist sie empfehlenswert.

In Verbraucheranlagen beschränkt man sich vielfach auf die Messung von Spannung, Strom, Wirkleistung und Verbrauch und nimmt sie durch dauernd eingeschaltete Geräte vor (Bild 87/2). Bei der Störungssuche sind Messungen an beliebigen Stellen eines Stromkreises erforderlich, doch kann man sich hier auf Messungen mit vorübergehend angeschlossenen Geräten beschränken (Bild 87/3).

Bei der Untersuchung in Laboratorien werden Meßgeräte mit großer Anzeigegenauigkeit benötigt (Bild 87/4).

In den verschiedensten Bereichen der Elektrotechnik sind also Messungen erforderlich und jeder, der an elektrischen Anlagen arbeitet, muß deshalb mit den Grundlagen der Meßtechnik vertraut sein, er muß die wichtigsten Prüf- und Meßgeräte und deren Handhabung kennen.

Spannungsprüfung mit dem Polsucher

Um festzustellen, ob an bestimmten Stellen eines Stromkreises — Steckdose, Schalter, Verteilerdose — Spannung vorliegt, benutzt man vorteilhaft den Polsucher (Bild 88/1).

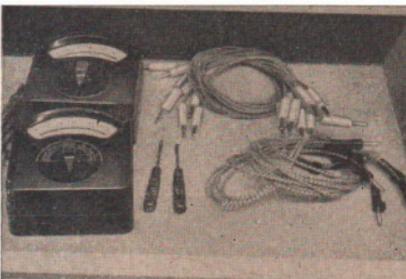
Als Lichtquelle dient eine Glimmlampe, in der sich Neongas befindet. Bei Gleichstrom überzieht sich nur die negative Elektrode mit rötlichem Glimmlicht, bei Wechselstrom werden beide Elektroden von Glimmlicht überzogen (Bild 88/2 a und b). Beim Prüfen wird der zur Schraubenzieherklinge ausgebildete Kontakt an die Span-



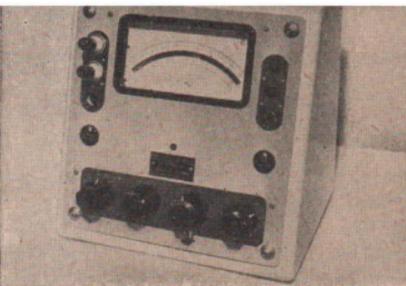
87/1



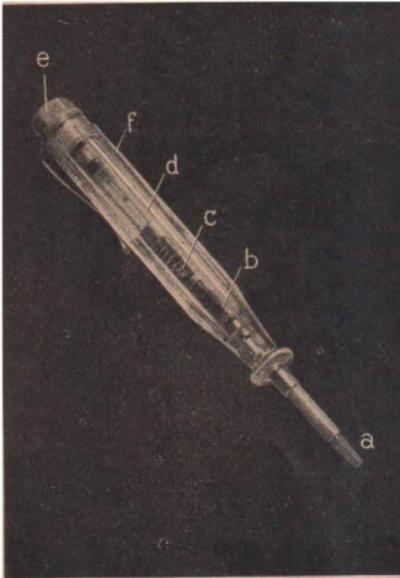
87/2



87/3



87/4



88/1 Polsucher

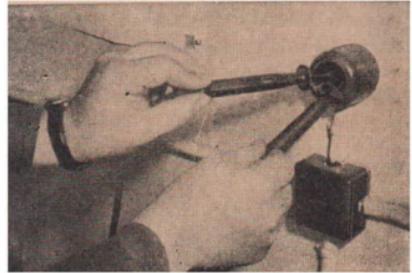
- a) Kontakt
- b) Widerstand
- c) Feder
- d) Glühlampe
- e) Schraube mit Kontakt
- f) Gehäuse



88/2 Glühlampe eines Polsuchers:
 a) Anzeige bei Gleichstrom
 b) Anzeige bei Wechselstrom

nungsquelle gelegt, während der Gegenkontakt durch den menschlichen Körper — Auflegen eines Fingers auf die Kappe — gebildet wird. Die hierbei auftretenden Ströme sind derartig gering, daß sie für den Menschen keine Gefahr darstellen.

- Weshalb überziehen sich bei Wechselspannung beide Elektroden mit Glimmlicht?
- Wie wird bei Gleichspannung die Polarität bestimmt?
- Wie kann der Null- bzw. Mittelpunktleiter bestimmt werden?



88/3 Spannungssucher

Außer dem beschriebenen Polsucher gibt es noch einen ähnlichen Spannungssucher. An Stelle der Polkappe ist er mit einer Leitung versehen, die zu einem zweiten Prüfkontakt führt (Bild 88/3). Er wird zum Prüfen der Spannung zwischen zwei Leitungen bzw. einem Leiter und der Erde verwendet. Die Anwendung von Prüflampen (*Fassung mit normaler Glühlampe*) ist nicht statthaft.

Durchgangsprüfungen

Das Funktionsprinzip elektrischer Maschinen und Geräte beruht darauf, daß bei Inbetriebsetzung durch Auslösen eines Schaltvorganges ein *geschlossener Stromkreis* gebildet wird. Liegt im Stromkreis irgend eine Störung vor, so arbeitet ein angeschlossenes Gerät *gar nicht* oder nicht *einwandfrei*. Der Stromkreis kann offen bzw. unterbrochen sein. Um auftretende Störun-

gen schnell zu finden, sind Durchgangsprüfungen mit entsprechenden Geräten erforderlich.

Anwendungsbereich

Die häufigsten Störungen, die in elektrischen Anlagen und Geräten auftreten, sind: Kurzschluß, Erdschluß, Drahtbruch und lockerer Kontakt.

- Nennen Sie Ihnen bekannte Störungen in elektrischen Starkstromanlagen!

Bei Kurzschluß und bei Erdschluß mit geringem Übergangswiderstand sprechen Sicherungen oder andere Schutzeinrichtungen verhältnismäßig schnell an. Bedingt durch die Eigenart der elektrischen Anlage sind die Störstellen in den meisten Fällen aber nicht mit dem bloßen Auge festzustellen. Zum Auffinden der Fehlerquellen sind Meß- bzw. Prüfgeräte nötig.

► Drahtbruch und lockerer Kontakt stellen eine direkte Unterbrechung des Stromkreises dar. Kurzschluß und Erdschluß sind fehlerhafte Stromkreise, die meist zu einer zwangsläufigen Abschaltung führen.

Diese angeführten Fehlerquellen lassen sich mit Hilfe von Durchgangsprüfungen feststellen. Bei der Prüfung wird ein Prüfgerät in den Stromkreis geschaltet, das bei Stromdurchgang entsprechend seiner Art anzeigt.

Geräte zur Durchgangsprüfung

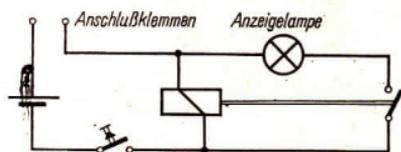
Zur Durchgangsprüfung finden vorwiegend der Kurbelinduktor und Geräte für Kleinspannung (nicht über 42 V) Anwendung.

- Weshalb dürfen Durchgangsprüfungen nicht mit Netzspannung ausgeführt werden?

Der Summer ist im Prinzip ein elektrischer Wecker für Wechsel- oder Gleichstrom, bei dem Klöppel und Glocke entfernt sind.

- Wiederholen Sie, was Sie zu diesem Thema im Physikunterricht der Klasse 8 gehört haben!

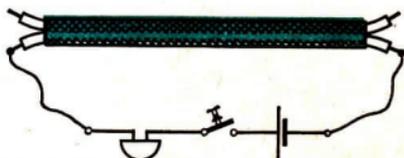
Das **Schauzeichen** ist ein Gerät, dessen Hauptteil ein Elektromagnet darstellt. Beim Stromfluß zieht der Elektromagnet einen Anker an, der seinerseits einen Kontakt für ein Leuchtzeichen schließt oder durch die mechanische Bewegung an sichtbarer Stelle ein auffallendes Zeichen hervortreten läßt (Bild 89/1).



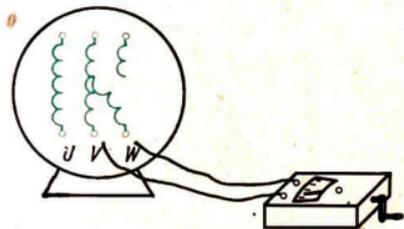
89/1 Schema eines Relais mit Leuchtzeichen

Anwendungsbeispiele für Durchgangsprüfungen

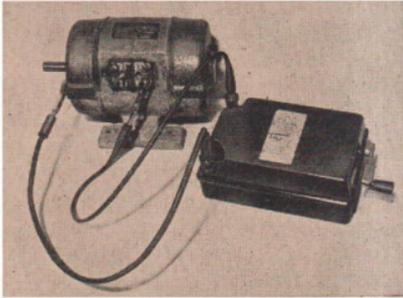
In den Bildern 89/2, 89/3, 90/1 und 90/2 sind einige Schaltungen für Durchgangsprüfungen dargestellt.



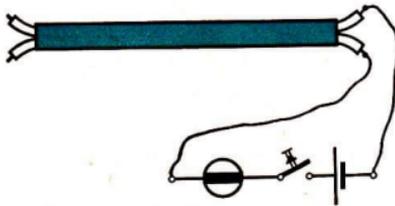
89/2 Prüfen einer Leitung oder eines Kabels auf Durchgang mit dem Summer



89/3 Prüfen der Wicklungen eines Drehstrommotors auf Wicklungsschluß mit Kurbelinduktor



90/1 Prüfen der Wicklungen eines Drehstrommotors auf Körperschluß



90/2 Prüfen einer Leitung oder eines Kabels auf Kurzschluß mit einem Schuchzeichen

Meßgeräte und Meßtechnik

Um eine Übersicht über die Vielzahl elektrischer Meßgeräte zu erhalten, werden sie nach verschiedenen Gesichtspunkten eingeteilt.

Einteilung der Meßgeräte nach der zu messenden Größe

Die physikalische Größe, die mit einem Meßgerät bestimmt werden soll, nennt man die *Meßgröße*, den vom Meßgerät angezeigten Wert den *Meßwert*. Übersicht 90.1 zeigt die Meßgeräte, die für die entsprechenden Meßgrößen Anwendung finden.

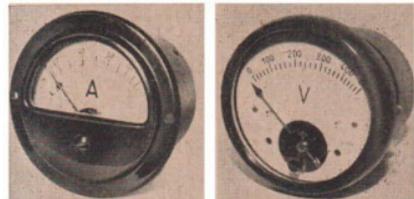
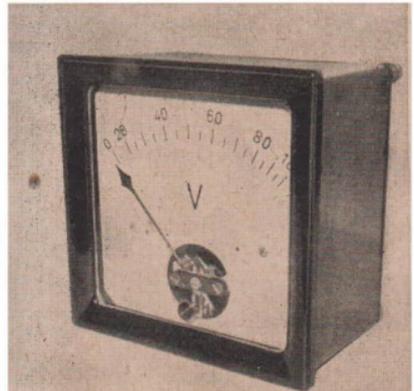
Übersicht 90.1: Zuordnung der Meßgeräte zu den Meßgrößen

Meßgröße	Meßgerät
Stromstärke	Strommesser
Spannung	Spannungsmesser
Widerstand	Widerstandsmesser (Meßbrücke)
Leistung	Leistungsmesser

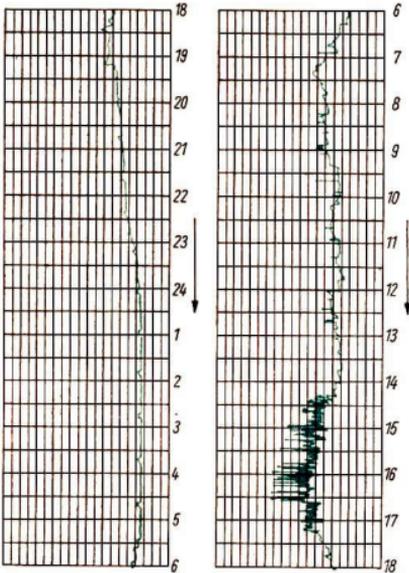
Einteilung der Meßgeräte nach der Bauart

Nach der Bauart unterscheidet man Schalttafelmeßgeräte, schreibende Meßgeräte, tragbare Meßgeräte und Laboratoriumsmeßgeräte.

Schalttafelmeßgeräte werden in Schalttafeln fest eingebaut und dienen zur ständigen Überwachung elektrischer Anlagen. Sie haben heute meist eine quadratische Form, während sie früher in runder Ausführung hergestellt wurden. Die Bilder 90/3 zeigen verschiedene Schalttafelmeßgeräte.

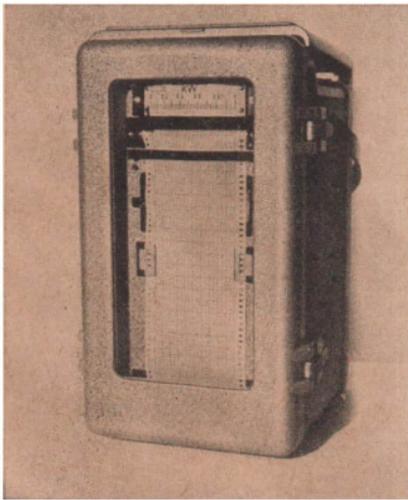


90/3 Schalttafelmeßgeräte



Schreibende Meßgeräte werden verwendet, um nachträglich den Verlauf eines Arbeitsvorganges prüfen zu können. Durch das Meßwerk wird ein Schreibhebel betätigt, der am freien Ende eine Schreibfeder trägt. Unter der Schreibfeder wird durch ein Uhrwerk ein Papierstreifen (Registrierpapier) gleichmäßig vorbeigezogen, und die Schreibfeder zeichnet dabei laufend die Meßwerte auf. In Bild 91/1 sind ein tragbarer Leistungsschreiber und ein zugehöriges Leistungsdiagramm dargestellt.

Tragbare Meßgeräte werden zur Messung an beliebigen Stellen eines Stromkreises bei der Montage, Reparatur und Überprüfung verwendet. Nach Möglichkeit sollen sie vielseitig einsetzbar sein. Die Bilder 91/2 und 91/3 zeigen zwei derartige Meßgeräte.



91/1 Leistungsschreiber und Leistungsdiagramm



91/2 Vielfachmeßgerät (VEB EAW Berlin-Treptow)



91/3 Vielfachmeßgerät (ältere Bauart)

Laboratoriumsmeßgeräte werden für höchste Ansprüche an die Meßgenauigkeit hergestellt. Sie sind transportabel, haben spiegelunterlegte Skalen und sind für horizontale oder schräge Gebrauchslage ausgeführt. Ein Laboratoriumsmeßgerät ist in Bild 87/4 dargestellt.

- *Weshalb verwendet man bei genauen Messungen eine spiegelunterlegte Skala?*

Einteilung der Meßgeräte nach dem Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip elektrischer Meßgeräte beruht häufig auf den magnetischen Wirkungen des elektrischen Stromes. Entsprechend den auftretenden Stromstärken werden im Gerät Drehmomente hervorgerufen, die den Zeiger mehr oder weniger stark auslenken. Nach dem inneren Aufbau und der Wirkungsweise unterscheidet man im wesentlichen folgende Meßgeräte:

Drehspulmeßgerät, Dreheisenmeßgerät, elektrodynamisches Meßgerät und Kreuzspulmeßgerät.

- *Wiederholen Sie, was Sie zu diesem Thema im Physikunterricht der Klasse 8 gehört haben!*

Kennzeichen der Meßgeräte

Der innere Aufbau der Meßgeräte ist äußerlich meist nicht zu erkennen. Auch über die Verwendung (Stromart, Meßgenauigkeit, Gebrauchslage) könnten keine genauen Angaben gemacht werden, wenn nicht auf dem Skalenbrett entsprechende Hinweise angebracht wären. Die wichtigsten Sinnbilder sind in Übersicht 92.1 wiedergegeben.

Übersicht 92.1: Kennzeichen der Meßgeräte

Drehspulmeßgerät Wechselstrom



Kreuzspulmeßgerät senkrechte Gebrauchslage



Dreheisenmeßgerät waagerechte Gebrauchslage



elektrodynamisches Meßgerät schräge Gebrauchslage



Gleichstrom Prüfspannung



(Die Ziffer im Stern gibt die Prüfspannung in kV an.)

Strommessungen

Meßgeräte für Strommessungen

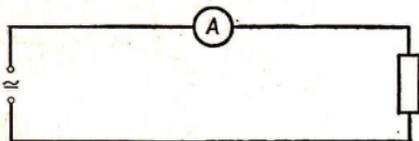
Als Meßgerät für Gleichstrommessungen dient das Drehspulmeßgerät, für Wechselstrommessungen wird vornehmlich das Dreheisenmeßgerät verwendet.

- Der Eigenverbrauch und der Eigenwiderstand eines Strommessers müssen möglichst klein sein.

- *Wiederholen Sie, was Sie zu diesem Thema im Physikunterricht der Klasse 8 gehört haben!*

Schaltung des Strommessers

Der Strommesser soll die Stärke des Stromes in einem Stromkreis angeben. Er muß folglich in *Reihe* zu einem Verbraucher geschaltet werden (Bild 93/1). Bei Anschluß eines Drehspulgerätes ist darauf zu achten, daß die mit + und - gekennzeichneten Pole an die entsprechenden Pole der Spannungsquelle angeschlossen werden.



93/1 Schaltung des Strommessers

- Was geschieht, wenn ein Strommesser ohne einen Verbraucher an eine Spannungsquelle angeschlossen wird?

Spannungsmessungen

Meßgeräte für Spannungsmessungen

Als Meßgeräte für Spannungsmessungen werden ebenfalls vorwiegend Drehspul- und Dreheisenmeßgeräte verwendet. Diese Geräte beruhen darauf, daß die Stromstärke, die durch das Meßwerk fließt, von der Spannung abhängt, an die das Meßgerät angeschlossen wird.

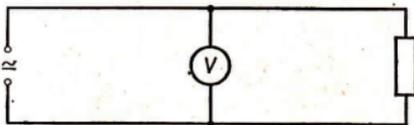
- Der Eigenwiderstand des Spannungsmessers muß im Gegensatz zum Strommesser groß sein.

Schaltung des Spannungsmessers

Der Spannungsmesser ist dem Gerät, an dem die Spannung gemessen wird, *parallel* zu schalten (Bild 93/2).

Werden Drehspulgeräte zum Messen von Gleichspannung verwendet, so ist die Pola-

rität zwischen Spannungsquelle und Meßgerät zu beachten.



93/2 Schaltung des Spannungsmessers

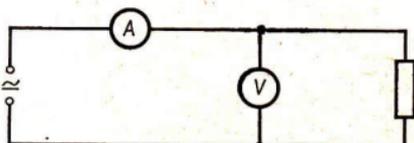
- Was geschieht, wenn ein Spannungsmesser in Reihe zu einem Verbraucher geschaltet wird?
- Wie verhält sich das Drehspulmeßwerk, wenn es an Wechselspannung angeschlossen wird?

Leistungsmessungen

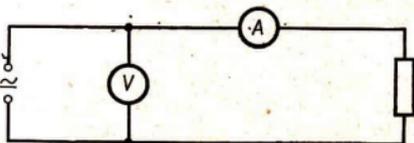
Berechnung der Leistung durch Strom- und Spannungsmessung

Gleichstromleistungen und Wechselstromleistungen an rein ohmschen Widerständen können nach der Formel

$$P = U \cdot I$$



93/3 Spannungsrichtige Schaltung — große Ströme



93/4 Stromrichtige Schaltung — kleine Ströme

aus einer Strom- und Spannungsmessung errechnet werden. Die Meßgeräte sind nach Bild 93/3 und 93/4 zu schalten. Für übersichtliche Angaben genügt die Bildung des

Produktes der Meßwerte; genauere Angaben erfordern eine Korrektur der Meßwerte durch Einbeziehung der Meßfehler in die Berechnung.

- *Begründen Sie die stromrichtige und die spannungsrichtige Schaltung!*

Widerstandsmessungen

Durch Strom- und Spannungsmessung kann der Widerstand nach dem Ohmschen Gesetz berechnet werden. Für die Schaltung der Meßgeräte gilt das gleiche wie für Leistungsmessungen.

- *Wiederholen Sie, was bei der Schaltung der Meßgeräte zu beachten ist!*

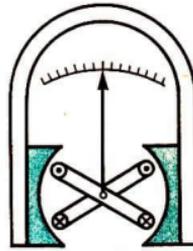
Außer mit diesem indirekten Verfahren zur Widerstandsbestimmung kann man mit Meßgeräten den Widerstand direkt bestimmen.

Das Kreuzspulmeßgerät

Ein Meßgerät, das den Widerstand direkt anzeigt, ist das Kreuzspulmeßgerät (Bilder 94/1 und 94/2). In seinem Aufbau ähnelt

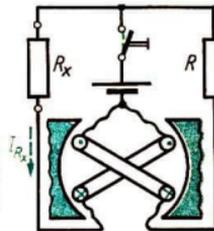


94/1 Widerstandsmesser (Kreuzspulohmmeter)



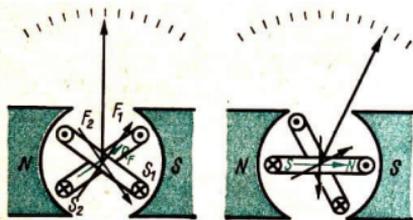
94/2 Schema des Kreuzspulmeßwerkes

es dem Drehspulmeßgerät. Der Luftspalt zwischen den Polschuhen erweitert sich von den Polmitten nach außen. Im Magnetfeld bewegen sich zwei gekreuzte Spulen, die nach Bild 94/3 einpolig miteinander verbunden sind und entgegengesetzten Wickelsinn haben. Die Stromzuführung erfolgt über leicht bewegliche, dünne Bänder, so daß keine Rückstellkraft auftritt.



94/3 Schaltung des Kreuzspulohmmeters

Entsprechend der Schaltung nach Bild 94/3 liegen beide Spulen an der gleichen Spannungsquelle, aber in parallelgeschalteten Stromkreisen. Die Stromstärke in der einen Spule wird durch den Vergleichswiderstand R , die Stromstärke in der anderen Spule durch den zu messenden Widerstand R_x bestimmt. Die Spulen S_1 und S_2 bilden nun die in Bild 95/1 dargestellten Magnetfelder F_1 und F_2 , die sich zu dem resultierenden Magnetfeld F_R zusammensetzen, das zunächst in einem beliebigen Winkel zum permanenten Feld steht. Ein Gleichgewicht mit einer Rückstellkraft kann hierbei nicht auftreten, das resultierende Feld der beiden



95/1 Schematische Darstellung der Wirkungsweise eines Kreuzspulmeßwerkes

Spulen stellt sich völlig in die Richtung des permanenten Feldes ein. Die Richtung des resultierenden Feldes und damit auch der Ausschlag des Zeigers hängt von dem Verhältnis der Ströme in beiden Spulen ab. Das Verhältnis der Ströme steht wiederum in Abhängigkeit von R und R_x . Jedem Wert von R_x entspricht also ein ganz bestimmter Ausschlag des Zeigers, und die Skale kann unmittelbar in Ohm geeicht werden. Die Größe der Spannung ist im Prinzip auf das Meßergebnis ohne Einfluß, da die Ströme im proportionalen Verhältnis zur Spannung stehen und somit die Lage des resultierenden Feldes nicht geändert wird.

- Weshalb darf an das Gerät aber nicht eine zu große Spannung angelegt werden?

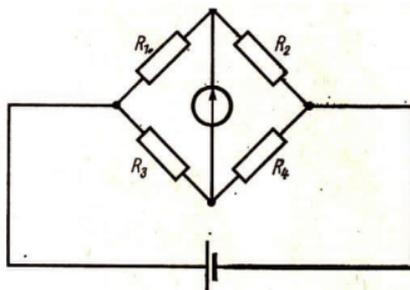
Die Meßbrücke

Eine genaue Messung des Widerstandes wird mit Hilfe einer Schaltung vorgenommen, die nach dem Engländer Wheatstone Wheatstonesche Brücke genannt wird. Für diese Schaltung (Bild 95/2) gilt:

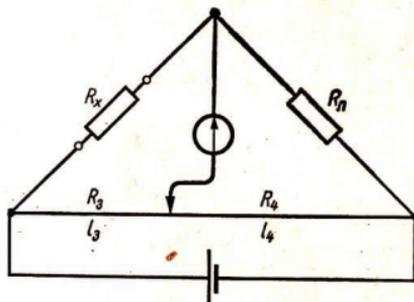
- Die Brückenspannung ist gleich Null, wenn das Produkt der gegenüberliegenden Widerstände gleich ist.

Für den Fall, daß die Brückenspannung Null ist, gilt also die Beziehung

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$



95/2 Brückenschaltung



95/3 Schaltung der Schleifdrahtmeßbrücke

Aus dieser Erkenntnis wurde die Schleifdrahtmeßbrücke entwickelt, deren Schaltung in Bild 95/3 wiedergegeben ist.

Die Widerstände R_3 und R_4 werden hier durch einen Schleifdraht ersetzt, und dieser wird durch einen verschiebbaren Kontakt in die Widerstandsgrößen R_3 und R_4 aufgeteilt. Der Widerstand R_2 wird durch einen bekannten Widerstand R_n ersetzt. Soll nun ein unbekannter Widerstand R_x gemessen werden, so wird der bewegliche Kontakt auf dem Schleifdraht so lange verschoben, bis das Meßwerk auf Null steht, also nicht mehr ausschlägt. Es gilt jetzt die Beziehung

$$R_x \cdot R_4 = R_n \cdot R_3$$

Durch Umstellung ergibt sich

$$R_x = R_n \cdot \frac{R_3}{R_4}$$

Da die Widerstände R_3 und R_4 im Verhältnis zur Drahtlänge stehen, gilt ferner

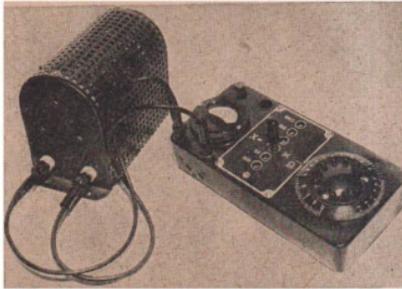
$$R_x = R_n \cdot \frac{l_3}{l_4}$$

Das Verhältnis der Drahtlängen braucht nun nicht berechnet zu werden, sondern ist auf einer Skale bereits angegeben. Die Meßgenauigkeit der Brücke ist am größten, wenn sich der Abgriff bei abgeglicherer Brücke etwa in der Mitte des Schleifdrahtes befindet. Aus diesem Grunde ist die Meßbrücke so ausgeführt, daß mit Hilfe einer Stöpselvorrichtung Normalwiderstände gewählt werden können, die etwa in der Größenordnung des unbekanntem Widerstandes liegen.

Beispiel:

$$R_n = 100 \Omega; \text{Skalenwert} = 0,56$$

$$R_x = 100 \Omega \cdot 0,56 = 56 \Omega$$



96/1 Schleifdrahtmeßbrücke

In Bild 96/1 ist die technische Ausführung einer Meßbrücke dargestellt. Als Spannungsquelle dient eine flache Taschenlampenbatterie. Die Handhabung des Gerätes ist auf der Rückseite angegeben.

Isolationsprüfungen

Um festzustellen, ob eine neu errichtete elektrische Anlage oder auch ältere, im Betrieb befindliche Anlagen funktionssicher

sind, müssen Isolationsprüfungen durchgeführt werden, die im einzelnen in Standards (TGL 200) festgelegt sind.

Im Prinzip ist die Isolationsprüfung eine Widerstandsmessung unter besonderen Bedingungen.

Auszug

Nach TGL ist folgendes angeführt:

In trockenen und feuchten Räumen von Verbraucheranlagen muß der Isolationswiderstand der Anlagenteile ohne Verbrauchsgereäte zwischen zwei Stromsicherungen oder hinter der letzten Stromsicherung mindestens 1000 Ω je Volt Betriebsspannung betragen (z. B. 220000 Ω bei 220 V Betriebsspannung), das heißt, der Fehlerstrom jeder dieser Teilstrecken darf bei der Betriebsspannung nicht größer als 1 mA sein. Sind diese Teilstrecken länger als 100 m, so darf je weitere angefangene 100 m der Fehlerstrom abermals 1 mA betragen.

Nach TGL ist die Isolationsprüfung wie folgt durchzuführen:

1. Leiter gegen Erde,
2. Leiter gegen Leiter.

Diese Prüfung ist nur bei Leitungen erforderlich, die zwischen Schaltern, Sicherungen und anderen Trennstellen liegen.

► Soweit darüber hinaus in Verbraucheranlagen die Isolation Leiter gegen Leiter geprüft wird sowie bei der Prüfung Leiter gegen Erde in Anlagen, in denen die Nullung angewendet wird, sollen bei der Prüfung alle vorhandenen Leuchten angeschlossen, alle Schalter geschlossen, die Glühlampen, Leuchtstofflampen und sonstigen Verbraucher von ihren Leitungen abgetrennt sein.

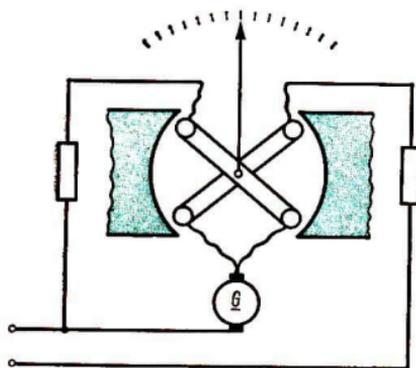
Die Prüfspannung muß mindestens gleich der Nennspannung der Anlage sein. Bei Nennspannungen unter 100 V darf sie 100 V nicht unterschreiten.

Der Isolationsmesser

Dieses Meßgerät, das hauptsächlich bei Isolationsprüfungen Anwendung findet, ist im Prinzip so aufgebaut wie ein Widerstandsmesser (Bilder 97/1 und 97/2). Als Span-



97/1 Isolationsmesser mit Kurbelinduktor



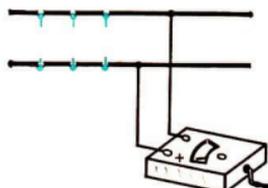
97/2 Prinzipschaltung eines Isolationsmessers

nungsquelle dient jedoch ein Kurbelinduktor, der durch eine Handkurbel über ein zwischengeschaltetes Getriebe angetrieben wird. Seine übliche Drehzahl beträgt 2,5 Umdrehungen je Sekunde. Als Anzeigergerät dient ein spannungsunabhängiges Kreuzspulmeßwerk, so daß es nicht darauf ankommt, ob die Kurbel etwas langsamer oder schneller gedreht wird. Auf der Skale kann

unmittelbar der zwischen den Anschlußklemmen liegende Isolationswiderstand abgelesen werden.

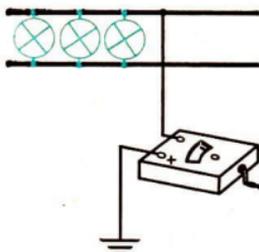
Messen des Isolationswiderstandes Leitung gegen Leitung

Die Leuchten sind angeschlossen, alle Schalter geschlossen, Glühlampen und sonstige Geräte von den Leitungen abgetrennt. Die Klemmen des Gerätes werden mit den zu prüfenden Leitungen verbunden (Bild 97/3).



97/3 Messen des Isolationswiderstandes Leitung gegen Leitung

Messen des Isolationswiderstandes einer ganzen Anlage oder eines Teilstückes gegen Erde



97/4 Messen des Isolationswiderstandes einer ganzen Anlage oder eines Teilstückes gegen Erde

Soll der Widerstand einer ganzen Anlage gegen Erde gemessen werden, sind alle Verbraucher einzuschalten (Bild 97/4), damit die Leitungen untereinander metallisch verbunden sind.

AUFGABEN

- Nach welchen Gesichtspunkten werden Meßgeräte eingeteilt?
- Welchen Vorteil bietet die Anwendung schreibender Meßgeräte?
- Wodurch unterscheiden sich Spannungs- und Strommesser?
- Zeichnen Sie in einen beliebigen Stromkreis die Schaltung von Spannungs- und Strommesser ein!
- Wieviel Volt kann der Meßfehler bei einem Gerät der Güteklasse 1,5 betragen, wenn der Endwert der Skala bei 250 V liegt?
- Weshalb wird der Isolationswiderstand einer elektrischen Anlage gemessen?
- Was kann geschehen, wenn der Isolationswiderstand gegen Erde zu klein ist?
- Fertigen Sie eine Aufstellung über Ihnen bekannte Störungen in elektrischen Anlagen an!
- Welche Spannungen werden für Geräte zur Durchgangsprüfung angewendet?

BILDQUELENNACHWEIS

Die Zeichnungen fertigten nach Vorlagen an: Heinz Grothmann, Berlin und Eberhard Graf, Berlin. Akko-Motorsägen Coswig/Dresden: 5/2; Archiv Fachbuchverlag, Leipzig: 39/3, 39/4; Archiv Kleine Enzyklopädie Technik, Leipzig: 51/1; Archiv Verlag Technik, Berlin: 13/3, 14/1; Archiv Verlag Technik, Berlin: 13/3, 14/1; Archiv Verlag Volk und Wissen, Berlin: 7/3, 9/2, 12/4, 22/2, 29/4, 54/4, 57/1, 57/3, 57/4, 73/4, 73/5, 78/1, 82/3, 84/2, 84/3, 88/1; Brückner, Karl-Marx-Stadt: 83/3; Brüggemann, Leipzig: 6/1, 17/2, 54/3, 85/3; Dewag, Berlin: 6/2, 43/4, 46/2, 59/1; DMR-Werkfoto: 17/3; Eichler, Leipzig: 29/3; Fotostelle Eisenhüttenkombinat: 51/2; Grohnert, Berlin: 70/1—6, 71/1, 2; Klingner, Berlin: 29/2; Klub Junger Techniker, BBS VEB Starkstrom-Anlagenbau, Leipzig: 63/1, 87/3; Krüger, Berlin: 81/2; Michaelis, Lübbenau: 63/4; Römer, Karl-Marx-Stadt: 17/4, 44/3; Schmidt, Berlin: 57/2; Schröter, Leipzig-Marktleebberg: 85/4; Schulze, Berlin: 14/2; Seifert, Verlag Volk und Wissen, Berlin: 9/3, 9/4, 13/1, 17/1, 18/2, 19/1, 21/7, 24/1, 24/2, 24/4, 46/3, 53/2, 55/3, 55/4, 65/1, 65/2, 65/3, 65/4, 66/1, 66/2, 66/3, 66/4, 66/5, 66/6, 66/7, 66/8, 67/1, 67/2, 67/3, 68/1, 72/2, 72/3, 72/4b, 79/1, 79/2, 81/1, 82/1, 82/2, 83/2, 87/2, 87/4, 88/3, 90/1, 90/3, 91/1, 91/2, 91/3, 96/1, 97/1; Tiedemann, Leipzig: 81/3; Unger, Cottbus: 5/3; VEB Carl Zeiss, Jena: 29/1; VEB Dieselmotorenwerk, Rostock: 7/1; VEB Elektro-Apparate-Werke, Berlin: 94/1; VEB Elektromotorenwerke, Wernigerode: 55/1; VEB Keramische Werke, Hermsdorf: 24/3, 52/1; VEB Leuchtenbau, Berlin: 80/2; VEB Lokomotivbau-Elektrotechnische Werke „Hans Beimler“, Hennigsdorf: 85/1, 85/2; Verbundnetz Mitte VEB: 59/2; VVB Wälzlager und Normteile, Karl-Marx-Stadt: 22/1, 22/3, 22/4; Weigelt, Berlin: 43/1; Winkler, Dresden: 13/2; Wosnizok, Berlin: 18/1; Zentralbild, Berlin: 5/1, 5/4, 9/1, 53/1, 55/2, 63/2, 63/3, 87/1.

SACHWORTVERZEICHNIS

- Abzweigdosen 68
Abzweigungen 67
Achsen 8 ff.
Achswellen 8
Achszapfen 14
Allgebrauchslampe 77
Anhängekupplung 24
Armaturen 54
Atomenergie 56
Atomkraftwerk 57
Außenverzahnung; 33
Automatisierung 8
- Baugruppen 5
Bedienelemente 6
Befehlsschalter 72
Belastungsspitzen 61
Beleuchtung, elektrische 77
Betriebsmoment 28
Bewegungsschraube 41
Biegemoment 10
Biegespannungen 12
Biegewechselspannungen 11
Biegung, einseitige 10, 11
Blendungsfreiheit 79
Bolzenkupplung 27
Brennstoffe, Einteilung 56
Brückenspannung 95
- Dampfkraftwerk 57
Dauerkupplungen 25
Deckenlager 21
Direkt-Leuchten 80
Doppelkurbel 43
Drehmoment 11, 27, 28
Druckmittelgetriebe 31, 47
Dunkelstrahler 84
Durchgangsprüfungen 88
Durchmesserteilung 34
- Einlauf Eigenschaften 20
Einscheiben-Trockenkupplung 27
Einstellschraube 41
Einzelantrieb 37
Einzelschmiervorrichtungen 21
Einzelzapfen 14
Elektroenergieerzeugung 57
Elektroenergie im Haushalt 61
Elektroenergieverbrauchsgruppen 59
Elektroinstallation 64
Elemente der drehenden Bewegung 6
— zur Übertragung und Umwandlung von Bewegungen 7
- zur Weiterleitung von Flüssigkeiten und Gasen 7
Energiebedarf
— bei der Elektrolyse 60
— bei der Elektrowärme 60
Energiefluß 64
Energieproblem 56
Energieverteilung 58
Evolventen-Verzahnung 33
Exzenter 44
- Falzrohr 71
Fernschaltungen, schwachstrombetriebene 76
Fettpresse 21
Fittings 53
Flachriemen 38
Flansche 53
Flanschlager 19, 22
Flüssigkeitsgetriebe 47, 48
- Gasturbinenkraftwerk 57
Gelenkgetriebe 41 ff.
Gelenkgetriebe, viergliedrige 45
Gelenkviereck 42
Gelenkwellen 13
Getriebe 7, 29 ff.
Getriebearten 30
Getriebe, einbaufertige 35
Getriebe mit mehreren Rädern 35
Getriebe mit Reibübertragung 38
Gleichförmig-Leuchten 81
Gleitlager 17, 18, 19 ff.
Gleitreibung 17
Gleitstein 44
Grundgetriebe 31
Gruppenantrieb 37
Gruppenumpfanwerke 59
Gummirohr 71
- Hahn 54
Hängelager 19, 21
Hauptspannstationen 58
Hellstrahler 84
Hochspannungsfernleitungen 58
Horizontalinstallation 67
- Indirekt-Leuchten 81
Induktionsöfen 84, 85
Induktionsspulen 82
Infrarotstrahlungsöfen 84, 85
Infrarot-Technik 83
Innenverzahnung 33
Installationsplan 75
Isolationsmesser 97
- Isolationsprüfungen 96
Isolierrohre 71
Isolierwerkstoffe 69
- Kabeltypen 69
Kegelradgetriebe 30, 31
Keilriemen 38
Kettengetriebe 39
Klappe 54
Klauenkupplung, elastische 26
—, schaltbare 27
—, starre 26
Kontaktwerkstoffe 68, 69
Koppelgetriebe 42
Kraftwerksleistungen 61
Kreuzgelenkkupplung 26
Kreuzschaltung 75
Kreuzschubkurbel 45
Kreuzpulmeßgerät 94
Kugellager 22
Kulturraumleuchten 79
Kupplungen 24 ff.
—, bewegliche 26
—, Einteilung 25
—, starre 25
Kurbelgetriebe 42
Kurbelschwinge 42
Kurbelwelle 13
Kurbelzapfen 14
Kurvengetriebe 45 ff.
- Laboratoriumsmeßgeräte 92
Lager 17 ff.
—, Bauformen 18
—, Geradfürungen 17
Lagerwerkstoffe 19
Laufachsen 8
Leistungsmessungen 93
Leiterwerkstoffe 68
Leitungen, blanke 69
—, isolierte 69
Leitungsmaterial 69
Leitungsschutzschalter 73
Leitungsschutzsicherungen 73
Leitungsverlegung 65
Leuchten 79
Lichtausbeute 78
Lichtbogen 82
Lichtbogenöffner 84, 85
Lichtfarbe 79
Lichtverteilung 79
- Maltserkreuzgetriebe 48
Mantelhärtung der Wellen 15
Meßbrücke 95
Meßgeräte 90

- , Kennzeichen 92
- , schreibende 91
- , tragbare 91
- Meßgröße 90
- Meßwert 90
- Modul 34
- Motorenkraftwerk 57
- Muffen 53

- Nadellager 22
- Niederspannungs-Leuchtstofflampen 77
- Notlauf Eigenschaften 20
- Nutkurve 45, 46

- Offene Kurve 45, 46
- Öffner 72
- Ortsnetztransformator 59

- Papierbleikabel 69
- Parallelkurbel 43
- Planetengertriebe 33
- Pleuel-Lager 17
- Polsucher 87
- PVC-Rohr 71

- Raumbeheizung 83
- Reibkörpergetriebe 35 ff.
- Reibkupplungen 28
- Reibmoment 28
- Reibrolle 36
- Reibübertragung 27, 38
- Relais 72
- Rollenlager 22
- Rollreibung 17
- Rohre 52
- Rohrleitungen 51
- Rohrmaterial 71
- Rohrverbindungen 53
- Rohrverschraubungen 53

- Schalenkupplung 25, 26
- Schaltbare Kupplungen 25, 27
- Schaltgeräte 72
- Schaltgetriebe 48 ff.
- Schaltkurzzeichen 75
- Schaltpläne 73
- Schalttafelmeßgeräte 90
- Schaltungen 73
- Schauzeichen 89
- Scheibenkupplung 25, 26

- Schieber 54
- Schließer 72
- Schmiermittel 20
- Schmierringe 21
- Schmierung der Gleitlager 20
- Schneckengetriebe 32, 33
- Schraubengetriebe 40 ff.
- Schraubenrädernetriebe 32, 33
- Schubgelenke 41
- Schubkurbel 44
- Schubkurbelgetriebe 42, 49
- Schutzrohre 71
- Schwingende Kurbelschleife 44
- Sicherheitskupplung 27
- Sicherungen 73
- Spannschraube 41
- Spannungsmessungen 93
- Spurzapfen 14
- Stahlpanzerrohr 71
- Stahlrohr 71
- , leichtes 71
- Standardisierung 7, 8, 16, 35
- Stauferbüchse 21
- Stehlager 19, 21
- Stellschalter 72
- Stirnradgetriebe 31
- Strahlungsenergie 83
- Strommessungen 92
- Stufenlose Drehzahlwandler 36, 48
- Reibkörpergetriebe 48
- Zugmittelgetriebe 48
- Stützlager 17, 18 22
- Stützzapfen 14
- Summer 89

- Tagesbelastungskurve 61
- Tastschalter 72
- Teleskopwellen 13
- Traglager 17, 18
- Tragzapfen 14
- Transformatorstationen 59
- Treibachsen 8
- Treppenhausautomat 76
- Tretkurbeln 42
- Turbinenwelle 12
- Typeneinschränkung 8

- Überlaufspeicher 84
- Übersetzungsgetriebe 30
- Übersetzungsverhältnis 34, 36, 38
- Umfangsgeschwindigkeit 34
- Umlaufbiegung 11, 12

- Umschlingungswinkel 38
- Unterflurinstallation 67

- Ventil 54
- Verbindungselemente 6
- Verbundnetz 58
- Verteilungen 67
- Viergelenkkette 42
- Vorwiegend-Direkt-Leuchten 80
- Vorwiegend-Indirekt-Leuchten 81

- Wälzkörper 22
- Wälzlager 17, 18, 22 ff.
- Schmierung 23
- Werkstoffe 23
- Wandlager 19
- Wärmeleistung 57
- Wärmespeicheröfen 83
- Wasserkraftwerk 57, 58
- Wechselschaltung 75
- Wellen 8, 11 ff.
- , biegsame 13
- , gekröpfte 13
- , gerade 12
- , längsveränderliche 13
- Wellenkupplungen 24 ff., 27
- Wellenoberflächen 16
- Wellenzapfen 14
- Wendegetriebe 37
- Werkstoffkombinationen 69
- Wheatstonesche Brücke 95
- Widerstandsmessungen 94
- Widerstandsöfen 84, 85
- Winkeltriebe 39
- Wirkschalpläne 74
- Wohnraumleuchten 79
- Wulstkurve 46

- Zahnform 33
- Zahnradberechnung 33
- Zahnräder, Fertigung 34
- Zahnradgetriebe 31 ff.
- Zahnrad-Standgetriebe 33
- Umlaufgetriebe 33
- Zahnradwerkstoffe 34
- Zapfen 8, 14 ff.
- Zapfenarten 14
- Zentralschmierung 21
- Zugmittelgetriebe 37 ff.
- Zweckleuchten 79, 80
- Zwischenübersetzung 35