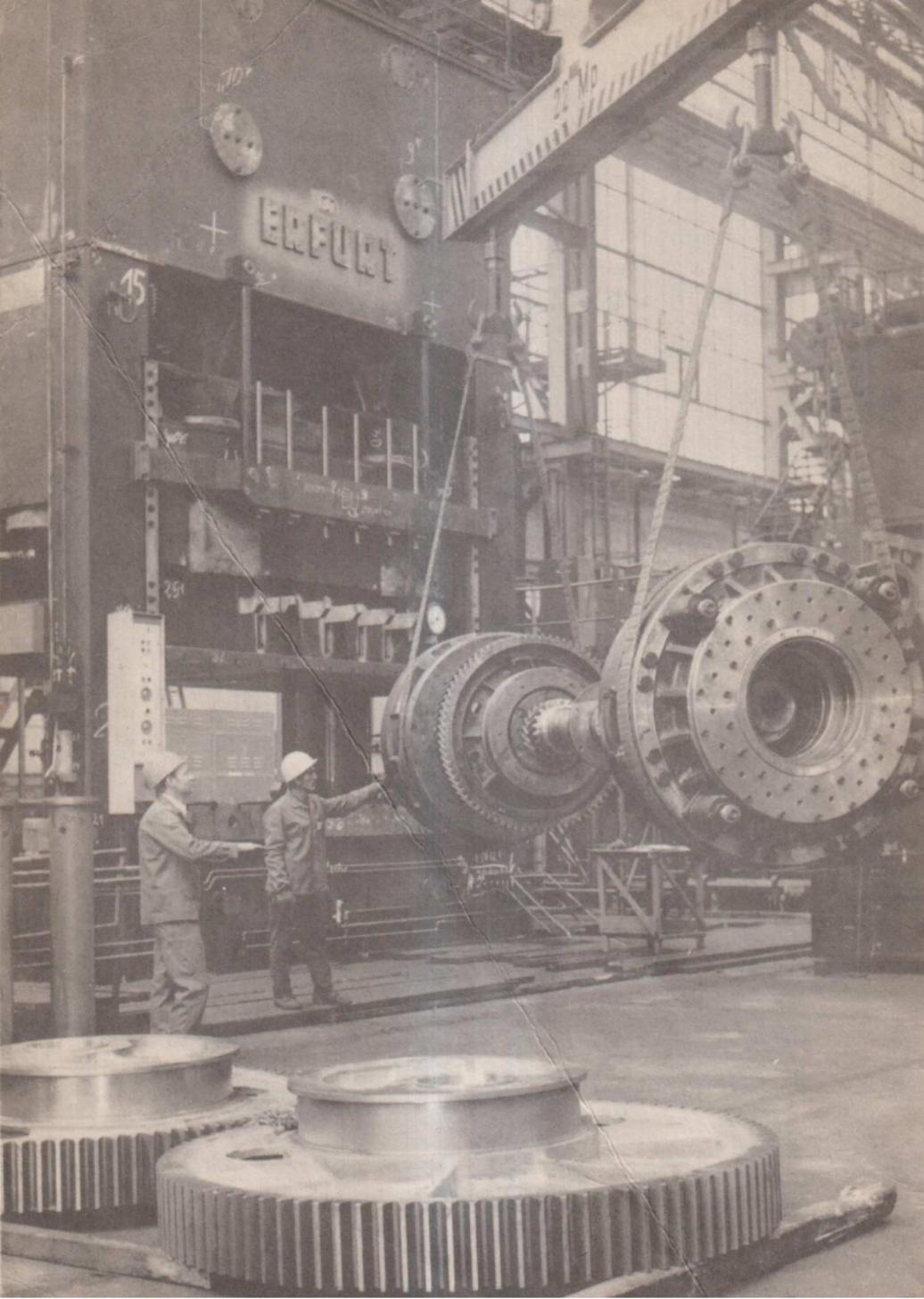


ESP 8

Einführung in die sozialistische Produktion





Einführung in die sozialistische Produktion

Lehrbuch für Klasse 8



Volk und Wissen

Volkseigener Verlag Berlin

1989

Autoren

Dr. Volkhard Schmidt (Leiter des Autorenkollektivs),
Dr. Reinhard Behrends, Dr. Gerhard Bienert, Dr. Achim Nagel

Redaktion

Dr. Reinhard Behrends, Dipl.-Päd. Inge Enger

Gutachter und Berater

Dr. sc. Gerd Banse, Prof. Dr. sc. Dietrich Blandow,
Dr. Ulrich Bock, Klaus Böhme, Dr.-Ing. Ulrich Borutzki, Dr. Helmut Ditt-
rich, Dr. Günter Hölzel, Eckhard Jander, Dr. Uwe Juffa, Edgar Karwoth,
Werner Korge, Gunter Langer, Ing. Günter Meyer, Dr. Günter Nitzschke,
Dr. Giesela Ocholdt, Dr. Fred Postler

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

ISBN 3-06-060808-3

7. Auflage

Ausgabe 1983

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1983

Lizenz-Nr. 203 · 1000/89 (UN 06 08 08-7)

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 9/9/11 Unifers, Linotron

Gesamtproduktion: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Illustrationen und Zeichnungen: Manfred Behrendt, Harri Förster,

Winfried Turnhofer, Waltraud Schmidt

Umschlag: Manfred Behrendt

Typografische Gestaltung: Manfred Behrendt

Redaktionsschluß: 12. Mai 1988

LSV 0681

Bestell-Nr. 730 949 4

Schulpreis DDR: 1,70

Inhalt

Funktion und Aufbau von Maschinen

1	Maschinen im technologischen Prozeß	5
	Auswirkungen des Maschineneinsatzes auf die Herstellung der Erzeugnisse	7
	Auswirkungen des Maschineneinsatzes auf die Arbeits -und Lebensbedingungen der Werktä- tigen	8
2	Funktioneller Aufbau von Maschinen	9
	Prinzipieller Aufbau einer Ständerbohrmaschine .	9
	Arbeitsorgan einer Ständerbohrmaschine	10
	Antriebsorgan einer Ständerbohrmaschine	10
	Übertragungsorgan einer Ständerbohrmaschine .	11
	Trägerorgan einer Ständerbohrmaschine	11
	Steuerorgan einer Ständerbohrmaschine	11
	Zusammenwirken der Funktionsorgane	12
3	Einsatz hochproduktiver Maschinen	13
	Einsatz von Industrierobotern	13

Energiebereitstellung durch Antriebsorgane

4	Funktion der Antriebsorgane	15
5	Historische Entwicklung der Antriebsorgane . . .	16
	Göpel, Wasserrad, Windrad als Antriebsorgane .	17
	Dampfmaschine, Verbrennungsmotor und Elektromotor als Antriebsorgane	20
6	Wirtschaftlicher Einsatz von Antriebsorganen . .	26
	Verbrennungsmotor	26
	Elektromotor	26
7	Entwicklungstendenzen bei Antriebsorganen . . .	28
	Einzel- und Mehrmotorenantrieb	31

Energieübertragung vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan

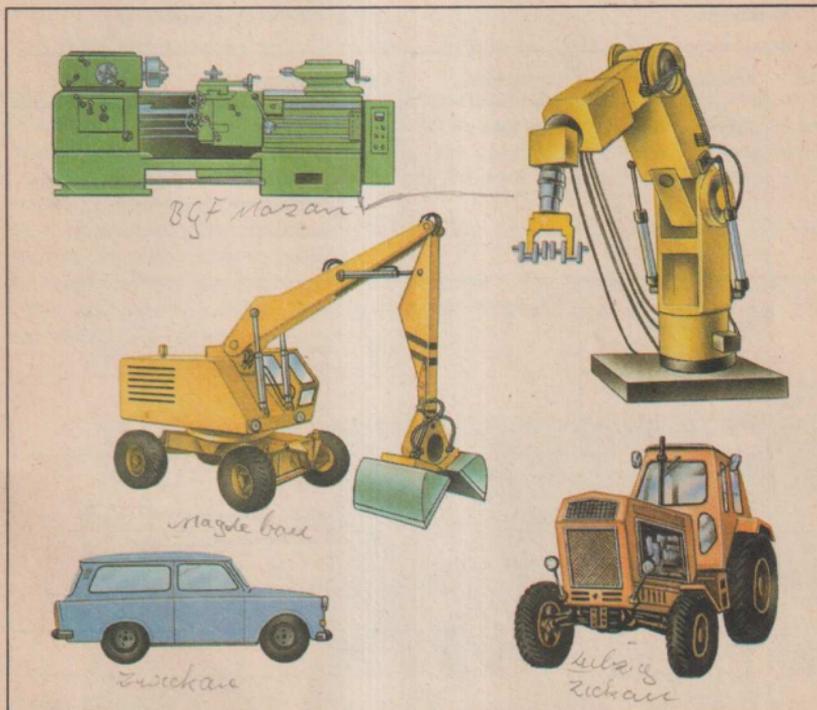
8	Getriebe als Übertragungsorgan	33
	Funktionelle Anforderungen an Getriebe	35

Ändern der Drehzahl durch Getriebe	35
Ändern des Drehsinns durch Getriebe	38
Ändern der Bewegungsform durch Getriebe	38
9 Ändern des Drehmoments durch Getriebe	41
Drehmoment	42
Anpassen des Drehmoments und der Drehzahlen durch Getriebe	43
10 Konstruktive Gestaltung von Stirnradgetrieben	45
Bezeichnungen am Stirnrad	45
11 Mehrstufiges schaltbares Stirnradgetriebe	47
12 Wellen in Getrieben	51
Beanspruchung von Wellen	51
Anforderungen an Wellen	52
13 Lager in Getrieben	54
Anforderungen an Lager	54
Aufbau und Wirkungsprinzip von Lagern	56
Auswahl von Lagern	56
14 Wellenkupplung als Übertragungsorgan	57
Funktion der Wellenkupplung	57
Stiftkupplung	58
Scheibenkupplung	58
Reibscheibenkupplung	60
15 Ausrückvorrichtung für eine Reibscheibenkupplung	62
16 Entwicklungstendenzen bei Übertragungsorganen	66
Hydraulische und pneumatische Übertragungs- organe	66
Hydraulische Übertragungsorgane	66
Aufbau und Wirkungsweise von Pumpe und Flüssigkeitsmotor	66
Ändern von Drehbewegungen in geradlinige durch hydraulische Übertragungsorgane	67
Pneumatische Übertragungsorgane	67
Effektive Gestaltung eines technologischen Vorgangs durch konstruktive Veränderungen an einer Maschine	71
17 Technische Aufgabenstellung	73
18 Schrittfolge zur effektiven Gestaltung eines tech- nologischen Vorgangs	73
Register	78

Funktion und Aufbau von Maschinen

Maschinen im technologischen Prozeß

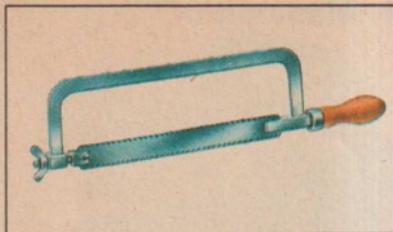
1



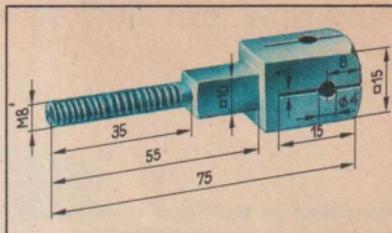
5/1 Maschinen als wichtigste Arbeitsmittel der Produktion

Bei der Herstellung von Erzeugnissen in den sozialistischen Produktionsbetrieben nutzen die Werk­ tätigen eine Vielfalt von Fertigungsverfahren. Das Gießen, das Walzen, das Drehen und viele andere Verfahren erfordern als Arbeitsmittel **Maschinen** (Bilder 5/1, 34/1 und 34/2). Aber auch in anderen Bereichen unserer sozialistischen Gesellschaft, in der Landwirtschaft, im Bauwesen, im Militärwesen und sogar im Haushalt erfüllen Maschinen Aufgaben (Bilder 8/1, 26/1, 27/1 und 34/3).

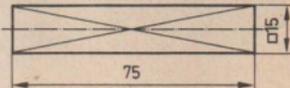
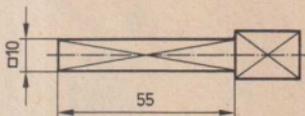
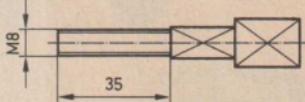
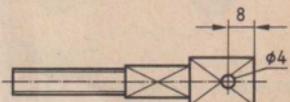
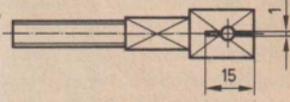
- Die Herstellung des **Spannklobens** einer Metallsäge (Bilder 6/1 und 6/2) zeigt, daß meist mehrere Maschinen in den technologischen Prozeß einbezogen sind (Bild 6/3). f (1) (2) S. 7



6/1 Metallsäge



6/2 Spannkloben einer Metallsäge

Nr.	Arbeitsgang	Arbeitsmittel	Arbeitsgegenstand
1	Sägen auf Länge von Stangenmaterial	Maschinenbügelsäge	
2	Fräsen des Vierkants	Fräsmaschine	
3	Drehen des Gewindebolzens; Gewindegewinde schneiden	Drehmaschine Schneideisen	
4	Bohren der Löcher	Bohrmaschine	
5	Sägen der Schlitz	Metallsäge	

6/3 Technologischer Ablauf zur Herstellung eines Spannklobens ①

Auswirkungen des Maschineneinsatzes auf die Herstellung der Erzeugnisse.

Die Herstellung eines Erzeugnisses mittels Maschinen ermöglicht hohe **Stückzahlen** bei geringer **Fertigungszeit** und hoher **Genauigkeit** (Bild 7/1). Der effektive Maschineneinsatz in den sozialistischen Betrieben trägt dazu bei, die **Arbeitsproduktivität** zu steigern.



7/1 Steuerorgan einer Drehmaschine

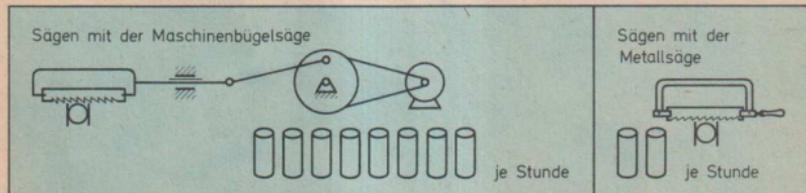
Die **Arbeitsproduktivität** ist die Ergebligkeit menschlicher Arbeit bei der Herstellung von Erzeugnissen. Sie kann durch das Verhältnis der hergestellten Menge an Gebrauchswerten zur aufgewandten Arbeitszeit ausgedrückt werden.

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität entspricht den grundlegenden Lebensinteressen der Arbeiterklasse und aller anderen Werktätigen im Sozialismus. Es geht darum, den Arbeitsaufwand für jedes einzelne Erzeugnis zu senken. ③ ④

Mit dem gleichen Arbeitsaufwand gilt es, **mehr** und **qualitativ bessere** Erzeugnisse herzustellen.

Die gleiche Anzahl von Erzeugnissen ist mit **weniger Arbeitsaufwand** herzustellen.

- ① Wähle einen anderen technologischen Ablauf zur Herstellung des Spannklobens (Bild 6/2) und vergleiche deinen Vorschlag mit Bild 6/3!
- ② Begründe Auswahl und Reihenfolge der Fertigungsverfahren zur Herstellung eines Erzeugnisses aus deiner produktiven Arbeit!
- ③ Warum unternehmen die Arbeiterklasse und die anderen Werktätigen in den sozialistischen Betrieben vielfältige Anstrengungen, um die Arbeitsproduktivität zu steigern?



- ④ Vergleiche die Möglichkeiten zum Absägen von Rundstahl nach folgenden Gesichtspunkten: Stückzahl, Zeit je Stück, Arbeitsproduktivität, Steigerung der Arbeitsproduktivität!

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität hängt von vielfältigen Faktoren ab und ist durch den Maschineneinsatz allein nicht zu erreichen. Bei der Herstellung der Erzeugnisse ringen die Werktätigen um die rationelle Gestaltung des technologischen Prozesses insgesamt:

- — Auswahl der wirtschaftlichsten Fertigungsverfahren und ihrer zweckmäßigen Reihenfolge; ↑ ① ② S. 7
- Instandhaltung und Modernisierung älterer Maschinen sowie Einsatz hochproduktiver Maschinen (↑ S. 13f.). ①

Auswirkungen des Maschineneinsatzes auf die Arbeits- und Lebensbedingungen der Werktätigen. Die Maschinen werden von den Werktätigen entwickelt, hergestellt, eingesetzt und ausgenutzt, um die Ergiebigkeit der menschlichen Arbeit zu erhöhen. Maschinen erleichtern zugleich die menschliche Arbeit und helfen, Arbeitsplätze einzusparen (2. Umschlagseite, Bilder 8/1 und 14/1). Gerade darum wächst in den sozialistischen Produktionsbetrieben die Verantwortung eines jeden Werktätigen:

- — bessere Ausnutzung des erreichten Qualifikationsniveaus der Werktätigen und Qualifizierung entsprechend den wachsenden Arbeitsaufgaben;
- volle Auslastung der Arbeitszeit vor allem durch eine hohe Arbeitsdisziplin;
- ordnungsgemäße Bedienung, Wartung und Instandsetzung von Maschinen;
- Rationalisierung des technologischen Prozesses und volle Auslastung der Maschinen;
- Verbesserung der Arbeitsbedingungen einschließlich des Gesundheits- und Arbeitsschutzes.



8/1 Förderbrücke im Braunkohle Tagebau Jänschwalde

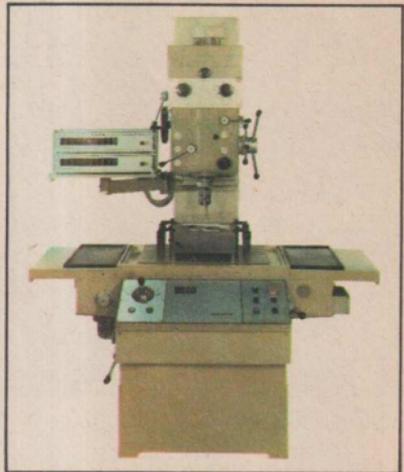
Funktioneller Aufbau von Maschinen

2

Prinzipieller Aufbau einer Ständerbohrmaschine. Das Bohren gehört zu den Verfahren, die von den Menschen bereits auf früher Entwicklungsstufe ihrer produktiven Tätigkeit ausgeführt wurden. In vielen Produktionsbereichen werden die unterschiedlichsten Bohrmaschinen eingesetzt (Bilder 9/1 und 9/2). ③



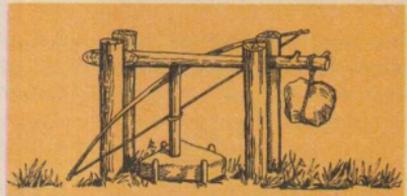
9/1 Bedienen einer Säulenbohrmaschine; Spanneinrichtungen halten Bohrer und Werkstück in Funktionslage

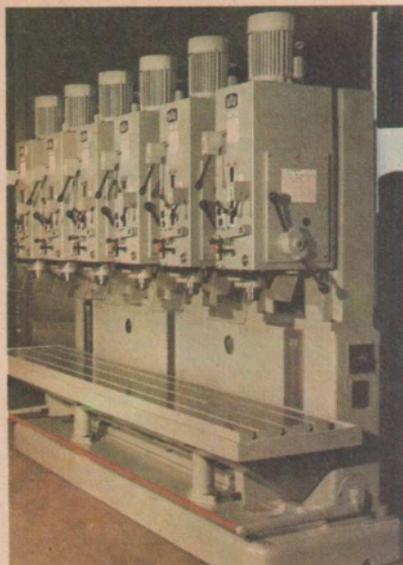


9/2 Einständer-Koordinatenbohrmaschine zum Herstellen von Vorrichtungen und Werkstücken (VEB Mikromat Dresden)

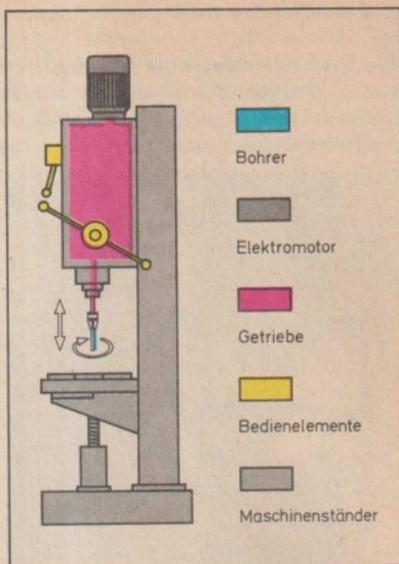
Eine **Ständerbohrmaschine** besteht aus einer Vielzahl von Bauteilen und Bauelementen. Jedes dieser Bauteile und -elemente erfüllt einen bestimmten Zweck innerhalb der Maschine. Die konstruktive Ausführung einzelner Bohrmaschinen weicht zwar häufig voneinander ab, dennoch sind alle Maschinen aus prinzipiell gleichen **Funktionsorganen** aufgebaut (Bilder 10/1 und 10/2).

- ① a) Nenne Möglichkeiten, die Maschinenauslastung in den sozialistischen Produktionsbetrieben zu erhöhen! Welche Probleme sind dabei zu bewältigen?
b) Wie kann die produktive Nutzungsdauer älterer Maschinen erhöht werden?
- ② Begründe an aktuellen Beispielen, warum der Maschineneinsatz in kapitalistischen Produktionsbetrieben mit verschärfter Ausbeutung der Werktätigen und mit Massenarbeitslosigkeit verbunden ist!
- ③ Beschreibe die Wirkungsweise eines Bohrgerätes mit Fiedelbogen!





10/1 Ständerbohrmaschinen



10/2 Prinzipieller Aufbau einer Ständerbohrmaschine

- ▶ Das **Funktionsorgan** ist die Gesamtheit von Bauteilen und -elementen, die im Zusammenwirken einen bestimmten Zweck innerhalb der Maschine erfüllen.

Arbeitsorgan einer Ständerbohrmaschine. Beim technologischen Vorgang führt der **Bohrer** die Schnittbewegung und die Vorschubbewegung aus (Bild 11/1). Er dringt in das Werkstück ein, bewirkt die Spanbildung und transportiert die Späne ab. Spaneinrichtungen unterstützen den technologischen Vorgang, indem sie Bohrer und Werkstück in der notwendigen Funktionslage halten (Bilder 9/1 und 11/1).

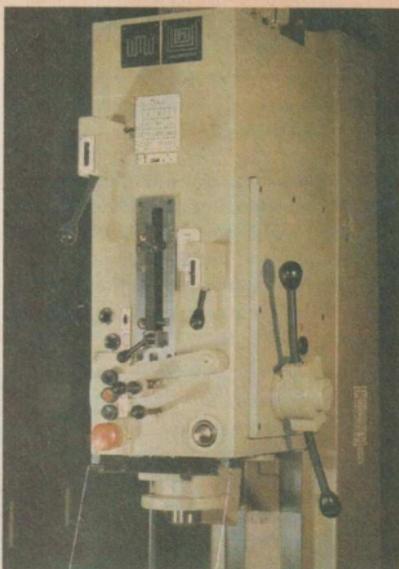
- ▶ Das **Arbeitsorgan** bewirkt die Veränderung des Arbeitsgegenstandes.

Antriebsorgan einer Ständerbohrmaschine. Die mechanische Energie (Bewegungen, Kräfte) für den Bohrvorgang wird durch den **Elektromotor** bereitgestellt (Bild 11/1). Der Elektromotor wandelt elektrische Energie in mechanische Energie um († Energiebereitstellung durch Antriebsorgane, S. 15 ff.).

- ▶ Das **Antriebsorgan** stellt die für den technologischen Vorgang benötigte Energie durch Energieumwandlung bereit.



11/1 Arbeitsorgan einer Bohrmaschine mit Spanneinrichtung



11/2 Steuerorgan einer Ständerbohrmaschine

Übertragungsorgan einer Ständerbohrmaschine. Das **Getriebe** leitet die vom Elektromotor bereitgestellte mechanische Energie zum Bohrer weiter und ermöglicht die Einstellung der jeweils erforderlichen Drehzahl und der Vorschubgeschwindigkeit (Bild 35/1; ↑ Getriebe als Übertragungsorgan, S. 33 ff.).

- ▶ Das **Übertragungsorgan** leitet die Energie vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan und paßt sie den Anforderungen des technologischen Vorgangs an.

Trägerorgan einer Ständerbohrmaschine. Der **Maschinenständer** trägt und führt sämtliche übrigen Bauteile und -elemente der Maschine. Während des Bohrvorganges, aber auch bei Stillstand der Maschine wird der Ständer durch beträchtliche Kräfte belastet. Er muß so beschaffen sein, daß er auch bei voller Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Maschine nicht verformt wird oder gar zu Bruch geht.

- ▶ Das **Trägerorgan** hält die Funktionsorgane einer Maschine in Funktionslage und nimmt Kräfte auf.

Steuerorgan einer Ständerbohrmaschine. Mit Hilfe von **Bedienelementen** (elektrische Schalter, Hebel, Handräder) kann der Werktätige in den Energiefluß vom Elektromotor zum Bohrer eingreifen. Sie dienen unter anderem dem Ein- und Ausschalten der Maschine sowie dem Einstellen der erforderlichen Schnitt- und Vor-

schubbewegung entsprechend den Erfordernissen des technologischen Vorgangs (Bilder 7/1 und 11/2).

Das **Steuerorgan** ermöglicht den Eingriff in den Energiefluß.

Zusammenwirken der Funktionsorgane.

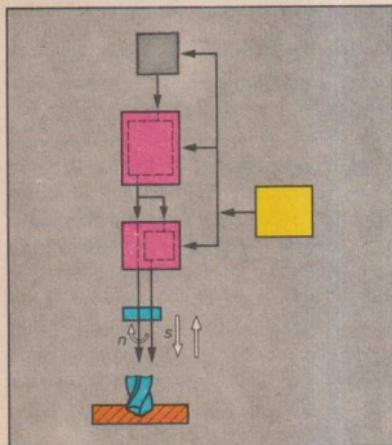
Der Bohrvorgang mittels Ständerbohrmaschine wird ermöglicht, indem alle Funktionsorgane zusammenwirken. Dieses Zusammenwirken der Funktionsorgane läßt sich durch ein **Blockschema** verdeutlichen (Bild 12/2).

Das **Blockschema** einer Maschine stellt die Funktionsorgane und ihr Zusammenwirken grafisch dar. Es zeigt den Energiefluß vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan (Bilder 12/2 und 12/3). ① ②

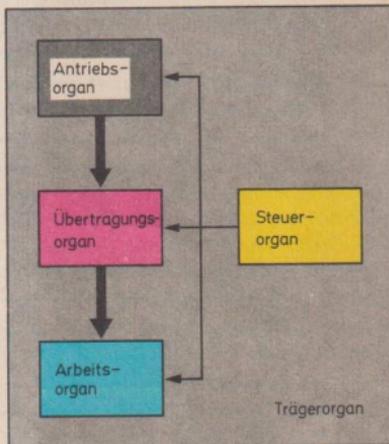
Alle Maschinen sind prinzipiell aus **Funktionsorganen** aufgebaut (Bilder 12/1 und 12/3).



12/1 Hochleistungspress (VEB Kombinat Umformtechnik „Herbert Warnke“, Erfurt)



12/2 Blockschema einer Ständerbohrmaschine



12/3 Allgemeines Blockschema von Maschinen

Einsatz hochproduktiver Maschinen

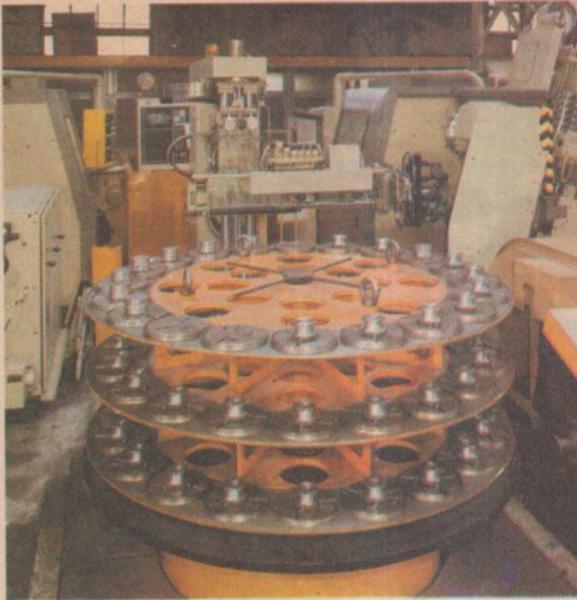
3

Die Werktätigen in den Betrieben und Kombinatn des Maschinenbaus der DDR, insbesondere die Rationalisatoren und Neuerer in den Produktionsbetrieben, richten ihre Anstrengungen darauf, die **Leistungsfähigkeit** der Maschinen zu erhöhen (7 S. 71 ff.). Die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts richtet sich in diesem Bereich auf folgende Schwerpunkte: ③ ④ ⑤

- Erhöhung der Effektivität der Produktion durch den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Werkzeuge;
- Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit;
- Übernahme weiterer Bedien- und Stellfunktionen durch die Maschine.

Einsatz von Industrierobotern. Industrieroboter sind ein wichtiges Mittel zur Rationalisierung des technologischen Prozesses in den sozialistischen Produktionsbetrieben. Sie übernehmen unterschiedlichste Funktionen bei der Herstellung von Erzeugnissen (Bilder 14/1, 32/1 und 70/1). ⑥

-
- ① Skizziere den prinzipiellen Aufbau einer Presse (Bild 12/1) und einer Drehmaschine (Bild 34/2) und kennzeichne den Energiefluß!
 - ② Vergleiche drei Maschinen aus unterschiedlichen Bereichen hinsichtlich Funktion und Aufbau
 - a) Benenne die Funktionsorgane!
 - b) Skizziere die Maschine im Blockschema!
 - ③ Welche zusätzlichen Anforderungen werden an die Funktionsorgane einer Bohrmaschine gestellt, wenn mehrere Werkzeuge gleichzeitig bohren sollen!
 - ④ Maschinen sind ein Produkt der Schöpferkraft des Menschen.
 - a) Warum sind die Werktätigen in den sozialistischen Produktionsbetrieben bestrebt, die Leistungsfähigkeit von Maschinen ständig zu erhöhen?
 - b) Erläutere Anforderungen an die Qualifikation und das Verantwortungsbewußtsein von Werktätigen, die sich aus dem Einsatz hochproduktiver Maschinen ergeben!
 - ⑤ Erfahrungen aus den Betrieben und Kombinatn besagen, daß das Nachrüsten von älteren Maschinen mit mikroelektronischen Steuerungen durch den eigenen Rationalisierungsmittelbau zwei- bis viermal billiger ist als ihr vollständiger Ersatz.
 - a) Welche Konsequenzen ergeben sich daraus?
 - b) Ist das Nebeneinanderbestehen von alter und hochmoderner Technik in vielen Betrieben ein Widerspruch?
 - ⑥ In den Betrieben und Kombinatn der DDR sind Zehntausende von Industrierobotern im Einsatz (Bilder 14/1, 32/1 und 70/1). Mit jedem eingesetzten Industrieroboter ändert sich das Bild ganzer Produktionsabschnitte.
 - a) Warum werden Industrieroboter in so großer Zahl eingesetzt?
 - b) Begründe die Notwendigkeit der vollen Auslastung von Industrierobotern und anderen Maschinen!
 - c) Was geschieht mit den freigesetzten Arbeitskräften?
 - d) Warum geht es um solche Rationalisierungslösungen, die auf ein technologisches Zusammenwirken der Industrieroboter mit den vorhandenen Maschinen und Anlagen gerichtet sind?
-



14/1 Industrieroboter beim Beschicken von zwei Werkzeugmaschinen (VEB Schwermaschinenkombinat „Ernst Thälmann“, Magdeburg)

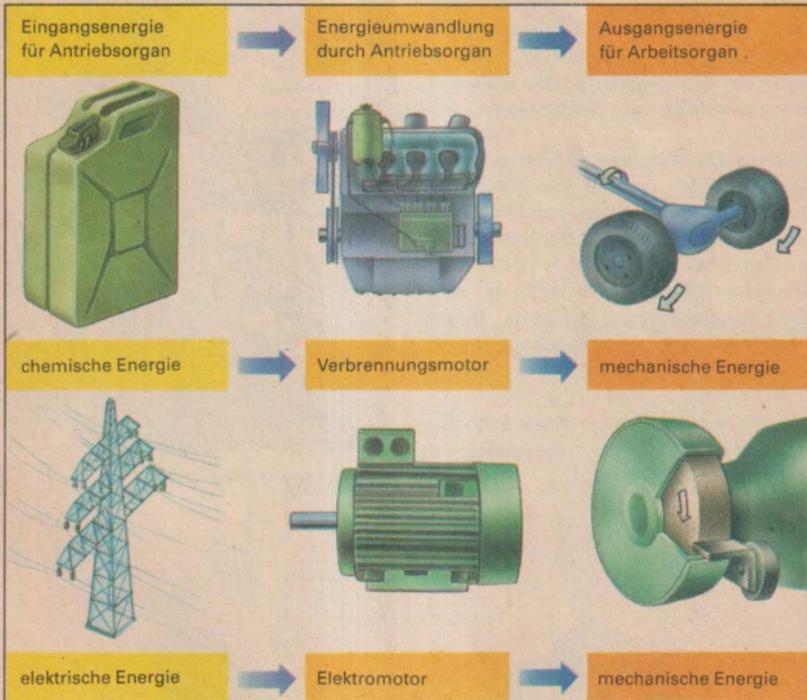
▶ **Industrieroboter** dienen dem selbständigen Handhaben von Werkstücken, Werkzeugen und Materialien zur Automatisierung der Produktion. Hauptziel ihres Einsatzes ist die Freisetzung von Arbeitskräften. ↑ ⑥ S. 13

Einsatz von Industrierobotern	Anwendungsbeispiel
<p>universell einsetzbare Industrieroboter</p> <ul style="list-style-type: none"> – Arbeitsablauf kurzfristig veränderbar (frei programmierbar) – Verknüpfung mit anderen Maschinen kann erfolgen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Beschicken von Werkzeugmaschinen (Bilder 14/1 und 70/1), ● Führen von Werkzeugen und Arbeitsgegenständen (Montieren, Schweißen, Lackieren, Stapeln)
<p>für den konkreten Einzelfall einsetzbare Industrieroboter</p> <ul style="list-style-type: none"> – Arbeitsablauf nicht veränderbar (fest) – feste Verknüpfung mit bestimmten Maschinen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Einlegen und Entnehmen von Arbeitsgegenständen in Sondermaschinen, ● automatischer Werkstück- und Werkzeugwechsel an Bearbeitungszentren (Bild 32/1)

Energiebereitstellung durch Antriebsorgane

Funktion der Antriebsorgane

4



15/1 Energieumwandlung in Antriebsorganen

Das Antriebsorgan einer Maschine wandelt die zugeführte Energie in die für das Arbeitsorgan erforderliche mechanische Energie um (Bild 15/1). Dazu werden die unterschiedlichsten Energieträger genutzt:

■ Muskelkraft, Wasserkraft, Windkraft, feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe.

► Die **Antriebsorgane** einer Maschine stellen die vom Arbeitsorgan benötigte Energie durch Energieumwandlung bereit.

Historische Entwicklung der Antriebsorgane

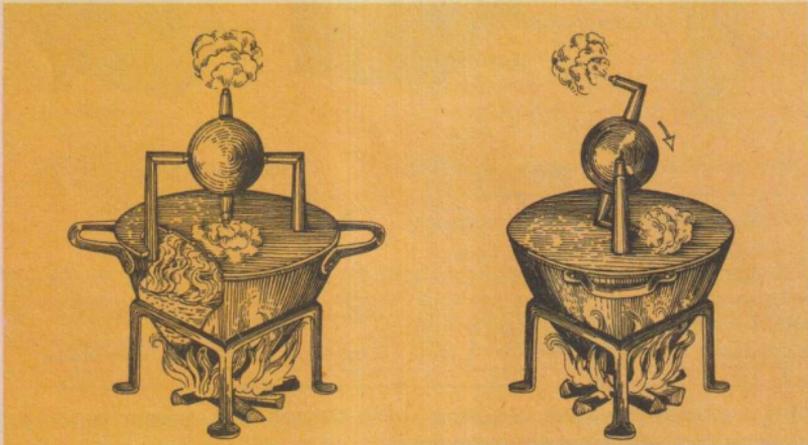
Die Erfindung und Herstellung immer leistungsfähigerer Antriebsorgane hat eine Geschichte von mehreren tausend Jahren (Bilder 16/2 und 16/1). Sie sind verbunden mit der wachsenden Erkenntnis und Beherrschung der Naturkräfte durch den Menschen. Der Entwicklungsstand der Antriebsorgane bestimmte in verschiedenen historischen Zeitabschnitten entscheidend den Entwicklungsfortschritt von Technik und Produktion.

Bedeutende Erfindungen, die erst viel später für den Antrieb von Maschinen genutzt werden konnten, wurden bereits im Altertum gemacht. So schuf z. B. Heron von Alexandria (1. Jh. u. Z.) einen Dampfkreisler (Bild 16/2), der nach dem Rückstoßprinzip arbeitete. Dieses Wirkprinzip liegt auch den heute eingesetzten Dampfturbinen zugrunde (7 Dampfturbine, Ph i Üb, S. 102).

Warum wurden manche dieser Erfindungen erst so spät für die Konstruktion von Antriebsorganen genutzt?



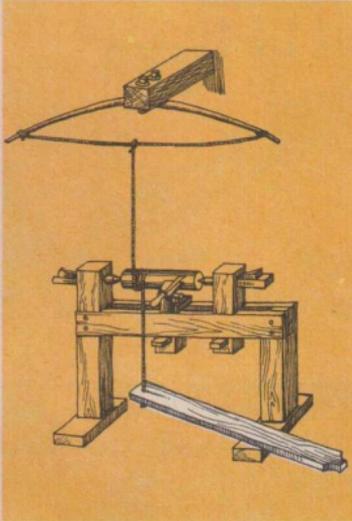
16/1 Großes Kehrrad (1556)



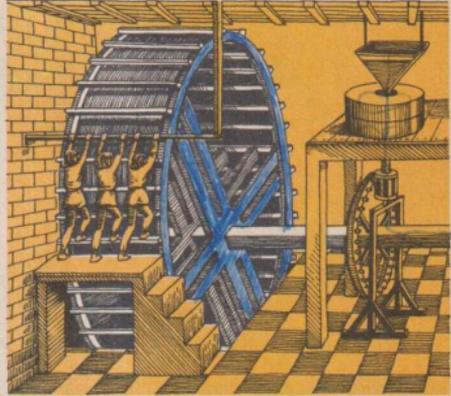
16/2 Heronscher Dampfkreisler; er wurde technisch nicht genutzt

Die Ursachen sind darin zu suchen, daß die Anforderungen der Produktion in der Sklavenhaltergesellschaft und im Feudalismus noch gering waren. Diese Anforderungen konnten mit billigen Arbeitskräften, die ausreichend zur Verfügung standen, erfüllt werden. Die herrschende Klasse war somit nicht daran interessiert, solche Erfindungen zur Erleichterung der menschlichen Arbeit zu nutzen.

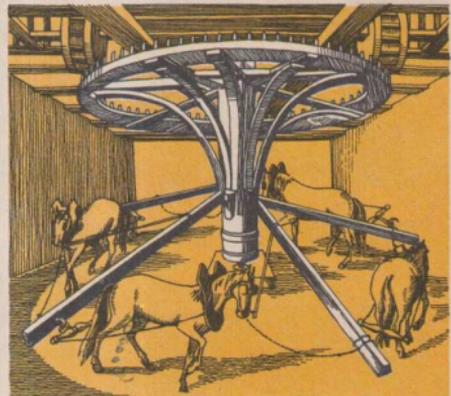
Göpel, Wasserrad, Windrad als Antriebsorgane. Die Hauptquelle der mechanischen Energie, die für die Produktionstätigkeit der Menschen erforderlich war, bildete in frühester Vergangenheit die Muskelkraft von Mensch und Tier. Sie wurde zum Heben von Lasten, zum Fortbewegen von Fahrzeugen und zum Antreiben von Maschinen eingesetzt (Bilder 17/1, 17/2 und 17/3).



17/1 Wippdrehbank (um 1410)

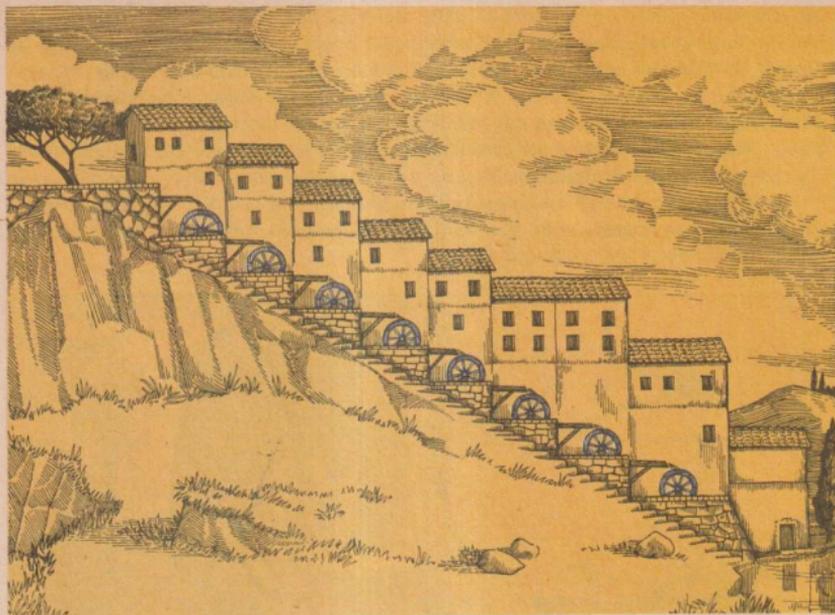


17/2 Tretad zum Antrieb eines Mahlwerkes (um 1600)

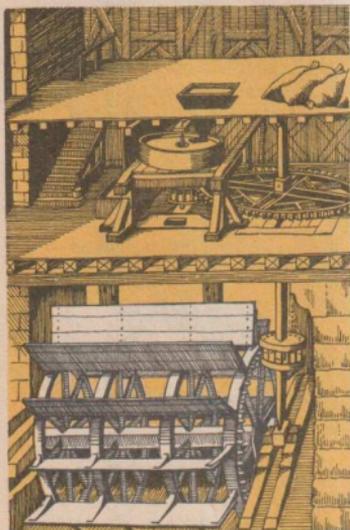


17/3 Pferde treiben einen Göpel an (um 1780)

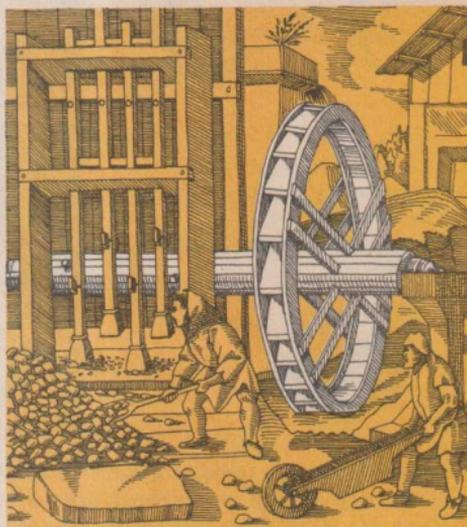
Um sich die schwere körperliche Arbeit zu erleichtern, begann der Mensch schon auf früher Entwicklungsstufe, Antriebsorgane einzusetzen, mit denen die in der Natur vorkommenden Energieträger genutzt werden konnten. **Wasserräder** sind bereits seit mehr als zwei Jahrtausenden bekannt (Bild 18/1). **Windräder** begann man Ende des 10. Jahrhunderts zu nutzen.



18/1 Römische Wassermühle (2./3. Jahrhundert) ②



18/2 Blick in eine Wassermühle
(um 1780)

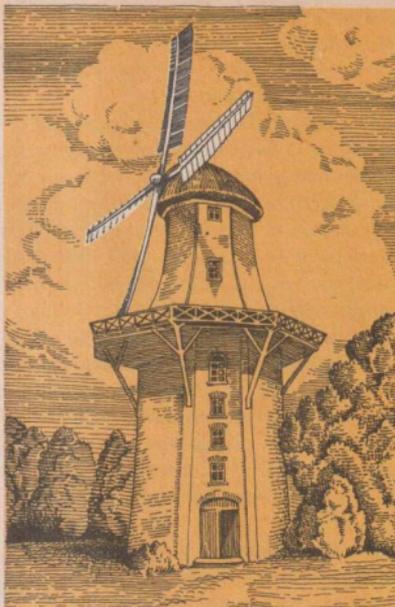


18/3 Pochwerk, angetrieben durch Wasserrad
(um 1600)

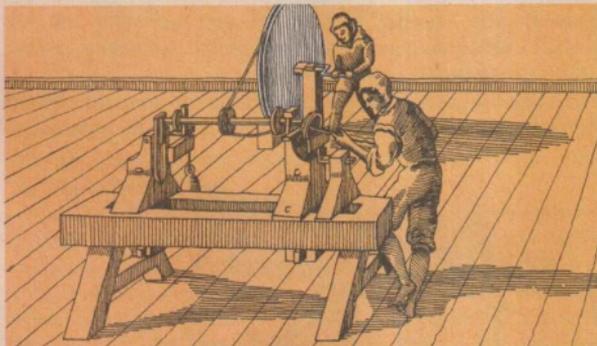
Wasser- und Windräder werden auch heute noch als Antriebsorgane für Getreidemühlen oder Sägemühlen verwendet (Bilder 18/2, 18/3 und 19/1).

Die Möglichkeiten zur Nutzung der Wind- und Wasserkraft für den Antrieb von Maschinen sind jedoch nicht überall gegeben. Ein ausreichend starker Wind weht nicht ständig. Daher kann die Energie des Windes nur in solchen Fällen als Antriebsenergie genutzt werden, in denen der technologische Prozeß auch einmal langsamer ablaufen oder sogar wiederholt stillgesetzt (unterbrochen) werden darf, wie zum Beispiel bei Getreidemühlen oder bei kleinen Pumpstationen. Die Wasserkraft ist ebenfalls nicht überall verfügbar, wo mechanische Energie für den Antrieb von Maschinen benötigt wird. ①

Die meisten technologischen Vorgänge können nur dann verwirklicht werden, wenn dem Arbeitsorgan ständig die benötigte Energie durch das Antriebsor-



19/1 Windmühle (Ende 19. Jahrhunderts) ②



19/2 Dreherwerkstatt
(Ende des 18. Jahrhunderts)

-
- ① Vergleiche die Effektivität von Wasserrädern und Windrädern hinsichtlich
a) der kontinuierlichen Bereitstellung der Antriebsenergie (-bewegung);
b) des Herstellungsaufwandes!
 - ② Erkläre die Wirkungsweise einer römischen Wassermühle und einer Windmühle (Bilder 18/1 und 19/1) mit Hilfe einer Skizze (!Energieübertragung vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan, S. 33ff.!)
-

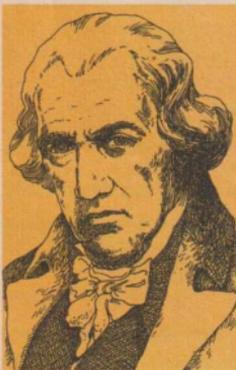
gan zur Verfügung gestellt wird. Dafür aber sind Wind- und Wasserräder nur bedingt geeignet. So wurde in der Zeit der Herausbildung kapitalistischer Manufakturen immer wieder auch auf menschliche und tierische Muskelkraft als Energieträger zurückgegriffen (Bild 19/2).

Die zunehmenden Anforderungen der Produktion führten zur Entwicklung von verbesserten, leistungsfähigeren Maschinen (z. B. Spinnmaschinen, Maschinenwebstühlen), die anfangs noch mit Wasserkraft und zum Teil mit menschlicher Muskelkraft angetrieben werden konnten. Als jedoch immer mehr Fabriken entstanden und mehr Maschinen in ihnen konzentriert wurden, genügte die althergebrachte Antriebsweise nicht mehr. Die kapitalistische Produktionsweise forderte Antriebsorgane, die kontinuierlich die erforderliche Energie für den technologischen Vorgang bereitstellten. Dazu war es notwendig, neue technische Lösungen mit bisher noch nicht genutzten Energieträgern zu erschließen.

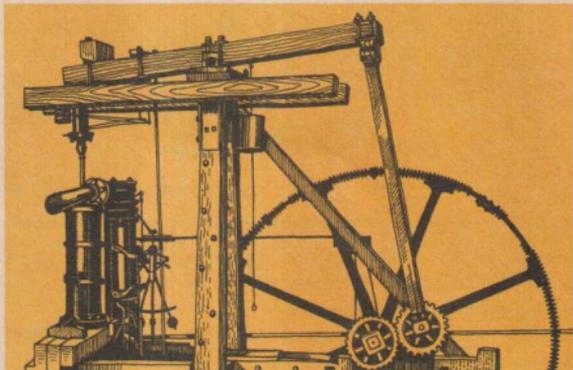
Dampfmaschine, Verbrennungsmotor und Elektromotor als Antriebsorgane. Mit der Erfindung und ständigen Vervollkommnung der **Dampfmaschine** verfügte die sich entwickelnde kapitalistische Industrie am Ausgang des 18. Jahrhunderts über ein Antriebsorgan mit großer Leistung, das zu beliebiger Zeit und am beliebigen Ort einsetzbar war (/ Kolbendampfmaschinen, Ph i Üb, S. 102). Die festen Brennstoffe als Energieträger konnten kontinuierlicher bereitgestellt werden als Wind- und Wasserkraft.

Erste dampfgetriebene Pumpen gelangten im Jahre 1740 in englischen Steinkohlenschächten zum Einsatz, wo sie für die Schachtentwässerung genutzt wurden. Diese Maschinen hatten jedoch noch wesentliche technische Mängel. Sie liefen nicht kontinuierlich, die Arbeitsgänge waren durch lange Pausen unterbrochen. Erst im Jahre 1784 wurde das Wirkprinzip der Dampfmaschine durch James Watt so weit verbessert, daß sie kontinuierlich Energie bereitstellte und nunmehr als Antriebsorgan für einzelne Maschinen bzw. ganze Gruppen von Maschinen verwendet werden konnte (Bilder 20/1 und 20/2).

Der Einsatz von Dampfmaschinen in den verschiedenen Produktionszweigen führte zu einem gewaltigen Aufschwung der kapitalistischen Produktion. Es entstanden



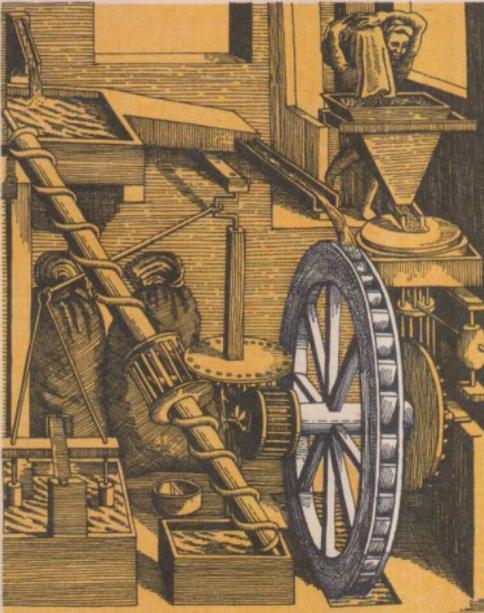
20/1 James Watt
(1736 bis 1819)



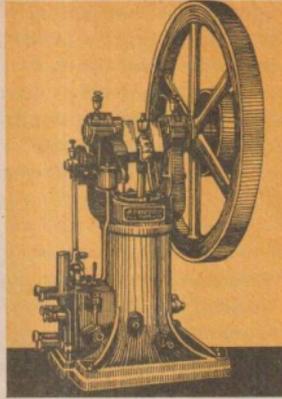
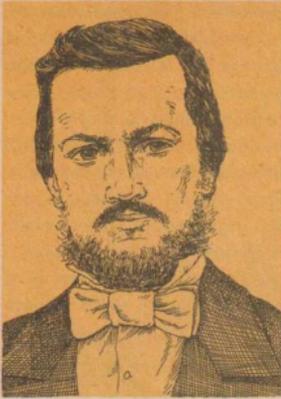
20/2 Dampfmaschine von James Watt

zugleich neue Bedingungen für die kapitalistische Ausbeutung der arbeitenden Menschen. Sogar Kinder wurden zur Maschinenarbeit herangezogen. Die voranschreitende Mechanisierung der industriellen Produktion in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erforderte neue und bessere Antriebsorgane. Die Dampfmaschine konnte die wachsenden Anforderungen der kapitalistischen Industrie nicht mehr erfüllen. Ihre große Eigenmasse und der niedrige Wirkungsgrad (η Wirkungsgrad, Ph i Üb, S. 105) sowie die geringe Betriebsbereitschaft erwiesen sich als wesentliche technische Mängel. Konstruiert man kleine, für den Einzelantrieb von Maschinen einzusetzende Dampfmaschinen, verringert sich der Wirkungsgrad, d. h. je kleiner eine Dampfmaschine, um so unwirtschaftlicher ist sie. Denn das Verhältnis zwischen Anschaffungs- und Betriebskosten einerseits und der Nutzleistung andererseits wird immer ungünstiger. Es entstand die gesellschaftliche Notwendigkeit, nach neuen, wirtschaftlicheren Antriebsorganen zu suchen. ① ②

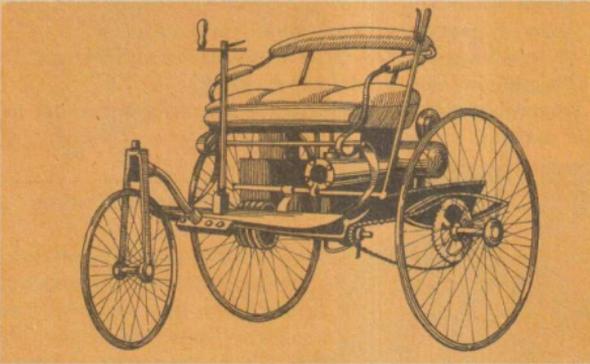
- ① Verschaffe dir einen Überblick über die industrielle Revolution des 18. bis 19. Jahrhunderts in England und weise anhand der Entwicklung von Maschinen nach, daß den wesentlichen Erfindungen ein gesellschaftliches Bedürfnis zugrunde liegt!
- ② Bis etwa zum Beginn des 19. Jahrhunderts versuchten viele Forscher, ein Perpetuum mobile zu konstruieren (η Perpetuum mobile, Ph i Üb, S. 102). Begründe, warum das Wirkprinzip der vorgeschlagenen Wasserradmaschine in Bild 21/1 einen Denkfehler enthält!



21/1 Entwurf einer Wasserradmaschine (1661)



22/1 Nikolaus August Otto (1832 bis 1891)
22/2 Einzylinder-Viertaktotomotor (1877);
Leistung etwa 40 kW



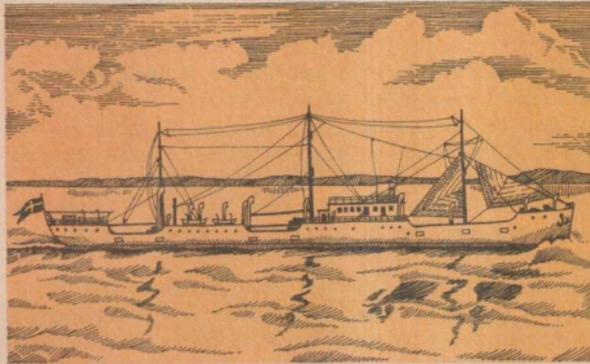
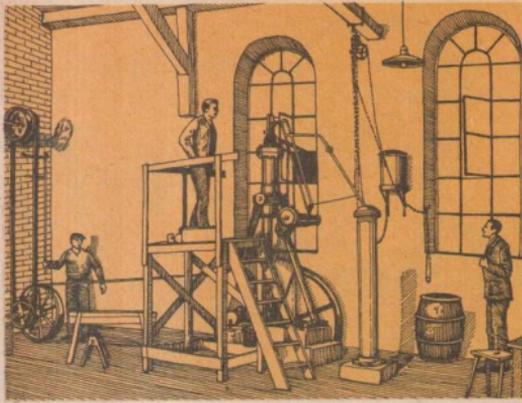
22/3 Benz-Dreiradwagen mit Ottomotor
als Antrieb (1885)

Mit dem **Verbrennungsmotor** wurde ein solches wirtschaftliches Antriebsorgan erfunden, das außerdem auch als Antriebsorgan für leichtere Fahrzeuge hervorragend geeignet war (Bilder 22/1, 22/2, 22/3, 23/1, 23/2). Die Kesselanlage konnte eingespart werden, die Energieumwandlung erfolgte im Motor selbst. ① ② ③

Verbrennungsmotoren waren aber als Antriebe für stationäre (ortsfeste) Maschinen in Fabrikhallen nur bedingt geeignet. Sie konnten wegen der Abgase entweder nur im Freien aufgestellt werden oder erforderten zur Ableitung der Verbrennungsgase ein entsprechendes Rohrleitungssystem. Da sie viel leichter als die Dampfmaschinen waren, wurden sie als Antriebsorgane für Kutschen verwendet, die Ausgangspunkt der Automobilentwicklung waren (Bild 22/3). Verbrennungsmotoren wurden in Schiffen und Lokomotiven eingesetzt (Bild 23/3).

Als Antriebsorgan für stationäre Maschinen in Werkhallen, aber auch für mobile (ortsbewegliche) Maschinen, konnte mit der Entwicklung des **Elektromotors** eine weitere günstigste technische Lösung gefunden werden.

Der englische Physiker Michael Faraday wies bereits 1821 experimentell nach, daß sich elektrische Energie in mechanische Energie umwandeln läßt.

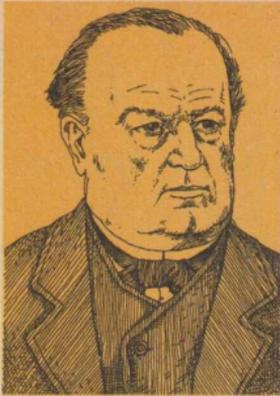


23/1 Rudolf Diesel
(1858–1913)
23/2 Laboratorium für
Diesels Motorentwick-
lung in der Maschinen-
fabrik Augsburg (1893)
23/3 Erstes Schiff mit
Dieselmotor als An-
triebsorgan (1912); Ge-
samtleistung der zwei
Dieselmotoren etwa
1 300 kW

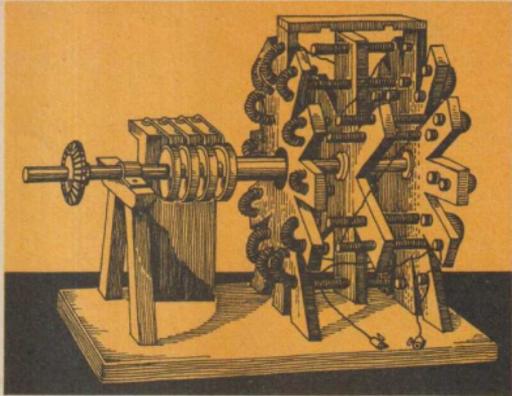
- ① Vergleiche die Betriebsbereitschaft folgender Antriebsorgane anhand der eingesetzten Energieträger (Bilder 17/3, 18/3, 19/1, 20/2 und 22/2):
Göpel, Wasserrad, Windrad, Dampfmaschine, Verbrennungsmotor!
- ② Verbrennungsmotoren haben einen bedeutend höheren Wirkungsgrad als die Dampfmaschine. († Wirkungsgrad, Ph i Üb, S. 105)!

 - a) Begründe anhand des Energieflusses in beiden Antriebsorganen diesen Sachverhalt († Wärmekraftmaschinen, Ph i Ü, S. 102)!
 - b) Welche weiteren Vorteile besitzen Verbrennungsmotoren gegenüber der Dampfmaschine?
 - c) Welche Bedeutung hat die Dampfmaschine in der Gegenwart?

- ③ a) Zeige anhand der Entwicklung einer Maschine (Schiff, Bohrmaschine, Pumpe u. a.) die im Verlaufe der Zeit eingesetzten Antriebsorgane!
b) Vergleiche die Leistungsfähigkeit, die Betriebsbereitschaft und andere Merkmale dieser Antriebsorgane!



24/1 Moritz Hermann Jacobi
(1801 bis 1874)



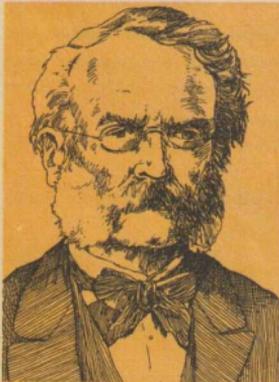
24/2 Modell des Elektromotors von Jacobi (1834)

Der erste brauchbare Elektromotor wurde 1834 von dem in Rußland wirkenden Physiker Moritz Hermann Jacobi gebaut (Bilder 24/1 und 24/2).

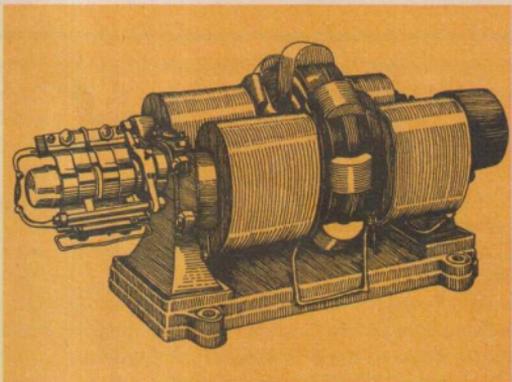
Dennoch konnte sich der Elektromotor anfangs nur schwer als Antriebsorgan von Maschinen durchsetzen. Dies lag vor allem an der unzulänglichen Bereitstellung der elektrischen Energie.

- Das erste „Elektroboot“ wurde bei seiner Versuchsfahrt auf der Newa im Jahre 1838 durch galvanische Elemente gespeist. Der Bleiakкумуляtor stand zwanzig Jahre später zur Verfügung.

Erst im Jahre 1866 gelang es Werner von Siemens, die Voraussetzung für die wirtschaftliche Erzeugung elektrischer Energie zu schaffen (7 Generatorprinzip, Φ i Üb, S. 134). Damit wurde eine entscheidende Phase der Entwicklung des Elek-



24/3 Werner von Siemens
(1816 bis 1892)

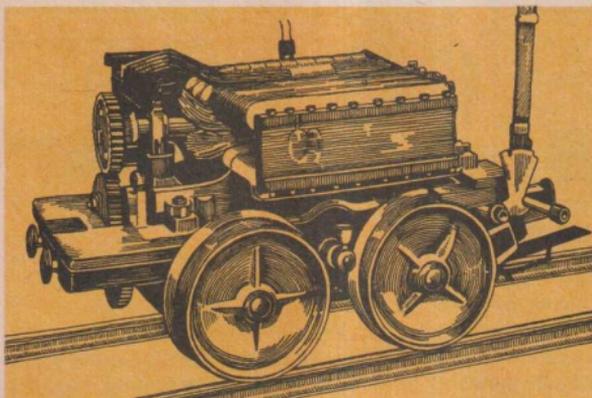


24/4 Gleichstromreihenschlußmotor von Siemens (1872)

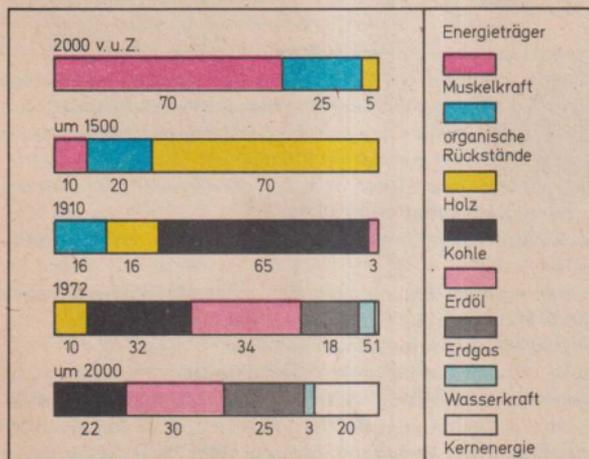
tromotors eingeleitet (Bilder 24/3 und 24/4). Der Aufbau eines weitverzweigten elektrischen Energienetzes begann.

Die Entwicklung von **Verbrennungsmotoren** und **Elektromotoren** verlief zeitlich fast parallel. In der Praxis wurde der Verbrennungsmotor überwiegend in Fahrzeugen eingesetzt, während der Elektromotor meist stationären Maschinen in Werkhallen als Antriebsorgan diente. Daß der Elektromotor auch zum Antrieb von Fahrzeugen geeignet war, wurde bereits 1881 bewiesen, als in Berlin das erste elektrisch angetriebene Fahrzeug fuhr (Bild 25/1).

Durch die Entwicklung der verschiedenen Antriebsorgane wurde die Muskelkraft von Mensch und Tier in zunehmendem Maße durch andere Energieträger ersetzt. In technisch hochentwickelten Ländern entfällt nur noch ein verschwindend geringer Anteil der insgesamt bei der Herstellung von Erzeugnissen benötigten Energie auf die Muskelkraft von Mensch und Tier (Bild 25/2).

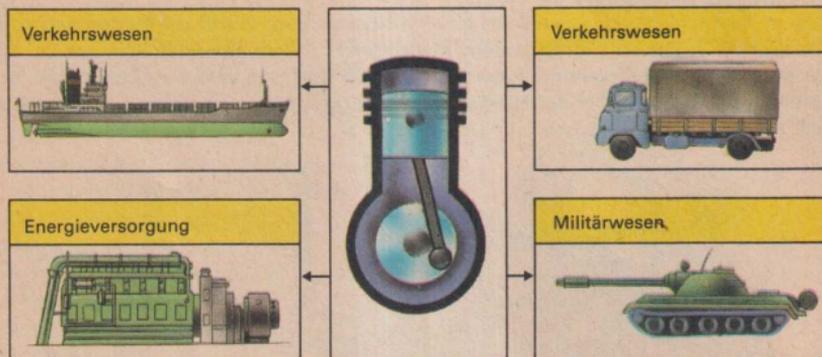


25/1 Schienenfahrzeug von Siemens mit Elektromotor auf der Berliner Gewerbeausstellung (1879)



25/2 Anteil der verschiedenen Energieträger am Gesamtaufkommen in Prozent

In unserem heutigen Industrie- und Umweltbereich dominieren im wesentlichen zwei Arten von Antriebsorganen, der Verbrennungsmotor und der Elektromotor. ① ②
Verbrennungsmotor. Verbrennungsmotoren beherrschen heute noch den Fahrzeug- und Schiffsantrieb. Sie werden bevorzugt in mobilen Maschinen verwendet (Bild 26/1).



26/1 Einsatzbereiche des Verbrennungsmotors

Verbrennungsmotoren haben einen geringen Platzbedarf. Der Energieträger (Brennstoff) kann mitgeführt und nachgetankt werden. Verbrennungsmotoren sind deshalb gerade als mobile Antriebsorgane geeignet. Sie zeichnen sich durch Anpassungsfähigkeit, ständige Betriebsbereitschaft unter allen klimatischen Bedingungen und einen günstigen Wirkungsgrad aus (Bild 28/1). Erhebliche Nachteile sind die Belastung der Umwelt durch Abgase und Lärm sowie die Abhängigkeit von flüssigen Brennstoffen. ①

Die Wartungs- und Pflegearbeiten sind im Vergleich zum Elektromotor hoch. Wartungs- und Pflegearbeiten umfassen bei Viertakt-Ottomotoren die Kontrolle des Ölstandes bzw. den Wechsel des Motorenöls nach einer bestimmten Betriebszeit. Das Kühlsystem ist zu kontrollieren und weitere notwendige Zusatzeinrichtungen, wie die elektrische Anlage, sind zu warten und zu pflegen (Säurestand im Akkumulator).
Elektromotor. Fast alle stationären Maschinen, aber auch viele mobile Maschinen, besitzen Elektromotoren als Antriebsorgan (Bild 27/1).

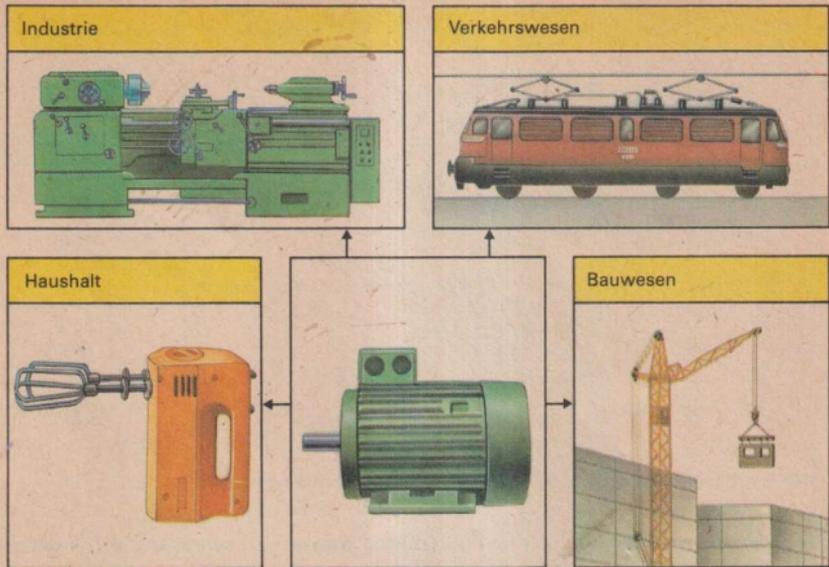
Fast 80 Prozent der Maschinen in unserer Volkswirtschaft werden von Elektromotoren angetrieben.

Ein einziger Brückenverband in einem Braunkohlentagebau der DDR benötigt etwa 1000 Elektromotoren (Bild 8/1).

Elektromotoren haben Einzug in die Medizintechnik gehalten.

Auch im Haushalt wird eine Vielzahl von Elektromotoren genutzt.

Elektromotoren sind gegenüber Verbrennungsmotoren durch ihre Laufruhe und die fehlenden Abgase besonders umweltfreundlich. Der Elektromotor besitzt einen erheblich höheren Wirkungsgrad als der Verbrennungsmotor (Bild 28/1). Daher hat es

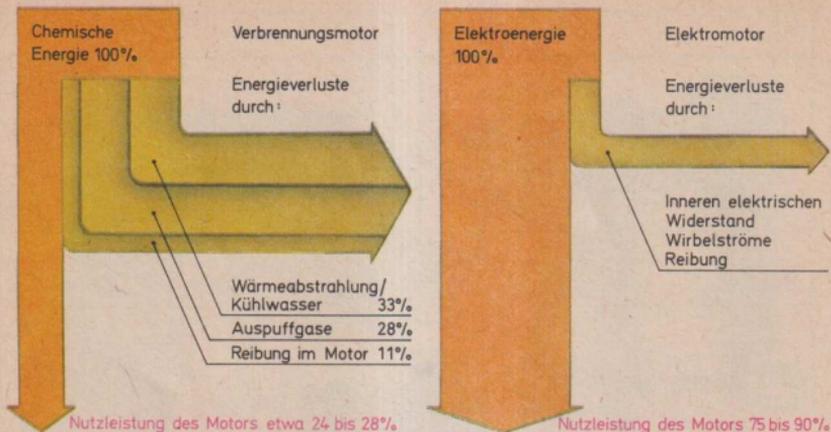


27/1 Einsatzbereiche des Elektromotors

in der zurückliegenden Zeit nicht an Versuchen gefehlt, den Elektromotor noch stärker als Antriebsorgan für Straßenfahrzeuge zu nutzen.

Da die Elektroantriebe jedoch von der aufwendigen Zuführung der elektrischen Energie, vor allem über Oberleitungen (Straßenbahn, E-Lok, O-Bus), abhängig sind, konnten sie nur begrenzt für Nutzfahrzeuge eingesetzt werden. Sie sind an einen festen Transportweg gebunden. Die Verwendung von Elektroenergiespeichern (Akumulatoren, Batterien) ermöglicht dagegen einen mobilen Fahrzeugeinsatz. Diese

- ① Der Wirkungsgrad eines Elektromotors ist wesentlich höher als der eines Verbrennungsmotors (Bild 28/1).
 - a) Begründe, warum aus heutiger Sicht in den nächsten Jahrzehnten der Einsatz des Verbrennungsmotors dennoch seine Berechtigung hat!
 - b) Nenne technische Lösungen für Verbrennungsmotoren, die darauf gerichtet sind, flüssigen Brennstoff einzusparen!
 - c) Erläutere die gesellschaftliche Notwendigkeit und technologische Lösungsmöglichkeiten, Erdöl durch andere Energieträger zu ersetzen!
 - d) Erläutere an Beispielen, wo sich eine schrittweise Ablösung des Verbrennungsmotors durch den Elektromotor anbahnt!
- ② Welche Überlegungen müssen die Konstrukteure einer Maschine anstellen, wenn sie als Antriebsorgan einen Elektromotor oder einen Verbrennungsmotor auswählen können?



28/1 Energieflußdiagramm von Elektromotor und Verbrennungsmotor

Energiespeicher haben jedoch eine erhebliche Masse und schränken damit die zu befördernde Nutzlast beträchtlich ein. Auch ist das Speichervermögen an Elektroenergie sehr begrenzt. Obwohl der Elektromotor wenig Wartung erfordert, sollte er regelmäßig gesäubert und entsprechend der Vorschrift geschmiert werden.

Entwicklungstendenzen bei Antriebsorganen

Bei Fahrzeugen, Schiffen und Flugzeugen muß neben der zu befördernden Nutzlast auch die Masse des Antriebsorgans transportiert werden. Dies macht sich besonders ungünstig bei Flugzeugen bemerkbar. Je größer die Masse des Antriebsorgans ist, um so weniger Nutzlast kann transportiert werden. Zusätzliche Brennstoffmengen werden für den Transport des Antriebsorgans erforderlich.

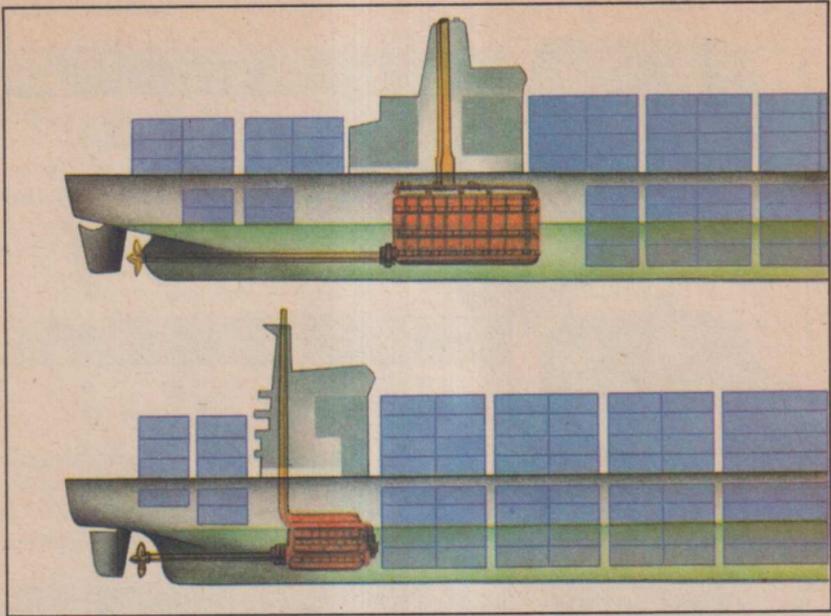
Eine der wichtigsten Anforderungen an Antriebsorgane ist daher eine geringe Masse bei hoher Leistung. Diese Forderung ergibt sich aus der Notwendigkeit, Brennstoffe und Material entscheidend einzusparen.

Das **Masse-Leistungs-Verhältnis** ist das Verhältnis der Masse des Antriebsorgans zu seiner Leistung.

Bei **Verbrennungsmotoren** streben die Konstrukteure nach höherer Leistung des Antriebsorgans bei gleichem Hubraum, kleinerer Masse, geringerem Platzbedarf und geringem Brennstoffverbrauch (Bild 29/1). ↗ ① S. 61

Im Laufe der Entwicklung konnte das Masse-Leistungs-Verhältnis des Ottomotors von

etwa $11 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}$ auf $0,95 \frac{\text{kg}}{\text{kW}}$ gesenkt werden.



29/1 Größenvergleich zwischen langsamlaufenden und schnelllaufenden Schiffsdieselmotoren

Durch Erhöhung der Motordrehzahlen und des Verdichtungsverhältnisses konnte auch bei Dieselmotoren das Masse-Leistungs-Verhältnis verbessert werden. Bild 29/1 zeigt, wie sich die Größenverhältnisse bei gleicher Leistung durch die Entwicklung von schnelllaufenden Schiffsdieselmotoren verändert haben.

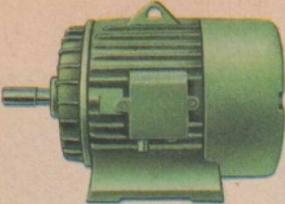
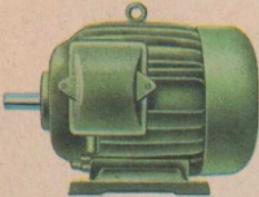
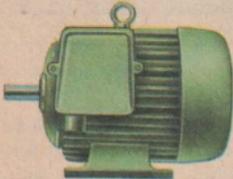
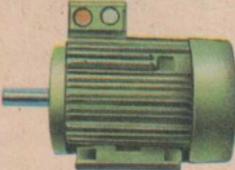
Durch den Einsatz von Leichtmetallen wie z. B. Aluminium für Motorengehäuse und Kolben wurde die Masse verringert.

Auch bei **Elektromotoren** hat sich der Einsatz von leichteren Werkstoffen massevermindernd ausgewirkt.

So wird das Motorengehäuse aus einer Aluminiumlegierung statt wie bisher aus Grauguß hergestellt.

Für die Spulenwicklungen konnte Kupfer durch Aluminium teilweise ersetzt werden (Bild 30/1). Eine weitere Masseeinsparung wurde durch verbesserte Lacke zur Isolierung der Wicklungen erreicht. ① ②

- ① Ermittle aus dem Tafelwerk die Dichte der Werkstoffe Grauguß, Kupfer und Aluminium und berechne die Masseeinsparung in Prozent, wenn statt Grauguß bzw. Kupfer Aluminium verwendet wird!
- ② Berechne das Masse-Leistungs-Verhältnis der Elektromotoren in Bild 30/1 und stelle die Entwicklung grafisch dar!
Begründe die gesellschaftliche Notwendigkeit dieser Entwicklungstendenz!

 SK 55/4 M	1952		
	Wellenhöhe	Leistung	Masse
	200 mm	10 kW	146 kg
 DMK 7/4 RC	1957		
	Wellenhöhe	Leistung	Masse
	180 mm	10 kW	130 kg
 KR 160 1/4	1964		
	Wellenhöhe	Leistung	Masse
	160 mm	10 kW	98 kg
 KMR 132 M4	1971		
	Wellenhöhe	Leistung	Masse
	132 mm	11 kW	84 kg

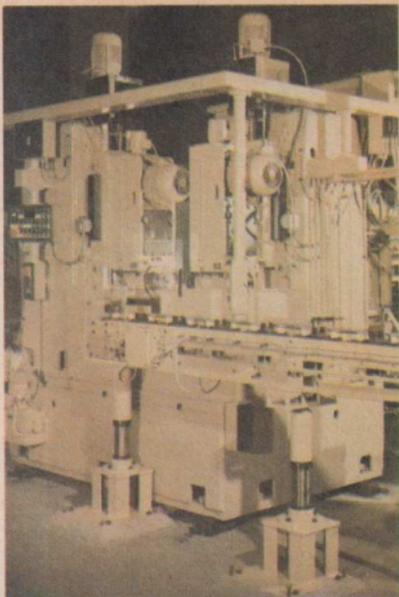
30/1 Entwicklung des Masse-Leistungs-Verhältnisses bei Elektromotoren

Die Verwendung von Leichtmetallen wurde durch weiterentwickelte technologische Verfahren möglich. So konnte beispielsweise für das Gießen der Motorengehäuse statt des traditionellen Schwerkraftgießens der Druck- oder Schleuderguß eingesetzt werden.

Einzel- und Mehrmotorenantrieb. Mit der Weiterentwicklung der Maschinen hat sich auch die Antriebsart verändert. Mit dem noch bis in die zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts verbreiteten **Gruppenantrieb** wurden mehrere Maschinen von einem Antriebsorgan angetrieben. Auch der Elektromotor wurde zuerst für den Gruppenantrieb eingesetzt. Diese Antriebsart ist aber wegen der hohen Unfallgefahr bei den komplizierten Übertragungsorganen sowie der Übertragungsverluste in der Produktion nicht mehr zu finden (Bild 23/2).

Der **Einzelantrieb** von Maschinen hat sich durchgesetzt. Bei dieser Antriebsart ist jede Maschine mit einem eigenen Antriebsorgan ausgerüstet. Diese Form des Antriebs wird in allen Bereichen der Technik und im Haushalt angewendet (Bilder 34/1, 34/2, 34/3 und 35/1).

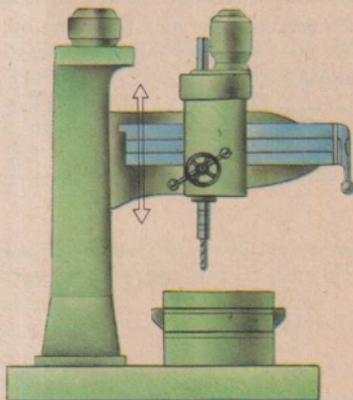
■ Vorteile des Einzelantriebs sind: leichtes Bedienen, kein unnötiger Leerlauf und beliebiger Standort der Maschine.



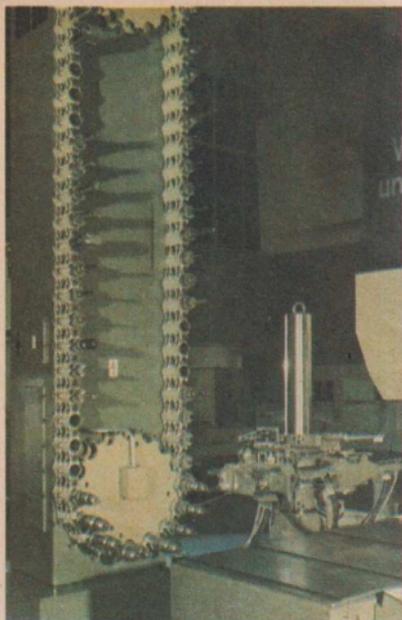
31/1 Bearbeitungszentrum mit Mehrmotorenantrieb

Um die Energieübertragung in der Maschine zu vereinfachen, werden moderne Werkzeugmaschinen und andere Maschinen mit zwei oder mehreren Motoren ausgerüstet (Bilder 31/1 und 31/2).

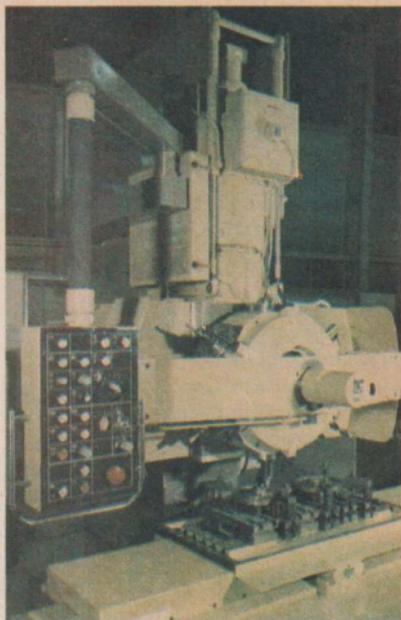
- ① Begründe, weshalb sich die Konstrukteure der Radialbohrmaschine für den Mehrmotorenantrieb entschieden haben (Bild 31/2)!
- ② Begründe, warum Waschvollautomaten mit einem Motor für die Waschtrommel und einem Motor für die Laugenpumpe ausgerüstet sind!
- ③ Warum werden Industrieroboter mit einem Mehrmotorenantrieb versehen (Bilder 14/1 und 70/1)?
- ④ Skizziere das Blockscha der Radialbohrmaschine in Bild 31/2!
- ⑤ Mit welcher Antriebsart ist das Bearbeitungszentrum in Bild 32/2 ausgerüstet? Begründe deine Antwort!



31/2 Radialbohrmaschine



32/1 Industrieroboter als Bestandteil eines Bearbeitungszentrums zum Fräsen und Bohren (VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“, Karl-Marx-Stadt)



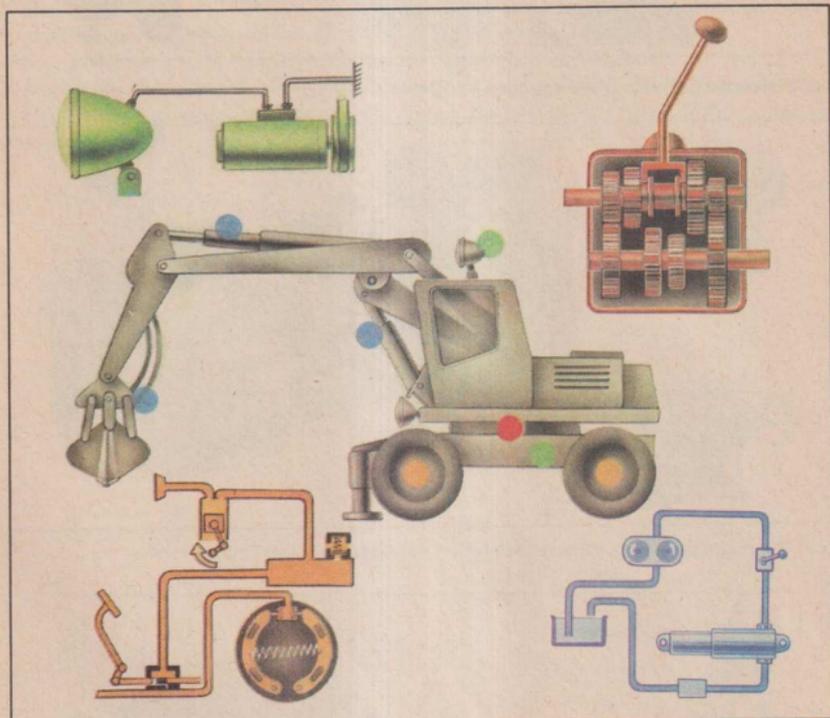
32/2 Senkrecht-Kreuzschiebetischfräsmaschine mit Sternrevolverkopf (VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert“, Karl-Marx-Stadt)

► Bei **Einzelantrieb** ist eine Maschine mit einem Antriebsorgan ausgerüstet. Besitzt eine Maschine mehrere Antriebsorgane, dann wird diese Antriebsart als **Mehrmotorenantrieb** bezeichnet. / ① ② ③ ④ ⑤ S. 31

Energieübertragung vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan

Getriebe als Übertragungsorgan

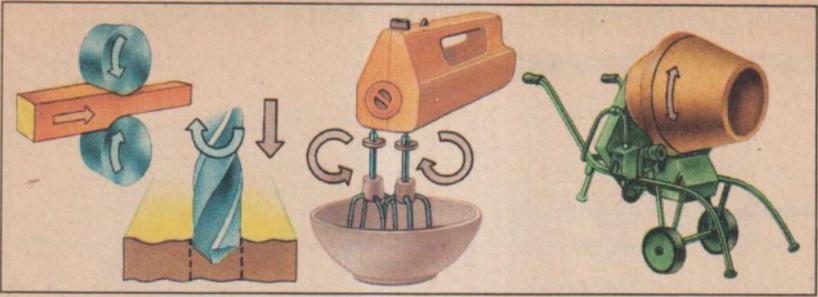
80



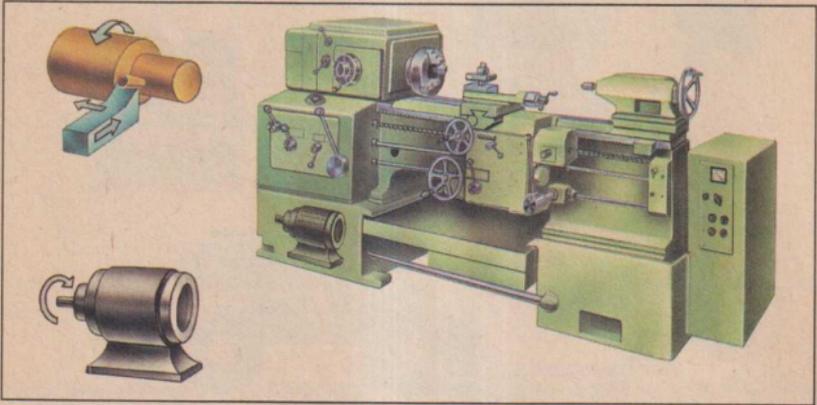
33/1 Übertragungsorgane einer Maschine

Das Walzen von Stahl, die Spanabnahme beim Bohren und Drehen, das Mischen von Beton, das Kneten von Teig oder der Transport von Gütern ist nur möglich, wenn das Arbeitsorgan oder/und der Arbeitsgegenstand die für den Bearbeitungsvorgang notwendigen Bewegungen ausführen können (Bild 34/1). Dazu ist es notwendig, die vom Antriebsorgan bereitgestellte Energie zum Arbeitsorgan zu übertragen (Bild 33/1).

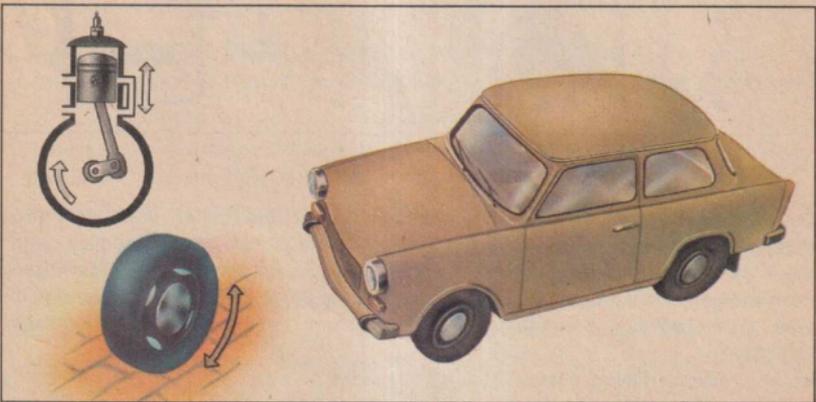
In den meisten Fällen entspricht die vom Antriebsorgan abgegebene Bewegung nicht den Bewegungen, die für den technologischen Vorgang notwendig sind (Bilder 34/2 und 34/3).



34/1 Bewegungen bei technologischen Vorgängen



34/2 Bewegungen am Antriebsorgan und am Arbeitsorgan einer Drehmaschine



34/3 Bewegungen am Antriebsorgan und am Arbeitsorgan eines Pkw

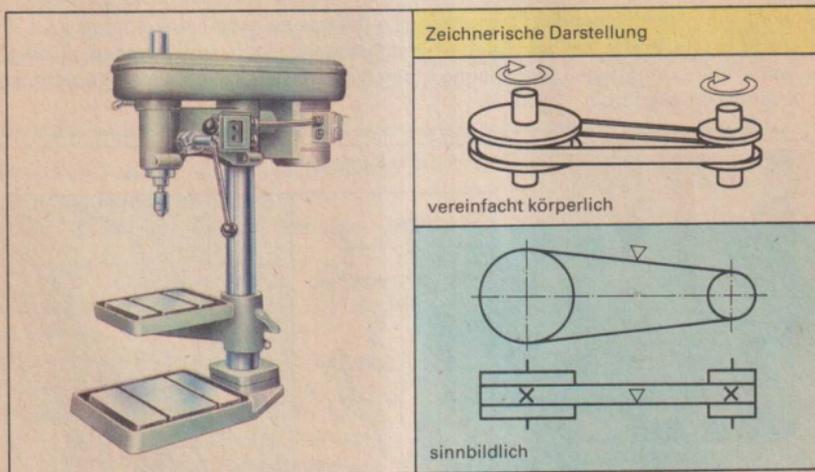
Funktionelle Anforderungen an Getriebe. Ein technologischer Vorgang erfordert ganz bestimmte, sich häufig ändernde Bewegungen. Daher ist es selten möglich, das Arbeitsorgan direkt mit dem Antriebsorgan zu verbinden. Diese Anpassung der Bewegung übernehmen **Getriebe**. ① ②

Aus den Bildern 34/2 und 34/3 wird deutlich, daß Getriebe verschiedene Funktionen zu erfüllen haben:

- Weiterleiten und Verteilen der mechanischen Energie;
- Ändern von Drehzahl und Drehsinn;
- Ändern der Bewegungsform.

► **Getriebe** sind Übertragungsorgane, die mechanische Energie weiterleiten und die Bewegungen den Erfordernissen des technologischen Vorgangs anpassen.

Ändern der Drehzahl durch Getriebe. Das Weiterleiten der mechanischen Energie verbunden mit einer Drehzahländerung ist durch verschiedene Getriebe möglich. **Keilriemengetriebe** sind kraftschlüssig (Bild 35/1). Die Kraftübertragung zwischen Riemenscheibe und Riemen erfolgt mittels der Reibungskraft.



35/1 Keilriemengetriebe einer Tischbohrmaschine

- ① Die Energieübertragung vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan erfolgt bei einer Wäscheschleuder **ohne** Getriebe, bei einer Waschmaschine dagegen **mit** Getriebe. Nenne weitere Beispiele für diese Formen der Energieübertragung!
- ② Das Antriebsorgan liefert für den jeweiligen technologischen Vorgang eine Drehbewegung mit meistens konstanter Drehzahl und unveränderlichem Drehsinn (Bilder 34/2 und 34/3). Gib an, wie die Antriebsbewegung durch das Übertragungsorgan an den jeweiligen technologischen Vorgang angepaßt wird!

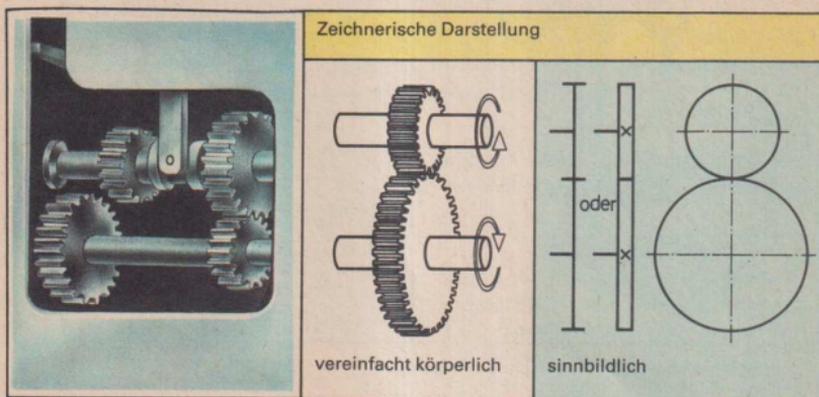
Keilriemengetriebe werden eingesetzt,

- wenn ein elastischer Anlauf erfolgen soll;
- wenn die Drehbewegung bei großen Wellenabständen übertragen werden muß;
- um bei Überlastung nachfolgende Bauteile vor Zerstörung zu schützen (durch Rutschen des Keilriemens). ① ② ③

Anwendung von Keilriemengetrieben	Funktion
Drehmaschine	Weiterleiten der Energie vom Elektromotor zum Stirnradgetriebe
Kreissäge	... vom Elektromotor zur Kreissägewelle
Kraftfahrzeug	... vom Verbrennungsmotor zur Lichtmaschine (Bild 33/1)

Stirnradgetriebe sind formschlüssig (Bild 36/1). Die Kraftübertragung zwischen den Zahnrädern wird durch Formschluß und ohne Kraftwirkung erreicht. Sie werden eingesetzt,

- wenn ein gleichbleibendes Übersetzungsverhältnis eingehalten werden soll;
- wenn große Kräfte bei geringen Wellenabständen übertragen werden müssen,
- wenn Drehbewegungen zwangläufig (ohne Rutschen wie beim Keilriemengetriebe) übertragen werden. / ② S. 39



36/1 Stirnradgetriebe einer Drehmaschine

Anwendung von Stirnradgetrieben	Funktion
Drehmaschine	Ändern der Drehzahl der Arbeitsspindel (Bild 47/1)
Moped	Ändern der Drehzahl der Motorwelle (Bild 50/2)
Kran	Ändern der Drehzahl der Seiltrommel (Bild 45/1)

Die **Drehzahländerung** in Keilriemen- und Stirnradgetrieben wird durch die Paarung von Rädern mit unterschiedlichem Durchmesser erreicht (Bilder 35/1 und 36/1).

	Riemengetriebe	Stirnradgetriebe
Gleichlauf		
Gegenlauf		

37/1 Drehsinnänderung durch Getriebe 7 (1) S. 39

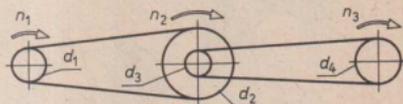
- ① Ein Riemengetriebe soll die Drehbewegung sicher übertragen. Welche Bedingungen müssen gegeben sein?
- ② Bestimme für das Riemengetriebe in Bild 37/2 die Durchmesser d_2 , d_3 und das Übersetzungsverhältnis i_{ges} (f. S. 46)!
- ③ Bild 37/3 zeigt eine Bohrmaschine vom Typ BT 10.

a) Welche Funktion haben die gekennzeichneten Teile?

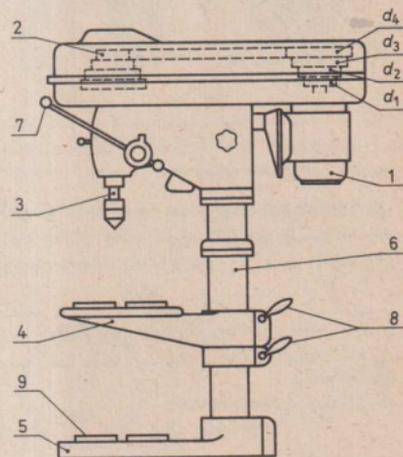
b) Skizziere ein Blockschema dieser Bohrmaschine und kennzeichne darin den Energiefluß vom Antriebsorgan bis zur Wirkstelle!

c) Bestimme die einstellbaren Drehzahlen der Bohrspindel, wenn folgende konstruktive Angaben vorliegen (f. S. 46):
 Drehzahl der Motorwelle $n_1 = 1420 \text{ min}^{-1}$;
 Durchmesser der Riemenscheiben auf der Antriebswelle und der entsprechenden Riemenscheiben auf der Bohrspindel

$d_1 = 55 \text{ mm}$, $d_2 = 73 \text{ mm}$, $d_3 = 102 \text{ mm}$,
 $d_4 = 129 \text{ mm}$!



37/2 Riemengetriebe

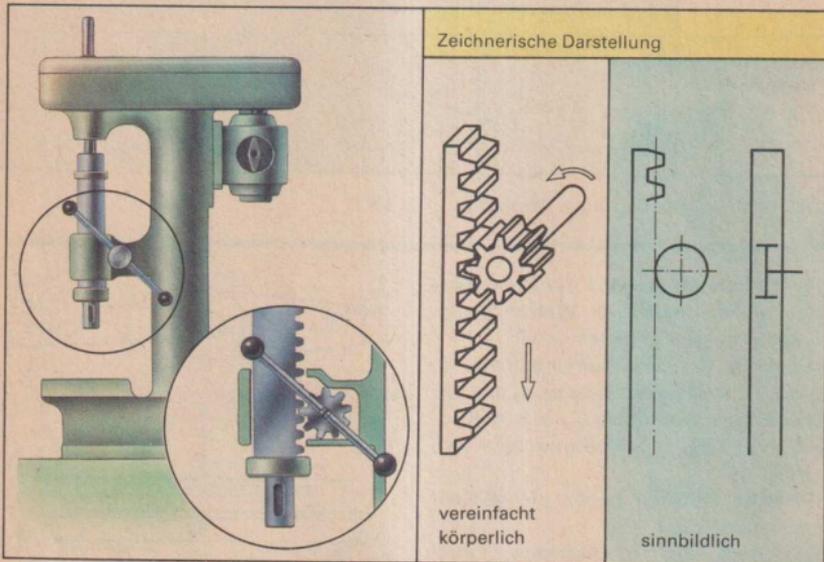


37/3 Tischbohrmaschine BT 10

Ändern des Drehsinns durch Getriebe. Beim Weiterleiten der Energie kann der Drehsinn der Bewegung geändert werden (Bild 37/1).

Ändern der Bewegungsform durch Getriebe. Erfordert der technologische Vorgang eine geradlinige Bewegung, z. B. die Vorschubbewegung beim Bohren oder Drehen oder die Schnittbewegung beim Sägen (Bild 40/2), dann muß das Getriebe die Drehbewegung am Antriebsorgan ändern.

► **Zahnstangengetriebe, Schraubenge triebe und Schubkurbelgetriebe** ändern die Bewegungsform (Bilder 38/1, 40/1 und 40/2).



38/1 Zahnstangengetriebe einer Tischbohrmaschine

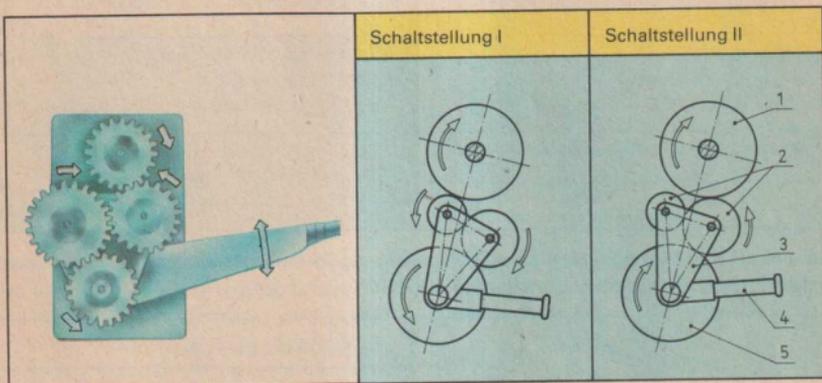
Zahnstangengetriebe ändern eine Drehbewegung in eine geradlinige Bewegung oder umgekehrt. Hierbei wird die Zahnstange — wie bei einem Stirnradgetriebe (Bild 36/1) — durch Formschluß vom treibenden Zahnrad mitgenommen (Bild 38/1).

Anwendung von Zahnstangengetrieben	Funktion
Pkw-Trabant (Zahnstangenlenkgetriebe)	Ändern der Drehbewegung des Lenkrades in geradlinige Bewegung der Lenkschubstange
Membranmanometer (/ Ph i Ü b, S. 84)	Ändern der geradlinigen Bewegung der Membran in Drehbewegung des Zeigers

Schraubengertriebe ändern eine schnelle Drehbewegung in eine langsame geradlinige Bewegung (Bild 40/1). Dabei erfolgt eine Kraftumformung. ③

► **Schraubengertriebe** dienen zur Übertragung großer Kräfte.

- ① Bestimme die Durchmesser bzw. die Zähnezahlen der in Bild 37/1 dargestellten Getriebe, wenn folgende Übersetzungsverhältnisse erforderlich sind (*l* S. 46):
- $i = 1 : 1$
 - $i = 1 : 2$
 - $i = 3 : 1$
- ② Das Getriebe in Bild 39/1 ist ein Übertragungsorgan von Drehmaschinen älterer Bauart.
- Berechne für das Getriebe die Abtriebsdrehzahl n_4 in Schaltstellung I und II und vergleiche jeweils mit n_1 (*l* S. 46):
 - Welche Funktion hat das Getriebe?
 - Welches Bauelement muß wie verändert werden, damit $n_1 < n_4$?



39/1

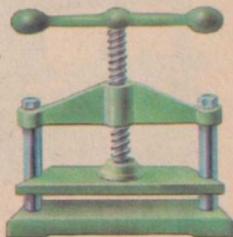
1 Antriebsrad ($n_1 = 50 \frac{1}{\text{min}}$, $z_1 = 100$)

2 Zwischenräder ($z_2 = 20$, $z_3 = 40$)

3 Herzstück

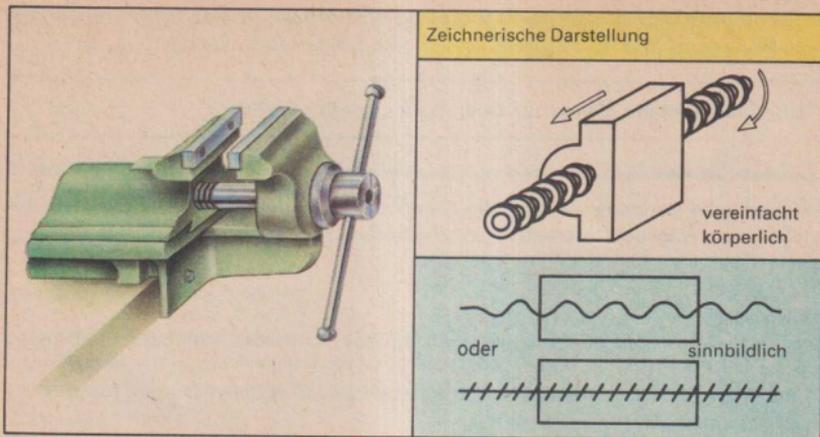
4 Schalthebel

5 Abtriebsrad ($n_4 = ?$, $z_4 = 100$)



39/2 Buchbinderpresse

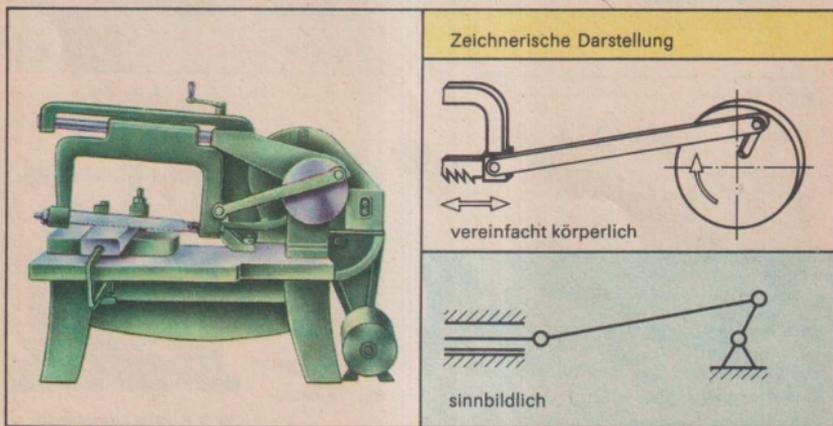
- ③ Beschreibe an der Buchbinderpresse in Bild 39/2 die Änderung der Bewegung! Warum wird hier ein Schraubengertriebe eingesetzt?



40/1 Schraubengetriebe eines Schraubstocks

Anwendung von Schraubengetrieben	Funktion
Spindelpresse	Übertragen großer Kräfte; Ändern der Antriebsbewegung in die geradlinige Bewegung des Stempels
Leitspindel einer Drehmaschine	Ändern der Antriebsbewegung in die geradlinige Bewegung des Werkzeugschlittens

Schubkurbelgetriebe ändern eine Drehbewegung in eine geradlinige hin- und hergehende Bewegung oder umgekehrt (Bild 40/2).



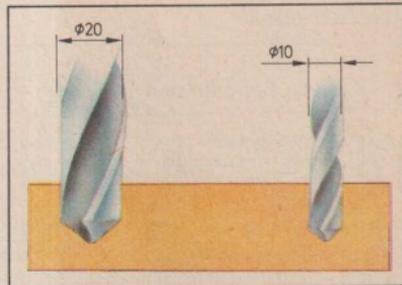
40/2 Schubkurbelgetriebe einer Maschinenbügelsäge

Anwendung des Schubkurbelgetriebes	Funktion
Ottomotor	Ändern der geradlinigen Bewegung des Kolbens in eine Drehbewegung der Motorwelle
Kurbelpresse	Ändern der Drehbewegung der Motorwelle in eine geradlinige Bewegung des Stempels

Ändern des Drehmoments durch Getriebe

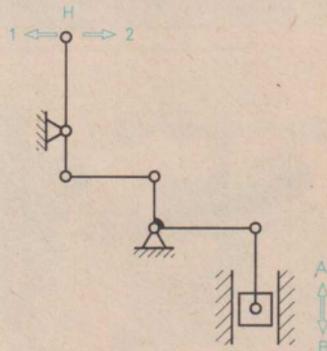
Bei spanenden Fertigungsverfahren sind unter anderem die Schnittgeschwindigkeit, die Vorschubgeschwindigkeit, der Werkstoff des Werkstücks und des Werkzeugs bestimmende Faktoren des Bearbeitungsvorganges.

- Werden bei gleichem Werkstoff und bei gleichem Vorschub Bohrungen mit unterschiedlichem Durchmesser eingebracht, so sind unterschiedliche Kräfte erforderlich (Bild 41/1), da bei einer Umdrehung des Bohrers mit 20 mm Durchmesser eine größere Spanabnahme als beim Bohrer mit 10 mm Durchmesser erfolgt. Das Antriebsorgan der Bohrmaschine gibt eine bestimmte Leistung P ab. Die erforderliche Kraftumformung muß durch Getriebe vorgenommen werden.



41/1 Bohren eines Werkstücks

- Bei einer Maschinenbügelsäge (Bild 40/2) und bei einem Pochwerk (Bild 18/3) wird die drehende Antriebsbewegung in eine geradlinige Arbeitsbewegung geändert.
 - Nenne Beispiele, wo eine Bewegungsänderung von geradlinig nach drehend erforderlich ist!
 - Wovon hängt die Drehzahl bei Bewegungsänderung durch Schubkurbelgetriebe ab?
- Skizziere Möglichkeiten, wie bei einer Maschinenbügelsäge die Hublänge verändert werden kann (Bild 40/2)!
- Ermittle experimentell die Hublänge s eines Schubkurbelgetriebes in Abhängigkeit von Kurbelradius r !
- Bestimme die Bewegungsrichtung des Hebels H in Bild 41/2, damit sich der Maschinentisch in Richtung A bzw. in Richtung B bewegt!



41/2 Bewegungsübertragung durch Hebel

Aus dem Physikunterricht ist bekannt, daß für die mechanische Leistung bei einer geradlinigen gleichförmigen Bewegung eines Körpers gilt (l Leistung, Ph i Üb, S. 78):

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

Übertragen auf die Drehbewegung und für $Z = 1$ Umdrehung setzt man für den Weg s den Kreisumfang $u = 2 \cdot \pi \cdot r$ und erhält

$$P = \frac{F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot Z}{t}$$

Der Quotient $\frac{Z}{t}$ ist die Drehzahl n .

Die **Drehzahl** n ist die Anzahl Z der Umdrehungen, die ein rotierender Körper um eine feste Achse in einer bestimmten Zeit t ausführt.

$$n = \frac{Z}{t}$$

Einheiten der Drehzahl sind $\frac{1}{s}$ und $\frac{1}{\text{min}}$.

Damit erhält man

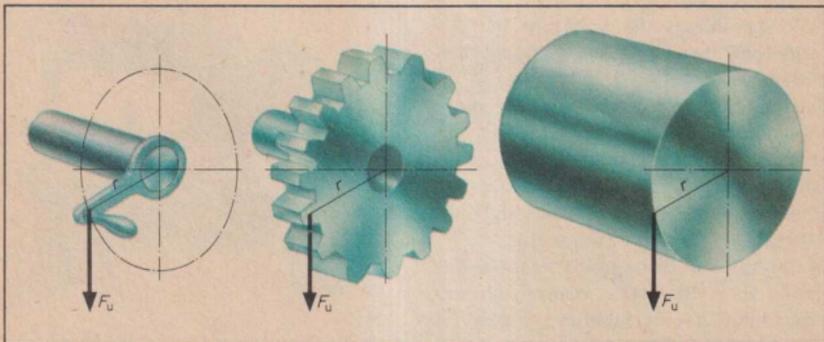
$$P = F \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$$

Drehmoment. Verdeutlicht man sich die Kraftwirkung an drehbar gelagerten Maschinenteilen, so erkennt man einen **Hebel** (Bild 42/1, l Ph i Üb, S. 75).

Greift an einem drehbar gelagerten Maschinenteil eine Kraft **tangential** an, dann wird das Maschinenteil gedreht. Es wirkt ein Drehmoment.

Eine am Umfang eines Rades angreifende Kraft wird als **Umfangskraft** F_u bezeichnet (Bild 42/1).

Einheit der Kraft ist 1 N (Newton).



42/1 Hebel an rotierenden Maschinenteilen

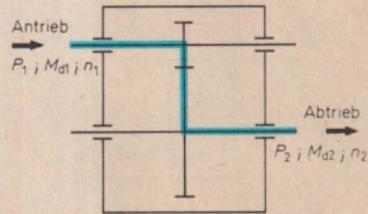
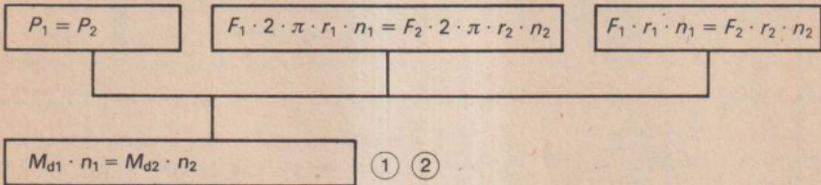
Das **Drehmoment** M_d ist das Produkt aus einer Kraft F_u und dem senkrechten Abstand r ihrer Wirkungslinie vom Drehpunkt.

$$M_d = F_u \cdot r$$

Einheit des Drehmoments ist $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ (Newtonmeter).

Die vom Antriebsorgan abgegebene Leistung liegt an der Antriebswelle als Produkt aus Drehmoment, Drehzahl und dem Faktor 2π an. Das am Arbeitsorgan erforderliche Drehmoment und die Drehzahl stimmen in den meisten Fällen jedoch nicht mit dem Drehmoment und der Drehzahl am Antriebsorgan überein. Eine Anpassung durch Getriebe ist erforderlich.

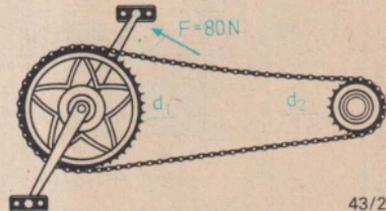
Anpassen des Drehmoments und der Drehzahlen durch Getriebe. Bei der weiteren Betrachtung des Getriebes wird von einem einstufigen Rädergetriebe ausgegangen, dessen Wirkungsgrad η mit 1 angenommen wird (η Wirkungsgrad, Ph i Üb, S. 77). Die zugeführte und die abgegebene Leistung sind dann gleich groß (Bild 43/1). Unter dieser Voraussetzung gilt (η S. 42, Bild 44/1):



43/1 Energiefluß in einem Rädergetriebe

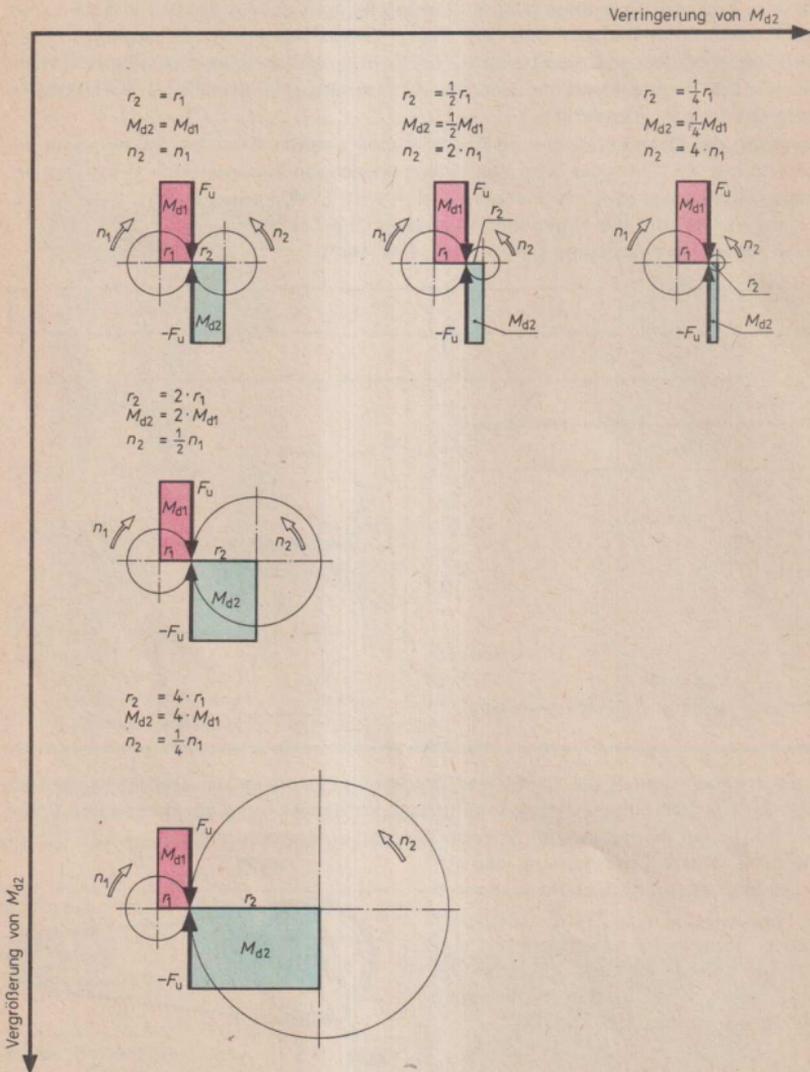
- ① Ermittle experimentell die Größe des Drehmoments M_d an der Abtriebswelle bei unterschiedlichen Übersetzungsverhältnissen im Getriebe und bei konstantem Drehmoment an der Antriebswelle! Skizziere die Versuchsanordnung!
- ② Wie groß ist das Drehmoment, das auf das kleine Kettenrad (d_2) wirkt, wenn sich die Durchmesser wie $\frac{d_1}{d_2} = \frac{3}{1}$ verhalten?

Die Kurbellänge beträgt 165 mm . Der Durchmesser des großen Kettenrades beträgt $d_1 = 240 \text{ mm}$ (Bild 43/2).

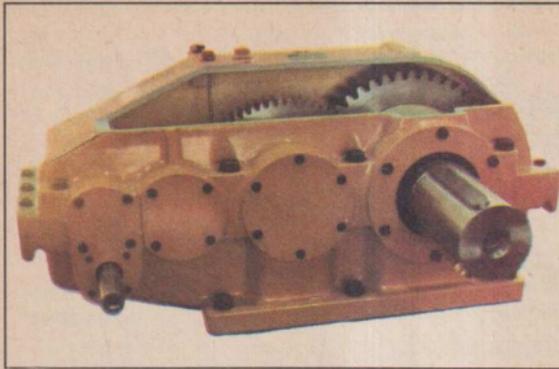


43/2

Die Größe der einzelnen Zahnräder und Wellen und damit die konstruktive Gestaltung der Getriebe richtet sich nach den maximal zu übertragenden Drehmomenten (Bild 45/1). ① ② ③



44/1 Änderung des Drehmoments durch Ändern des Übersetzungsverhältnisses



Technische Daten:

Wellendurchmesser der
Antriebswelle: 35 mm;
Wellendurchmesser der
Abtriebswelle: 125 mm;
Antriebsdrehzahl:
 $950 \frac{1}{\text{min}}$;
Abtriebsdrehzahl:
 $7,6 \frac{1}{\text{min}}$;
Antriebsleistung
bei $950 \frac{1}{\text{min}}$: 8,753 kW;
Abtriebsdrehmoment:
11 000 N · m;
Wirkungsgrad: 0,96

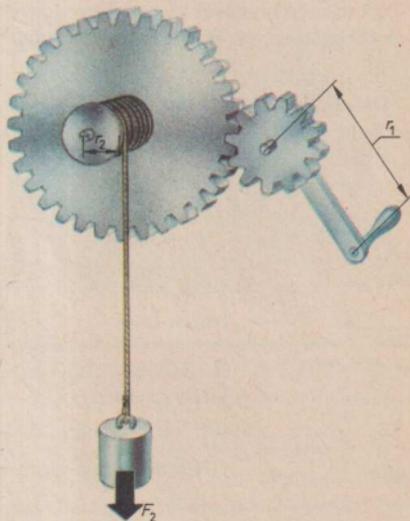
45/1 Krangetriebe

Konstruktive Gestaltung von Stirnradgetrieben

Bezeichnungen am Stirnrad. Eine Änderung des Drehmoments M_d ist abhängig von der Änderung des Durchmessers des Stirnrades (Bild 44/1). Bei einer Riemenscheibe oder einem Reibrad ist das Ermitteln des Durchmessers einfach. Schwieriger ist es bei einem Zahnrad, da hier mehrere Durchmesser auftreten (Bild 46/1).

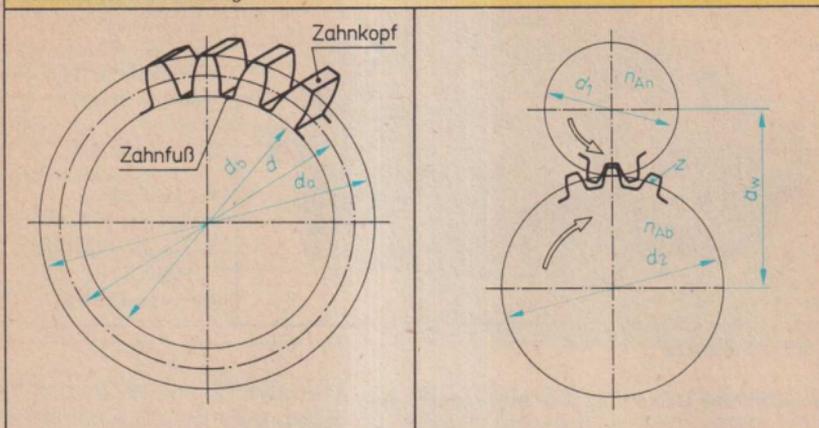
10

- ① a) Berechne das Übersetzungsverhältnis des Krangetriebes (Bild 45/1)!
- b) Wie groß ist das Antriebsdrehmoment?
- c) Warum ist der Durchmesser der Abtriebswelle wesentlich größer als der Durchmesser der Antriebswelle?
- ② Mit der Seilwinde in Bild 45/2 soll ein Werkstück gehoben werden ($F_2 = 2\,400\text{ N}$).
 - a) Welche Muskelkraft muß ein Werk­tätiger aufbringen, wenn der Kurbelradius 400 mm, der Radius der Seiltrommel 150 mm und das Übersetzungsverhältnis der Zahnräder 6 betragen?
 - b) Wie müßte das Übersetzungsverhältnis geändert werden, um eine noch größere Last heben zu können?
- ③ Stelle die Änderung des Drehmoments M_d durch Ändern des Übersetzungsverhältnisses i in einem Diagramm dar! Gehe dabei von Bild 44/1 aus!



45/2 Seilwinde

Zeichnerische Darstellung



46/1 Größen am Stirnrad und Stirnradgetriebe

d — Teilkreisdurchmesser	d_a — Kopfkreisdurchmesser
d_f — Grundkreisdurchmesser	z — Zähnezahl
n — Drehzahl	a_w — Wellenabstand
i — Übersetzungsverhältnis	

Für Berechnungen am Stirnradgetriebe und zur zeichnerischen Darstellung ist der Teilkreisdurchmesser d von besonderer Bedeutung. Er ist vergleichbar mit dem Durchmesser von Riemenscheiben oder Reibrädern (Bild 37/1).

- Der **Teilkreis** d ist der gedachte Kreis zwischen Zahnfuß und Zahnkopf eines Zahnrades. Sein Durchmesser dient zur Berechnung von Übersetzungsverhältnissen (Bild 46/1).

Übersetzungsverhältnis	Verhältnis von
$i = \frac{n_1}{n_2}$	Drehzahlen
$i = \frac{z_2}{z_1}$	Zähnezahlen
$i = \frac{d_2}{d_1}$	Teilkreisdurchmessern
$i = \frac{M_{a2}}{M_{a1}}$	Drehmomenten

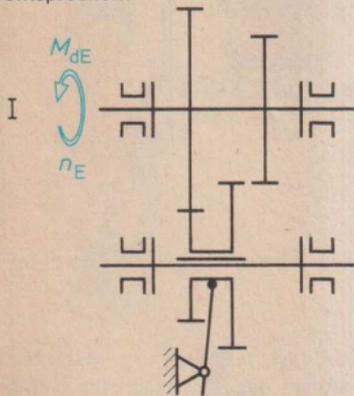
Durch die Paarung von Zahnrädern mit unterschiedlichen Teilkreisdurchmessern lassen sich entsprechend den zu erfüllenden Aufgaben unterschiedliche Abtriebsdrehzahlen erreichen. Das Übersetzungsverhältnis i kann also über die Teilkreisdurchmesser bestimmt werden.

Bei Stirnradgetrieben verhalten sich die Drehzahlen umgekehrt proportional wie die zugehörigen Teilkreisdurchmesser, Zähnezahlen und Drehmomente.

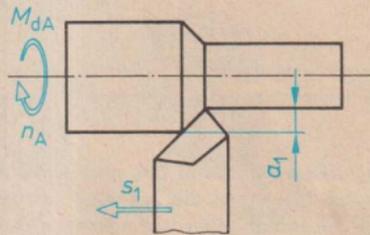
Die beim Bohren aufzubringenden Kräfte sind infolge der wechselnden Anforderungen des technologischen Prozesses unterschiedlich (/ S. 41).

Daher muß das vom Antriebsorgan abgegebene Drehmoment diesen Anforderungen angepaßt werden. Bei Bohrmaschinen werden dazu u. a. Stufenscheiben oder schaltbare Stirnradgetriebe verwendet (Bild 48/1). ①

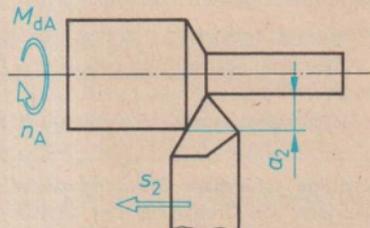
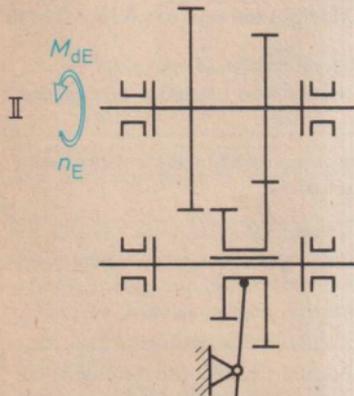
- ① In Drehmaschinen werden zur Anpassung der Drehzahl an die Anforderungen des Bearbeitungsvorganges schaltbare Stirnradgetriebe eingesetzt (Bild 47/1).
- a) Begründe die gewählten Schaltstellungen des Stirnradgetriebes!
 - b) Überprüfe deine Begründung experimentell an einem Modell des Schaltgetriebes!
 - c) Welche Schaltstellung könnte dem ersten Getriebegang eines Kleinkraftrades entsprechen?

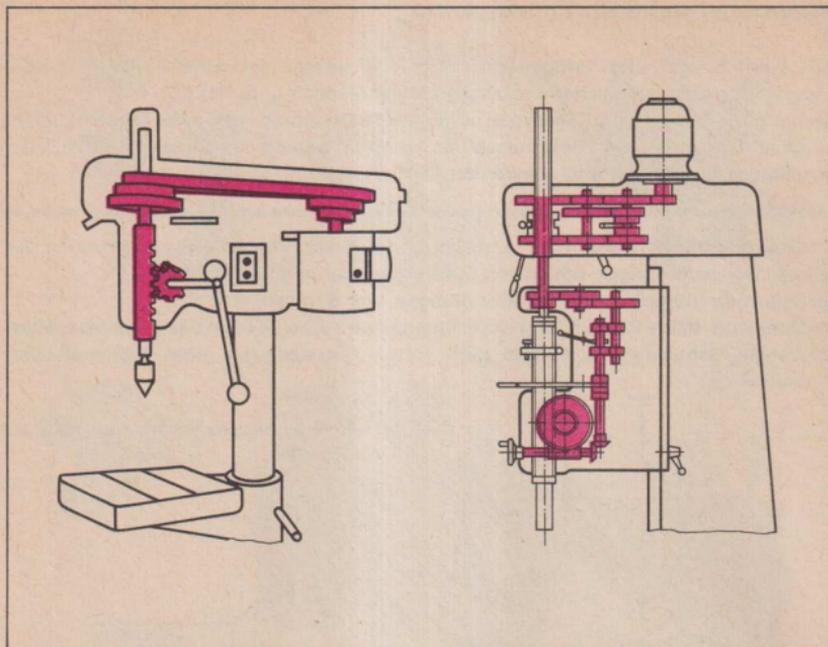


47/1 Unterschiedliche Schaltstellungen eines Stirnradgetriebes



Vorschub : $s_1 = s_2$
Spantiefe : $a_1 < a_2$





48/1 Bohrmaschinen mit verschiedenen Getrieben

Schaltgetriebe werden in Drehmaschinen, Kranen, Lkw, Traktoren u. a. Maschinen eingesetzt. Sie haben die Aufgabe, das Drehmoment des Antriebsorgans den jeweiligen technologischen Anforderungen anzupassen (Bilder 47/1, 48/1 und 49/1):

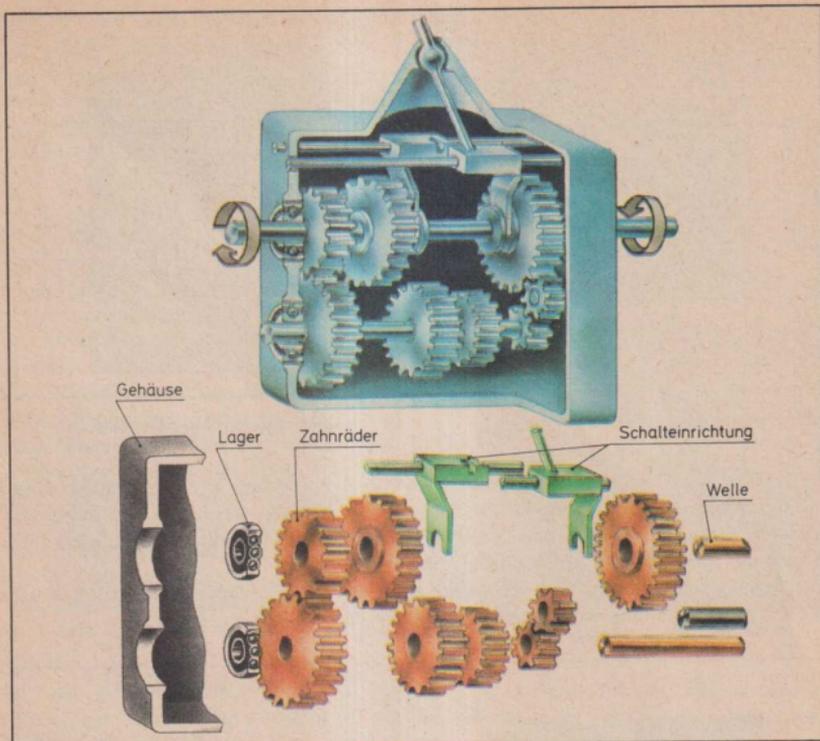
- — bei Kraftfahrzeugen verschiedene Fahrgeschwindigkeiten und das Rückwärtsfahren;
- bei Drehmaschinen verschiedene Drehzahlen (Schnittgeschwindigkeiten);
- bei Kranen unterschiedlich große Kräfte zum Heben von Lasten zu ermöglichen.

- ▶ **Schaltgetriebe** stellen unterschiedliche Übersetzungsverhältnisse entsprechend den Anforderungen des technologischen Vorgangs her.

Da $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{d2}}{M_{d1}}$ ist, hat eine Drehzahländerung gleichzeitig die erwünschte

Änderung des Drehmoments zur Folge († S. 46).

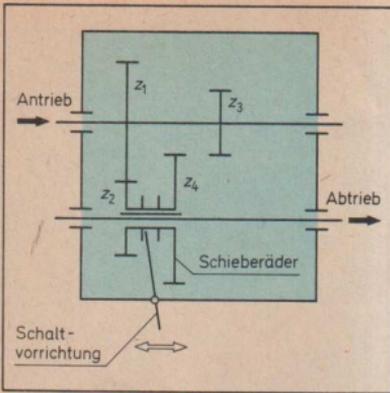
- ▶ **Mehrstufige schaltbare Stirnradgetriebe** ermöglichen große Drehzahlbereiche, das Ändern des Drehsinns, das Übertragen und Ändern von Drehmomenten (Bild 49/1). ①



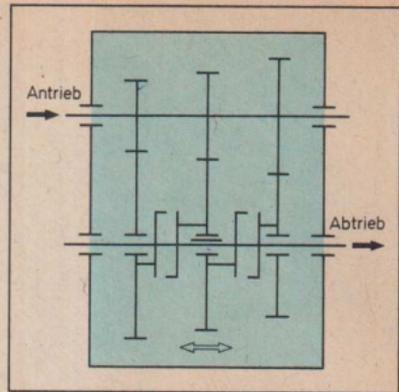
49/1 Bauteile eines mehrstufigen schaltbaren Getriebes

Der Schaltvorgang wird über eine Schaltvorrichtung von außen vorgenommen. Er erfolgt vorwiegend durch Schiebe- oder Kuppelräder (Bilder 50/1 und 50/2). Bei Schieberadgetrieben sind die Zahnräder auf der einen Welle verschiebbar, auf der anderen Welle fest angeordnet. Durch Ändern der Stellung der Schieberäder mittels Schaltvorrichtung können die geforderten Zahnradpaarungen von An- und Abtriebswelle verändert und damit die unterschiedlichen Übersetzungsverhältnisse erreicht werden (Bild 50/1). ①

- ① Bei dem mehrstufigen schaltbaren Stirnradgetriebe in Bild 49/1 ist links die Eingangs-drehzahl und rechts die Ausgangsdrehzahl.
- Beschreibe den Energiefluß in diesem Schaltgetriebe und vergleiche die Eingangs- und Ausgangsdrehzahl in der gezeigten Schaltstellung!
 - Wieviel Ausgangsdrehzahlen lassen sich insgesamt schalten?
 - Welches Zahnrad ist dafür verantwortlich, daß in **einer** Schaltstellung der Drehsinn von Antriebs- und Abtriebsbewegung **nicht** übereinstimmen?



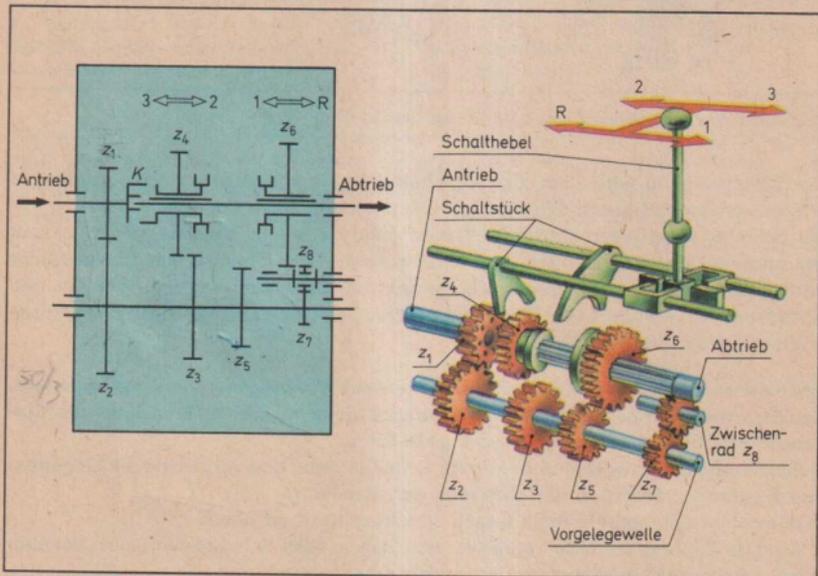
50/1 Einfaches Schieberadgetriebe



50/2 Kuppelrädernetze des Mokick S 51

In Bild 50/1 ist zu erkennen, daß immer nur ein Zahnradpaar im Eingriff steht. Eine andere Möglichkeit, Stirnradgetriebe zu schalten, besteht darin, daß alle Zahnradpaare in Eingriff bleiben, aber durch Schalten einer Kupplung (Kuppelräder) nur jeweils ein Zahnradpaar zur Wirkung kommt (Bild 50/2).

Das Schaltgetriebe eines Kraftfahrzeugs kann sowohl mit Schieberädern als auch mit Kuppelrädern ausgestattet werden (Bild 50/3).

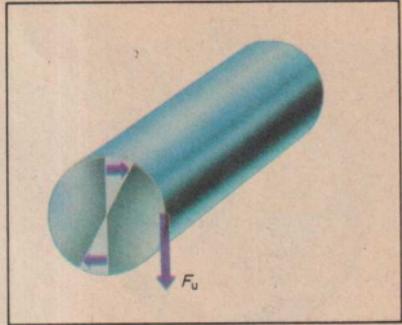


50/3 Kombiniertes Schaltgetriebe (Dreiganggetriebe eines Kraftfahrzeugs)

Wellen in Getrieben

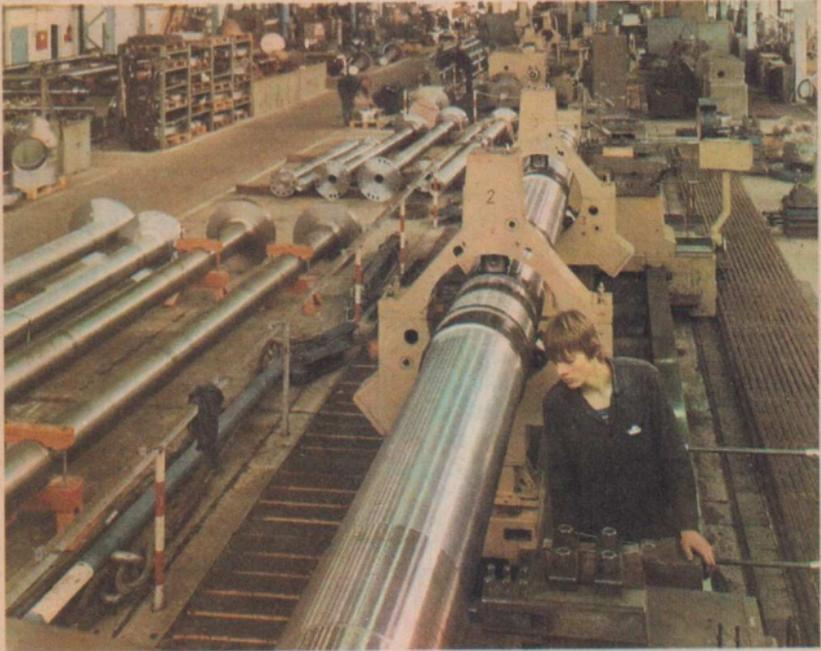
Damit Getriebe ihre Aufgabe erfüllen können, müssen verschiedenartige Bauteile zusammenwirken. Eine wichtige Funktion dabei übernehmen die Wellen. Sie leiten die vom Antriebsorgan bereitgestellte Drehbewegung weiter und tragen dazu andere Bauteile (Bilder 51/2 und 52/1; f 2. Umschlagseite).

Wellen übertragen Drehbewegungen und tragen Bauteile.

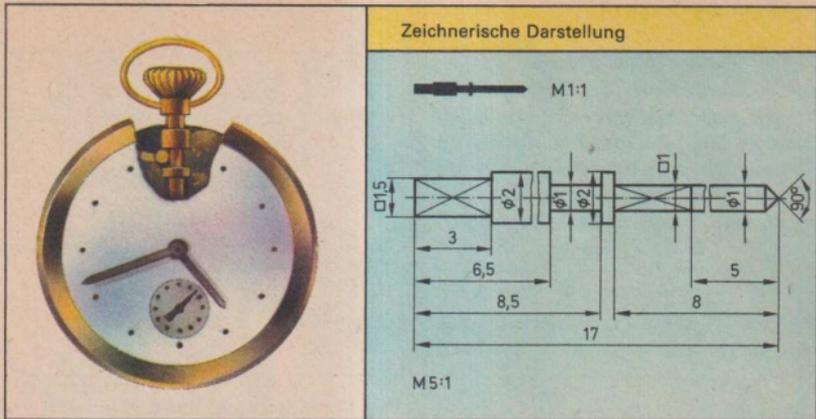


51/1 Torsionsbeanspruchung einer Welle

Beanspruchung von Wellen. Die Beanspruchung der Wellen ergibt sich aus ihrer Funktion. Da Wellen Drehmomente übertragen, treten im Wellenquerschnitt Kräfte auf, die die Welle auf Verdrehung beanspruchen. Die Verdrehung wird als **Torsion** bezeichnet (Bild 51/1).



51/2 Fertigen einer Schiffswelle

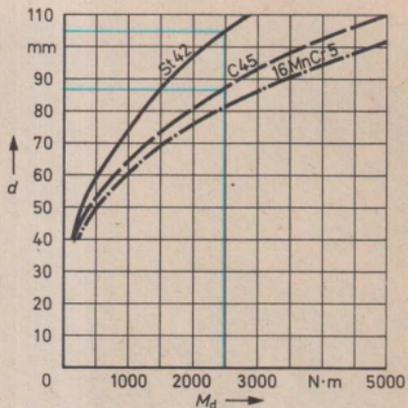


52/1 Aufzugswelle einer Taschenuhr

Anforderungen an Wellen. Durchmesser und Wellenwerkstoff müssen so ausgewählt werden, daß durch Torsionskräfte keine bleibende Verformung eintritt (Bilder 51/1 und 51/2).

Die Durchmesser der Wellen sind entsprechend den zu übertragenden Drehmomenten festzulegen. Sie können aus Diagrammen entnommen werden (Bild 52/2).

Bei einem zu übertragenden Drehmoment von 2500 N·m beträgt der Durchmesser der Welle aus hochwertigem Stahl (C 45) 87 mm. Verwendet man einfachen Baustahl (St 42), so benötigt man einen Wellendurchmesser von 106 mm. ① ② ③



52/2 Zusammenhang zwischen dem Durchmesser d , dem Drehmoment M_d und dem Wellenwerkstoff

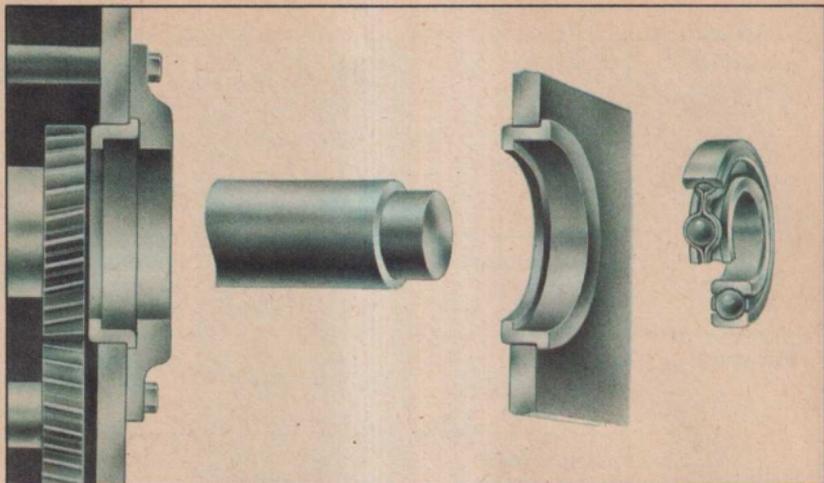
An dem Beispiel ist zu erkennen, daß durch den Einsatz hochwertiger veredelter Werkstoffe der Durchmesser und damit auch die Masse von Wellen verringert werden kann.

Die funktionellen Anforderungen an die Wellen bestimmen aber nicht nur den Wellendurchmesser. Die gesamte konstruktive Ausführung, die Längsgestalt und das Profil der Wellen, hängt von diesen Anforderungen ab. Dementsprechend vielfältig sind die auszuwählenden Wellenarten (Bild 53/1).

Einteilungsmerkmal	Benennung	Sinnbild bzw. Querschnitt	Einsatzbeispiel
Beweglichkeit	starre Welle		Getriebewelle
	längsveränderliche Welle		Zapfwelle am Traktor
	biegsame Welle		Antriebswelle einer Schleifhexe
Längsgestalt	gerade Welle		Getriebewelle
	gekröpfte Welle		Kurbelwelle
Profil	Vollwelle		Getriebewelle
	Hohlwelle		Arbeitsspindel einer Drehmaschine
	Keilwelle (Vielnutenwelle)		Schaltgetriebe

53/1 Auswahl von Wellen

- ① Bestimme nach Bild 52/2 den Wellendurchmesser, wenn Baustahl St 42 verwendet wird und ein Drehmoment von $1000 \text{ N} \cdot \text{m}$ übertragen werden soll!
- ② Der Durchmesser einer Welle aus Baustahl (St 42) beträgt 90 mm .
 - a) Welches maximal zu übertragende Drehmoment ermittelst du aus Bild 52/2?
 - b) Welche Möglichkeiten ergeben sich, die Welle so zu verändern, daß das maximal zu übertragende Drehmoment wesentlich höher liegt (Bild 52/2)?
 - c) Wie kann Material eingespart werden?
- ③ An einem Zahnrad mit einem Teilkreisdurchmesser d von 120 mm wirkt eine Umfangskraft F_u von 900 N .
 - a) Wie groß ist das von der Welle zu übertragende Drehmoment?
 - b) Ermittle den Wellendurchmesser bei einem vorgegebenen Werkstoff (Bild 52/2)!



54/1 Getriebe mit Welle und Lager

Wellen können in einem Getriebe ihre Funktion nur dann erfüllen, wenn sie entsprechend gestützt und geführt werden. Diese Aufgabe übernehmen die **Lager**. Wellen und Lager bilden eine Funktionseinheit (Bild 54/1). ①

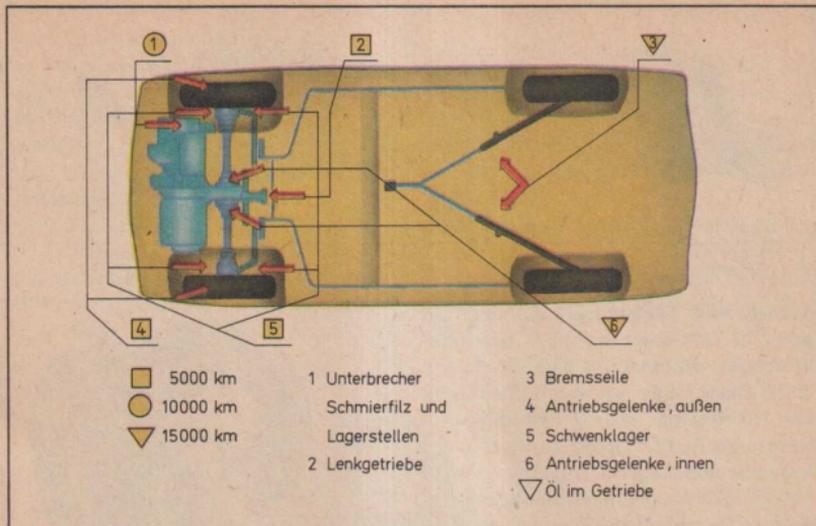
Die auf die Welle wirkende Belastung wird über die Lager auf das Gehäuse übertragen:

- — Eigenmasse der Welle;
- — Masse der getragenen Bauteile;
- — auftretende Schwingungen und Kräfte bei der Übertragung des Drehmoments.

- ▶ **Lager** dienen zum Stützen und Führen von Wellen. Sie ermöglichen deren Drehbewegung, nehmen Druckkräfte auf und übertragen diese Kräfte auf das Trägerorgan.

Anforderungen an Lager. Beim Zusammenwirken von Welle und Lager ist die Reibung möglichst gering zu halten (\uparrow Reibungskraft F_R , Ph i Üb, S. 70). Damit wird nicht nur zu einer verlustarmen Energieübertragung beigetragen, sondern auch der Verschleiß der Bauteile kann verringert werden. Das ist unter anderem durch die ordnungsgemäße Schmierung möglich (Bild 55/1). ① ② ③

- ▶ Schmierstoffe verringern die Reibung und wirken schwingungs-, stoß- und geräuschkämpfend. Sie dienen außerdem der guten Wärmeleitung.

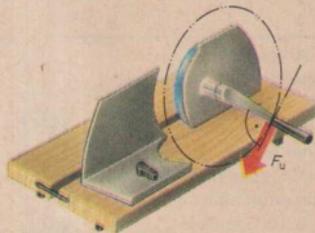


55/1 Schmierplan eines Pkw Trabant

Schmierstoffe werden nach bestimmten Vorschriften eingesetzt. Diese Vorschriften berücksichtigen die Anforderungen an die jeweiligen Lager. Sie sind oft in einem Schmierplan erfaßt und beinhalten u. a. (Bild 55/1)

- — die Schmierstellen;
- festgelegte Schmierzeiträume;
- vorgeschriebene Schmierstoffe.

- ① a) Warum reicht es aus, die Antriebswelle einer Brotschneidemaschine (Bild 55/2) mit einem Gleitlager zu lagern?
 b) Auf die Kurbel wird beim Brotschneiden eine Kraft von 50 N ausgeübt. Berechne das Drehmoment an der Antriebswelle, wenn der Kurbelradius 150 mm beträgt!



55/2 Brotschneidemaschine

- ② Eine zweifach gelagerte Welle aus Stahl läuft
 a) in zwei Gleitlagern aus Zinnbronze (gute Schmierung);
 b) in zwei Wälzlagern (Kugellager).
 Die radiale Belastung beider Lager beträgt in beiden Fällen 1000 N.
 Ermittle die Reibkraft F_R , die beim Drehen der Wellen zu überwinden ist, wenn für
 a) $\mu = 0,10$ und für b) $\mu_r = 0,002$ beträgt!
- ③ Nenne die Bedingungen, von denen die Reibung in Lagern abhängig ist (②, Bilder 56/1 und 56/2)!

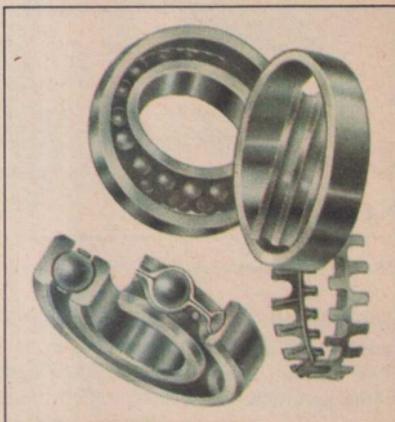


56/1 Ungeteiltes und geteiltes Gleitlager

Aufbau und Wirkungsprinzip von Lagern. In Getrieben werden Gleit- oder Wälzlager eingesetzt (Bilder 56/1 und 56/2). Diese Lager nutzen die Gleit- bzw. die Rollreibung aus (\uparrow Reibung, Reibungskraft F_R , Φ i Üb, S. 70).

Auswahl von Lagern. Lager werden in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bedingungen ausgewählt:

- Beanspruchung,
- Platzbedarf,
- Herstellungskosten,
- ökonomischer Einsatz von Lagerwerkstoffen,
- Montage,
- Austauschbarkeit/Standardisierung,
- Wartung/Schmierung.



56/2 Wälzlager

Gleitlager	Wälzlager
<ul style="list-style-type: none"> - große Anlaufreibung - ständige Wartung, da hoher Schmiermittelverbrauch (Ausnahme: selbstschmierende Lager) - einfacher Aufbau - als geteiltes Lager einfach montierbar - weniger empfindlich gegen Stoß, da größere Auflagefläche - besitzt großes Dämpfungsvermögen durch den Ölfilm, daher geräuscharm - Platzbedarf gering, kleinste Abmessungen möglich - benötigt als Lagermetall teure Werkstoffe (z. B. Buntmetall) (Ausnahme: Sintermetall) - wird als einbaufertiges Bauteil mit standardisierten Abmessungen geliefert 	<ul style="list-style-type: none"> - geringe Anlaufreibung - einfache und wartungsarme Dauerschmierung und geringer Schmiermittelverbrauch - komplizierter Aufbau, da viele Einzelteile - ungeteilt - empfindlich gegen Stoß, da geringe Auflagefläche - verursacht größere Geräusche - in kleinsten Abmessungen nur mit Einschränkung herstellbar - benötigt als Lagerwerkstoff hochwertige legierte Stähle - wird als einbaufertiges Bauteil mit standardisierten Abmessungen geliefert

Wellenkupplung als Übertragungsorgan

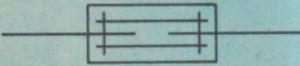
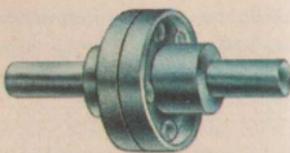
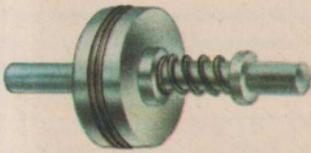
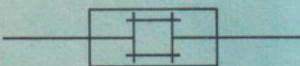
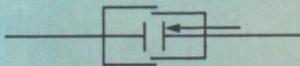
14

Funktion der Wellenkupplung. Zur Übertragung von Drehmomenten in oder zwischen Maschinen werden Wellenenden häufig durch Wellenkupplungen verbunden. ①

- Beim Verbinden von Motorwelle und Pumpenwelle in Bild 58/1 kommt es darauf an, den Energiefluß ständig weiterzuleiten. In Kraftfahrzeugen reicht es dagegen nicht aus, den Energiefluß zwischen Verbrennungsmotor und Antriebsrädern weiterzuleiten. Beim Schalten des Getriebes sowie beim Anfahren oder Anhalten eines Kraftfahrzeugs muß der Energiefluß zeitweilig unterbrochen werden können (Bild 61/1; ↑ S. 60).

An Wellenkupplungen werden unterschiedliche Anforderungen gestellt (Bild 57/1).

- ▶ Die **Wellenkupplung** überträgt Drehmomente und ermöglicht das Weiterleiten bzw. das Unterbrechen des Energieflusses.

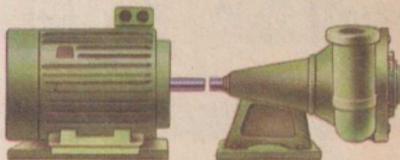
Stiftkupplung	Gelenkkupplung
	
	
Scheibenkupplung	Reibscheibenkupplung
	
	

57/1 Wellenkupplungen

- ① Begründe an Beispielen aus der produktiven Arbeit, daß der Energiefluß in Maschinen zeitweilig unterbrochen werden muß!

Funktionsmerkmal von Wellenkupplungen	Beispiel
Lage der Wellenenden zueinander	fluchtend, sich schneidend
Dauer der Verbindung	ständig, zeitweilig
Schaltbarkeit	schaltbar, nichtschaltbar
Veränderlichkeit der Lage der Wellenenden	starr, beweglich

Zwischen den fluchtenden Wellen eines Elektromotors und einer Pumpe ist eine starre, nichtschaltbare Verbindung herzustellen, um das Drehmoment M_d zu übertragen (Bild 58/1). Diese Anforderungen erfüllen die **Stiftkupplung** oder die **Scheibenkupplung** (Bild 57/1).



58/1 Verbinden der Wellenenden eines Elektromotors und einer Pumpe

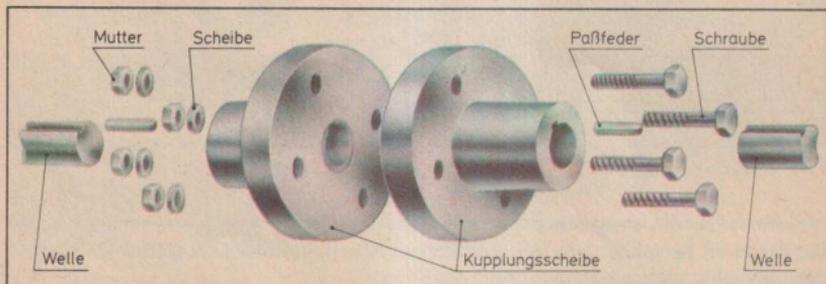
Stiftkupplung. Sie ist nur zur Übertragung kleiner Drehmomente geeignet, da durch das Einbringen der Bohrungen für die Stifte der Wellenquerschnitt erheblich geschwächt wird (Bild 57/1).

Bei der Übertragung des Drehmoments werden die Stifte auf Abscheren beansprucht. Ihre Abmessungen werden so festgelegt, daß sie bei Überschreitung des zulässigen Drehmoments — also bei Überlastung — abgesichert werden.

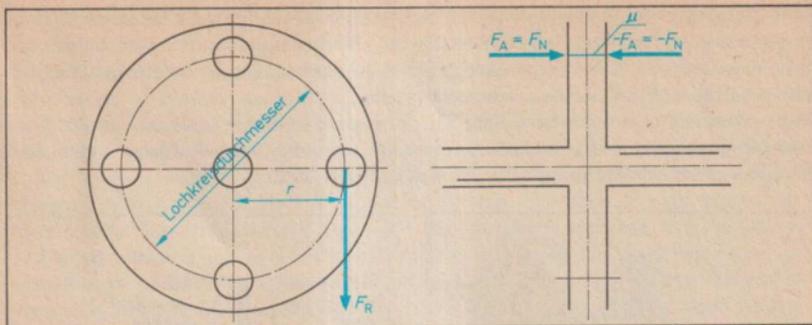
Beim Montieren werden die beiden Wellenenden in die Hülse (Muffe) geschoben und durch jeweils einen Stift wird eine starre, ständige, formschlüssige Verbindung hergestellt.

Scheibenkupplung. Sie ist zur Übertragung großer Drehmomente geeignet. Die Kupplungsscheiben sind durch eine Paßfeder formschlüssig mit den Wellenenden verbunden (Bild 58/2).

Bei der Montage werden die beiden Kupplungsscheiben mittels Schraubverbindung aneinandergepreßt. Dadurch wird eine ständige, kraftschlüssige Verbindung hergestellt (f Reibkraft, Φ i Üb, S. 70).



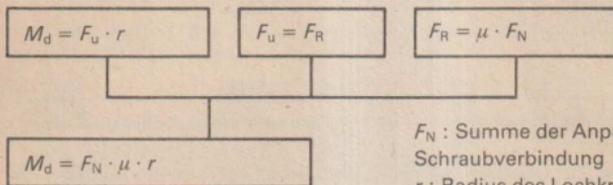
58/2 Aufbau einer Scheibenkupplung



59/1 Wirkprinzip einer Scheibenkupplung

Die Abmessungen der Kupplungsscheiben werden nach dem zu übertragenden Drehmoment festgelegt (Bild 59/1). ①

Es bestehen hierbei folgende Beziehungen (T Drehmoment, S. 43; Reibkraft F_R , Ph i Üb, S. 70):



F_N : Summe der Anpresskräfte durch Schraubverbindung
 r : Radius des Lochkreises

Bei einem zu übertragenden Drehmoment ergeben sich daraus

$$F_N = \frac{M_d}{\mu \cdot r} \quad \text{und} \quad r = \frac{M_d}{\mu \cdot F_N}$$

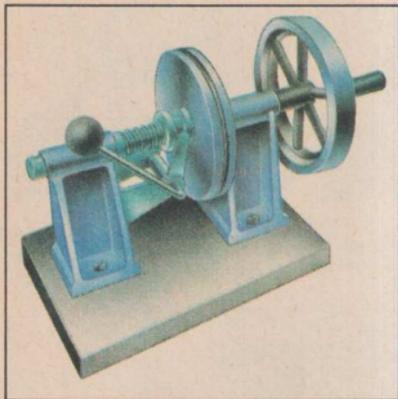
► Die **Scheibenkupplung** dient der ständigen Verbindung von Wellenenden. Diese Wellenkupplung ist **nichtsaltbar**.

Die Forderung nach einer schaltbaren Wellenkupplung führt zu anderen konstruktiven Lösungen als Stiftekupplung oder Scheibenkupplung wie dargestellt (T S. 60).

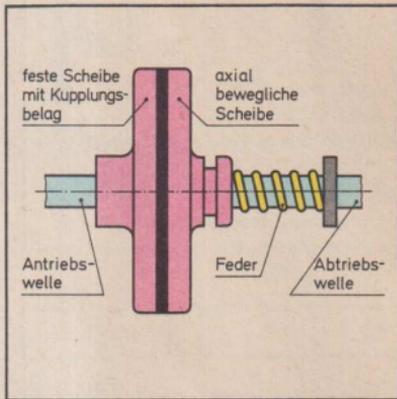
- ① Die Konstruktion von Scheibenkupplungen zielt darauf ab, bei geringstem Materialeinsatz möglichst große Drehmomente zu übertragen.
- Durch welche konstruktiven Veränderungen können größere Drehmomente übertragen werden?
 - Warum sind in diesem Zusammenhang Schweiß- und Nietverbindungen für die Scheibenkupplung ungeeignet?

Beim Anfahren bzw. Anhalten von Kraftfahrzeugen sowie beim Schalten des Getriebes ist es nötig, den Energiefluß zwischen dem Verbrennungsmotor (Antriebsorgan) über das Getriebe (Übertragungsorgan) bis zu den Rädern (Arbeitsorgan) bei beliebiger Drehzahl herzustellen bzw. zu trennen.

Beim Anfahren und nach dem Schalten müssen die Antriebsdrehzahl und die Abtriebsdrehzahl *einander allmählich* angepaßt werden. Diese Aufgabe erfüllt eine schaltbare **Reibscheibenkupplung** (Bilder 60/1 und 60/2). ① ②



60/1 Modell einer Reibscheibenkupplung



60/2 Aufbau einer Reibscheibenkupplung

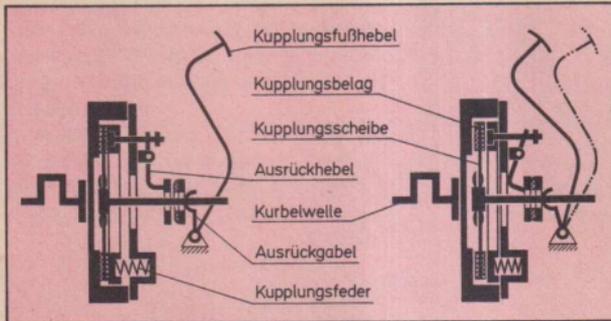
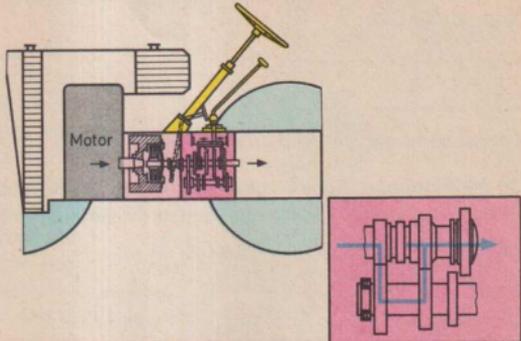
Reibscheibenkupplung. Zur Übertragung des Drehmoments M_d von der Antriebs- zur Abtriebswelle ist es erforderlich, daß die bewegliche Scheibe mittels der Feder an die feste Scheibe mit dem Kupplungsbelag gepreßt wird (Bild 60/2). Dadurch werden die Kupplungsscheiben und somit Antriebs- und Abtriebswelle kraftschlüssig verbunden (f Reibkraft, Φ i Üb, S. 70). ③ ④

► Die **Reibscheibenkupplung** ist eine bei beliebiger Drehzahl schaltbare Wellenkupplung. Die Drehmomente werden durch Kraftschluß übertragen.

Die konstruktive Gestaltung der Reibscheibenkupplung wird in Abhängigkeit vom zu übertragenden Drehmoment M_d bestimmt. Durch das Aneinanderpressen der Kupplungsscheiben wird ein Reibmoment M_R erzeugt, das mindestens dem zu übertragenden Drehmoment M_d entspricht ($M_R \geq M_d$). Sonst rutscht die Kupplung. Das Reibmoment hängt dabei von der Größe der Anpreßkraft der Feder, vom Reibbelag sowie vom mittleren Radius der Kupplungsscheiben ab (Bild 60/2; f Reibung, Federspannarbeit, Φ i Üb, S. 70, S. 74).

► Das **Reibmoment** M_R ist das Produkt aus der Anpreßkraft F_A , der Reibungszahl μ und dem mittleren Radius r_m .

$$M_R = F_A \cdot \mu \cdot r_m$$



61/1 Zusammenwirken von Einscheiben-Trockenkupplung und Getriebe in einem Traktor

- ① Bei der Energieübertragung in einem Traktor wirken Kupplung und Getriebe zusammen (Bild 61/1).
 - a) Bei welcher Kupplungsstellung darf das Getriebe geschaltet werden?
 - b) Nenne Fahrsituationen, in denen der Traktorist das Getriebe schalten muß!
 - c) Nenne drei Möglichkeiten, die zum Ausfall der Kupplung führen!
 - d) Nenne zwei Möglichkeiten, die zum Ausfall des Getriebes führen!
 - e) Wie kann der Traktorist zu einem wirtschaftlichen Brennstoffeinsatz beitragen?
- ② Die Einscheiben-Trockenkupplung des Pkw Trabant hat eine Kupplungsscheibe, die mit Asbestgewebe-Kunstharz (Cosid KDS 100) belegt ist (Bild 61/1). Der mittlere Reibscheibendurchmesser d_m beträgt 135 mm. Die Reibscheibe wird mit einer Kraft von 700 N angepreßt, die Haftreibungszahl μ ist 0,3. Berechne das übertragbare Drehmoment!
- ③ Vergleiche die Scheibenkupplung (Bild 58/2) und die Reibscheibenkupplung (Bild 60/2) hinsichtlich Funktion, Wirkungsweise und Anwendung!
- ④ Begründe, warum die Reibscheibenkupplung kaum in Werkzeugmaschinen eingesetzt wird!

Beim Festlegen der **Kupplungsabmessungen** und des **Werkstoffs** von Reibscheibenkupplungen ist zu beachten, daß das Reibmoment M_R zur sicheren Übertragung des Drehmoments M_d **doppelt** so groß sein muß wie das maximal zu übertragende Drehmoment M_d :

$$M_R = 2 \cdot M_d$$

Hierbei bedeutet die Zwei einen Sicherheitsfaktor. ①

- Ein Berechnungsbeispiel soll zeigen, wie groß das Reibmoment und die Anpreßkraft an der Kupplung eines Pkw bei einem maximalen Drehmoment von $135 \text{ N} \cdot \text{m}$ sein müssen. Die Drehzahl beträgt $3400 \frac{1}{\text{min}}$.

Gegeben:

$$M_d = 135 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_R = 2 \cdot M_d$$

$$\mu = 0,5$$

$$r_m = 82 \text{ mm} = 0,082 \text{ m}$$

Gesucht:

$$M_R \text{ und } F_A$$

Lösungsweg:

$$M_R = 2 \cdot M_d$$

$$M_R = 2 \cdot 135 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\underline{M_R = 270 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

$$F_A = \frac{M_R}{\mu \cdot r_m}$$

$$F_A = \frac{270 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,5 \cdot 0,082 \text{ m}}$$

$$\underline{F_A \approx 6585 \text{ N}}$$

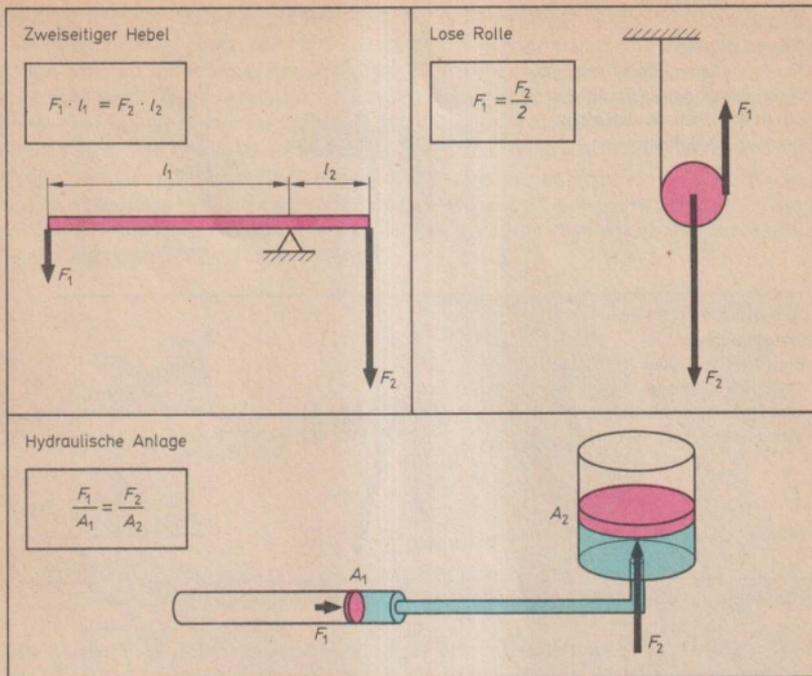
Für das zu übertragende Drehmoment muß das Reibmoment $270 \text{ N} \cdot \text{m}$ betragen. Dazu ist eine Anpreßkraft von 6750 N erforderlich.

Das Beispiel zur Berechnung der Anpreßkraft macht deutlich, daß für die Betätigung einer Kupplung eine Kraft — sie wird als **Ausrückkraft** bezeichnet — aufgebracht werden muß, die größer als 6585 N ist. Eine so große Kraft kann der Mensch aber ohne Zuhilfenahme technischer Mittel nicht aufbringen. Er ist nur in der Lage, eine durchschnittliche Muskelkraft von 150 N aufzubringen.

Ausrückvorrichtung für eine Reibscheibenkupplung

Zum Aufbringen der erforderlichen Ausrückkraft beim Kupplungsvorgang werden kraftumformende Einrichtungen eingesetzt (Bild 63/1; / kraftumformende Einrichtungen, Ph i Üb, S. 75f.). ②

Die **Ausrückvorrichtung** hebt die Anpreßkraft F_A unter Anwendung einer kraftumformenden Einrichtung auf (Bild 64/1).

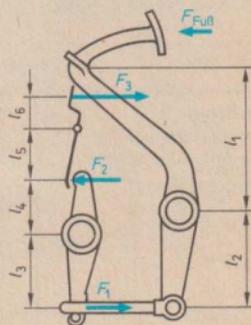


63/1 Kraftumformende Einrichtungen (Auswahl)

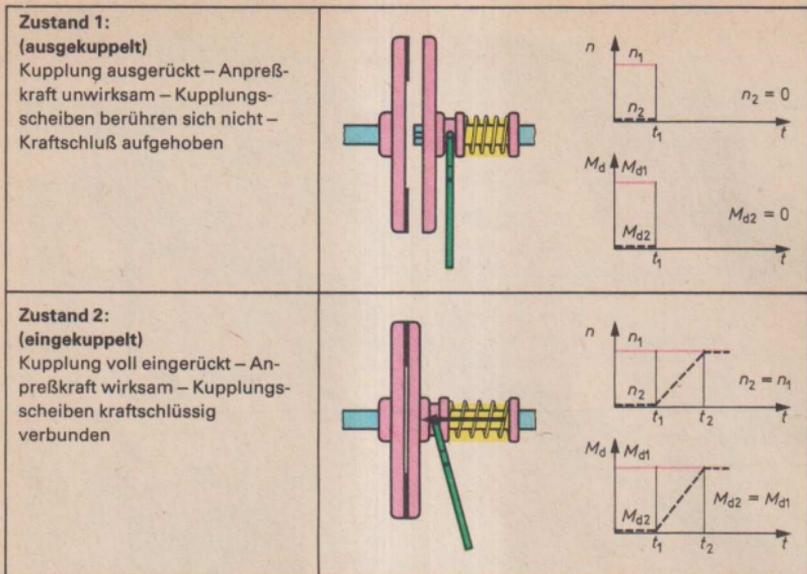
- ① Ermittle für eine Reibscheibenkupplung experimentell das übertragbare Drehmoment bei vorgegebenem Reibscheibendurchmesser und vorgegebener Umfangskraft, wenn
 - a) Reibungszahl und Anpreßkraft konstant sind;
 - b) Reibungszahl und Anpreßkraft veränderlich sind!
- ② Zum Betätigen einer Reibscheibenkupplung wird die Ausrückvorrichtung in Bild 63/2 verwendet.
 - a) Ordne die wirkenden Kräfte nach ihrem Betrag!
 - b) Berechne die Ausrückkraft F_3 (! Hebel, Ph i Üb, S. 75)! Die Hebellängen sind in Bild 63/2 abzumessen (Maßstab beachten!).
 - c) Wie wirkt eine Erhöhung der Anpreßkraft auf die Größe des übertragbaren Drehmoments?
 - d) Die Ausrückkraft soll durch Veränderung der Hebellängen um 10 N vergrößert werden. Berechne die erforderlichen Hebellängen!

$$F_{Fu\ddot{u}\beta} \approx 150 \text{ N}$$

F_3 = Ausrückkraft



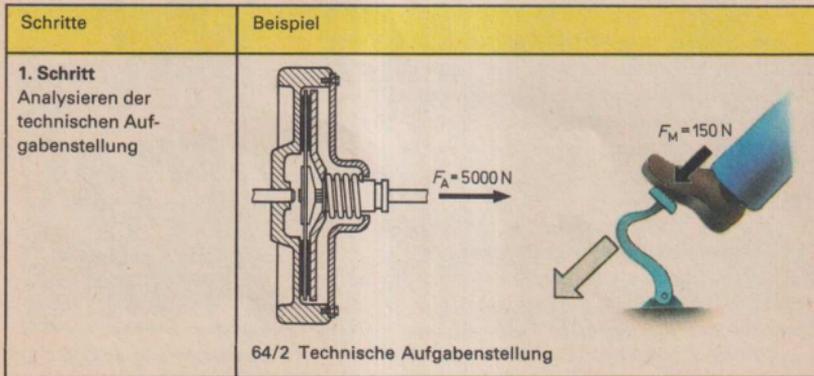
63/2 Ausrückvorrichtung;
M 1:4



64/1 Kupplungsvorgang beim Betätigen einer Reibscheibenkupplung

Bei der Entwicklung und Konstruktion einer Ausrückvorrichtung sind neben der Ausrückkraft auch die Bedienbarkeit und der Platzbedarf der Reibscheibenkupplung zu berücksichtigen. Viele Faktoren müssen bedacht und abgewogen werden. Dabei geht man nach Schrittfolgen vor. An einem konkreten Beispiel soll ein solches Vorgehen gezeigt werden.

- **Schrittfolge zur Lösung einer technischen Aufgabe am Beispiel einer Ausrückvorrichtung für eine Reibscheibenkupplung**

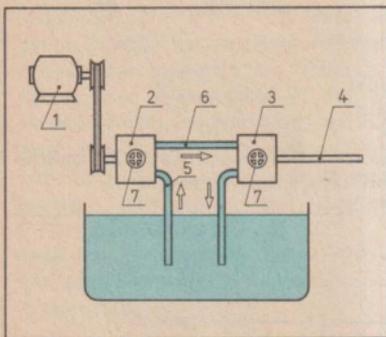


Schritte	Beispiel
<p>1. Schritt Analysieren der technischen Aufgabenstellung</p>	<p>In einem Kfz ist es nicht möglich, die in Bild 64/1 dargestellte Kupplung zu verwenden. Es ist eine Prinziplösung zu erarbeiten, die bei einer räumlichen Trennung des Fußpedals von der Kupplung eine Betätigung der Kupplung bei vorgegebenem Kraftaufwand ermöglicht (Bild 64/2).</p>
<p>2. Schritt Erörtern von Lösungsmöglichkeiten</p>	<p><i>Aufstellen von Lösungsmöglichkeiten.</i> Um mit einer Fußkraft von $F_M = 150 \text{ N}$ eine Ausrückkraft $F_A = 5000 \text{ N}$ aufzubringen, bedarf es kraftumformender Einrichtungen. Das führt zu mechanischen, hydraulischen oder kombinierten technischen Lösungen. Auch elektrotechnische und pneumatische Lösungen können gewählt werden. <i>Auswählen einer Möglichkeit.</i> Die Auswahl soll nach folgenden Bedingungen vorgenommen werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - geringe Herstellungskosten, - einfache Fertigung, - Wartungsfreundlichkeit, - Reparaturfreundlichkeit, - Verschleißfestigkeit. <p>Auf Grund der vorgegebenen Bedingungen ist eine mechanische Lösung der technischen Aufgabenstellung geeignet.</p>
<p>3. Schritt Darstellen der ausgewählten Lösung</p>	<p>Prinzipdarstellung $F_M = 150 \text{ N}$</p> <p>65/1 Prinziplösung für die technische Aufgabe ①</p> <p>Die gefundene Lösung erfüllt die technische Aufgabenstellung und die unter Schritt 2 genannten Bedingungen (Bild 65/1).</p>

- ① Löse Schritt 3 der vorgegebenen Schrittfolge experimentell und vergleiche mit der rechnerischen Lösung (Bild 65/1)!

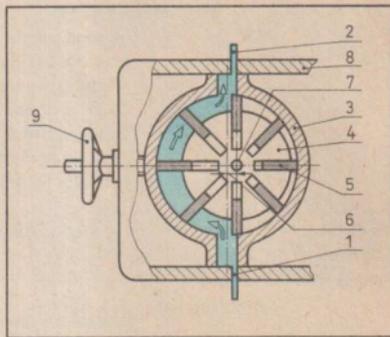
Hydraulische und pneumatische Übertragungsorgane. Kräfte und Bewegungen werden nicht nur von mechanischen Getrieben übertragen. Diese Funktion kann ebenso von hydraulischen und pneumatischen Getrieben übernommen werden. Sie werden u. a. dort eingesetzt, wo die Produktion mechanisiert und automatisiert wird. Ihre Wirkprinzipie beruhen auf den Gesetzen der Mechanik der Flüssigkeiten und der Gase (*Ph i Üb.*, S. 80 ff.). Beide Arten bieten Möglichkeiten, die mit mechanischen Getrieben nicht oder nicht mit der gleichen funktionellen Wirksamkeit zu erreichen sind.

Hydraulische Übertragungsorgane. Alle hydraulischen Übertragungsorgane arbeiten nach der gleichen Wirkungsweise (Bild 66/1). Eine Pumpe, vom Antriebsorgan mit gleichbleibender Drehzahl angetrieben, saugt die Flüssigkeit an und gibt sie mit großem Druck an den Flüssigkeitsmotor ab. Von ihm kann die Drehbewegung abgenommen werden. Die Flüssigkeit fließt in einen Vorratsbehälter zurück.



66/1 Aufbau eines Flüssigkeitsgetriebes

- 1 Antriebsorgan
- 2 Pumpe
- 3 Flüssigkeitsmotor
- 4 Abtrieb
- 5 Saugleitung
- 6 Druckleitung
- 7 Handrad zur Veränderung der Exzentrizität



66/2 Aufbau einer Flügelzellenpumpe

- 1 Saugleitung
- 2 Druckleitung
- 3 inneres Gehäuse
- 4 Scheibe
- 5 Schieber
- 6 Exzentrizität
- 7 Welle
- 8 äußeres Gehäuse
- 9 Handrad zur Veränderung der Exzentrizität

Ein hydraulisches Übertragungsorgan ist eine funktionelle Einheit von Pumpe, Motor und Leitung. Es benutzt eine Flüssigkeit als Energieträger.

Aufbau und Wirkungsweise von Pumpe und Flüssigkeitsmotor. Die Scheibe ist mit der Welle fest verbunden (Bild 66/2). Sie ist mit eingefrästen Schlitzen versehen, in denen sich die Schieber befinden. Diese dichten bei hoher Drehzahl infolge der

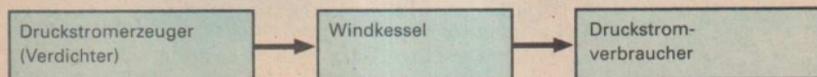
Fliehkraft den Raum zwischen Scheibe und innerem Gehäuse ab (\uparrow Radialkraft, Ph i Üb, S. 68). ① ②

Sowohl bei der Flügelzellenpumpe als auch beim Flüssigkeitsmotor läßt sich ein Verstellen des Abstandes vom Mittelpunkt (Exzentrizität) erreichen, indem das innere Gehäuse mittels der Verstelleinrichtung verschoben wird. Eine große Abweichung in der Pumpe ergibt große Zellen, die eine entsprechend große Flüssigkeitsmenge durch die Druckleitung in den Flüssigkeitsmotor drücken. Dieser läuft mit einer höheren Drehzahl als bei einer geringen Flüssigkeitsmenge. ③

Wird bei gleichbleibender Flüssigkeitsmenge, die in den Motor gedrückt wird, dessen Exzentrizität verändert, so wird eine Drehzahlveränderung bewirkt. ④

Ändern von Drehbewegungen in geradlinige durch hydraulische Übertragungsorgane. Die vom Antriebsorgan angetriebene Zahnradpumpe fördert die Flüssigkeit aus dem Vorratsbehälter über das Wegeventil in den Arbeitszylinder (Bild 68/1). Hier drückt sie auf den Arbeitskolben und setzt ihn in Bewegung, wobei die Richtung durch die Stellung des Steuerkolbens im Wegeventil bestimmt wird. Die Größe des Arbeitshubs ist mit der Länge des Arbeitszylinders vorgegeben. ⑤

Pneumatische Übertragungsorgane. Pneumatische Übertragungsorgane arbeiten nach dem gleichen Wirkprinzip wie hydraulische Übertragungsorgane. Bei ihnen wird die Druckluft als Energieträger benutzt (Bild 67/1). Im Gegensatz zu hydraulischen Einrichtungen gibt es einen Druckluftkreislauf. Die benötigte Luft wird aus der Umgebung entnommen und nach verrichteter Arbeit wieder an die Umgebung abgegeben. Da die Luft sich verdichten läßt, arbeiten pneumatische Übertragungsorgane sehr elastisch.



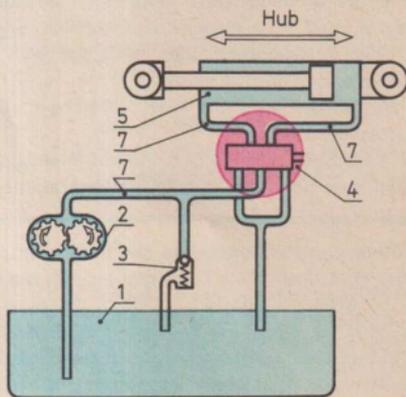
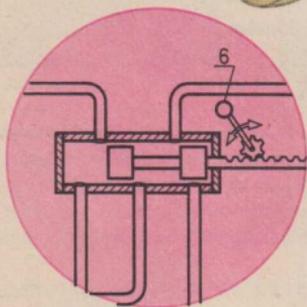
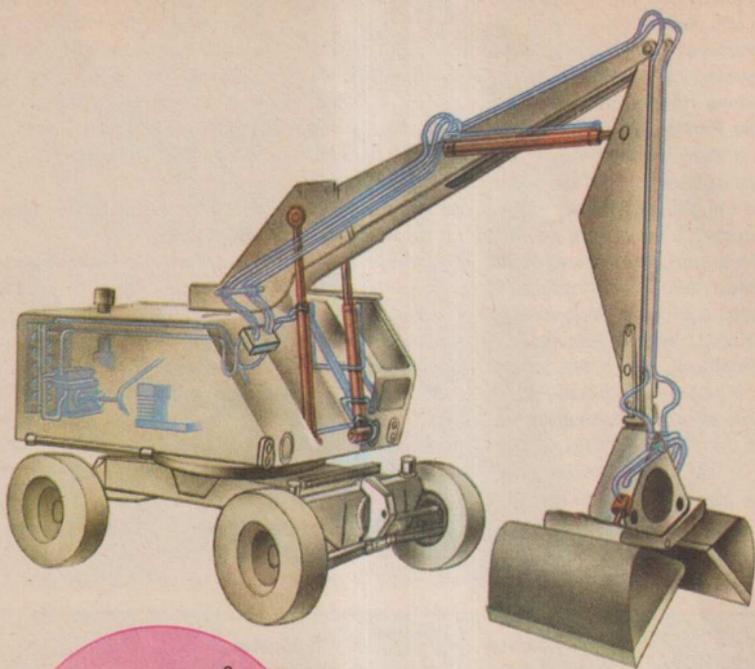
67/1 Aufbau eines pneumatischen Übertragungsorgans

Der Verdichter saugt über einen Filter die Außenluft an. Da sie sich dabei sehr stark erwärmt, muß sie in einem Kühler wieder abgekühlt werden. In einem nachfolgenden Öl- oder Wasserabscheider schlagen sich unerwünschte Beimengungen (Kondenswasser, Schmutz) nieder.

Im Windkessel wird die vom Verdichter stoßweise zugeführte gereinigte Druckluft gespeichert.

Über Leitungen, Ventile und Steuereinrichtungen kann ein gleichmäßiger Luftstrom entnommen und dem Druckstromverbraucher zugeführt werden.

-
- ① Erläutere die Wirkungsweise des Flüssigkeitsgetriebes in Bild 66/1!
 - ② In Bild 66/1 strömt die Flüssigkeit durch die Druckleitung in den Motor. Beschreibe den weiteren Vorgang!
 - ③ Was passiert, wenn die Scheibe in Bild 66/2 zentrisch im inneren Gehäuse läuft?
 - ④ Die Flügelzellenpumpe fördert mit gleichbleibendem Druck Flüssigkeit in den Flüssigkeitsmotor (Bild 66/2). Bestimme, bei welcher Stellung der Scheibe sich große bzw. kleine Drehzahlen ergeben!
 - ⑤ Erläutere Funktion und Wirkungsweise des Druckbegrenzungsventils in Bild 68/1!
-

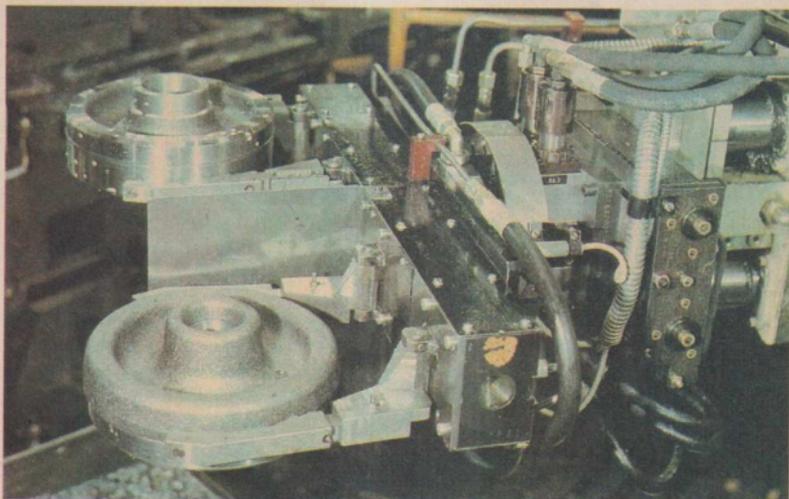


- 1 Ölbehälter
- 2 Druckpumpe
- 3 Druckbegrenzungsventil
- 4 Wegeventil mit Steuerkolben
- 5 Arbeitszylinder mit Arbeitskolben
- 6 Bedienteil
- 7 Druckleitung

68/1 Aufbau einer Hydraulikanlage ③

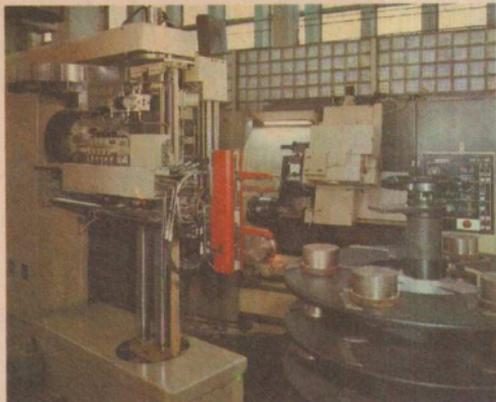
Hydraulische und pneumatische Übertragungsorgane sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet: ① ② ③

- sie besitzen einen einfachen Aufbau;
- sie sind stufenlos steuerbar;
- die Energie wird verlustarm übertragen;
- die Energie kann mit wenig Aufwand verteilt werden;
- sie ermöglichen eine elastische Anpassung;
- sie verändern den Betrag der zu übertragenden Kraft;
- sie lassen sich überall einbauen, einfach montieren und demontieren und leicht warten;
- sie ermöglichen eine einfache Kontrolle durch die Überprüfung des Drucks;
- sie gewähren eine hohe Betriebssicherheit;
- sie haben ein günstiges Masse-Leistungs-Verhältnis.

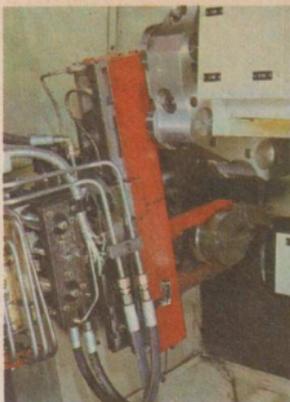


69/1 Arbeitsorgan eines Industrieroboters

- ① Nenne Maschinen, in denen unbedingt hydraulische oder pneumatische Übertragungsorgane eingesetzt werden!
- ② Vergleiche die Übertragungsorgane von Maschinen hinsichtlich
 - Energieübertragung,
 - Aufbau und Fertigungsaufwand,
 - Einsatzbedingungen (↑ S. 33 ff.)!
- ③ Warum werden die Schaufeln des Baggers in Bild 68/1 nicht mechanisch, sondern hydraulisch betätigt?
- ④ Warum sind hydraulische und pneumatische Übertragungsorgane eine entscheidende Voraussetzung für die Automatisierung und den Einsatz von Industrierobotern (Bilder 14/1, 32/1, 69/1, 70/1 und 70/2; ↑ 3. Umschlagseite)?



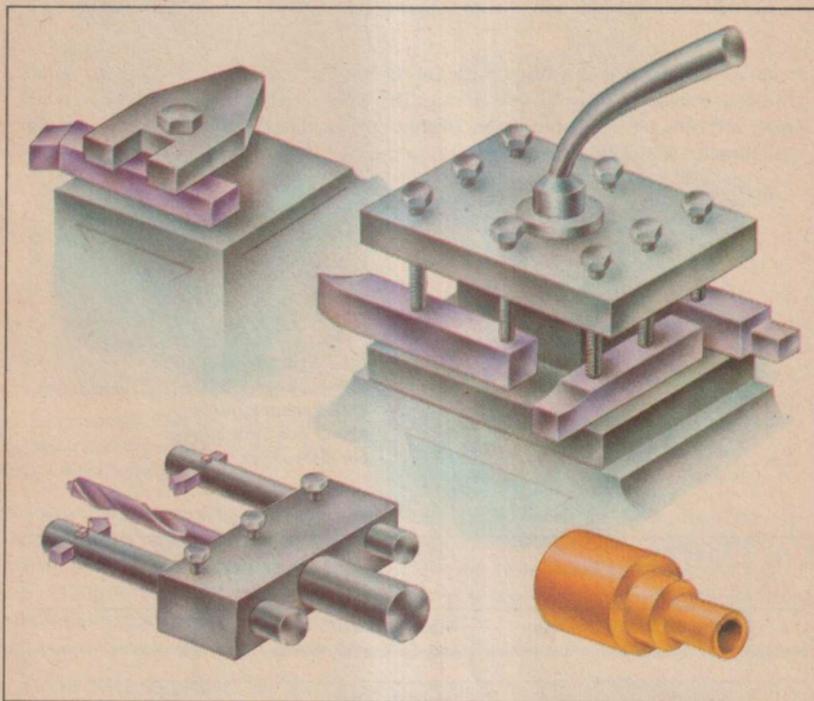
70/1 Automatisierte Produktion bei Einsatz eines Industrieroboters



70/2 Beschicken einer Werkzeugmaschine durch Industrieroboter

Aufgrund dieser Vorteile bilden hydraulische und pneumatische Übertragungsorgane neben den mechanischen Übertragungsorganen († S. 36 ff.) eine wichtige Voraussetzung für die Automatisierung der Produktion und den Einsatz von Industrierobotern († S. 13 f.), † ④ S. 69

Effektive Gestaltung eines technologischen Vorgangs durch konstruktive Veränderungen an einer Maschine



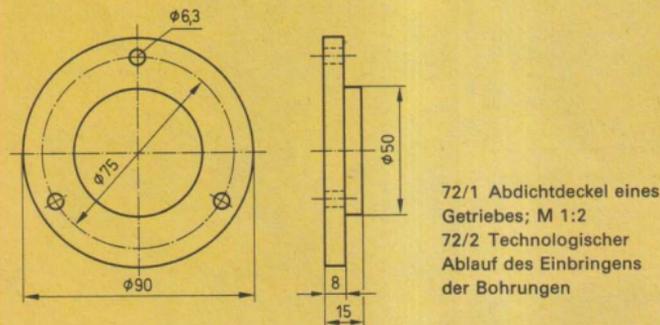
71/1 Werkzeuge zum Herstellen eines Drehteils mit Bohrung

Die Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft in der DDR ist darauf gerichtet, das materielle und kulturelle Lebensniveau des Volkes zu erhöhen. Grundlage für den bewährten Kurs der SED auf die Verwirklichung der Hauptaufgabe in ihrer Einheit von Wirtschafts- und Sozialpolitik zum Wohle des Volkes und für die Sicherung des Friedens bilden:

- ein hohes Entwicklungstempo der sozialistischen Produktion;
- die Erhöhung der Effektivität;
- die Beschleunigung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts;
- die Steigerung der Arbeitsproduktivität.

Vielfältige Initiativen der Arbeiter, Ingenieure und Forscher in den Kombinat und Betrieben sind darauf gerichtet, die Organisation des Produktionsprozesses zu verbessern und die Effektivität der Arbeitsmittel zu erhöhen. Konstruktive Veränderungen an Maschinen, entstanden in echter sozialistischer Gemeinschaftsarbeit, führen zu einer effektiveren Gestaltung der technologischen Vorgänge und damit zur Steigerung der Arbeitsproduktivität (Bild 71/1). Entsprechend der jeweiligen technischen Aufgabenstellung sind von den Arbeitern, Ingenieuren und Forschern mannigfaltige Probleme zu lösen. Dennoch läßt sich für die effektive Gestaltung eines technologischen Vorgangs durch konstruktive Veränderungen an einer Maschine eine allgemeine **Schrittfolge** ableiten, die im folgenden an einem Beispiel dargestellt wird.

In einem Betrieb werden Abdichtdeckel für ein Getriebe gebohrt (Bild 72/1). Die jährliche Stückzahl ist mit 1000 gering. Die Bohrungen werden durch einen Arbeiter mit Hilfe einer einspindigen Tischbohrmaschine BT 2 in den Abdichtdeckel eingebracht. Bild 72/2 zeigt den technologischen Ablauf.



Nr.	Arbeitsgang	Arbeitsmittel	Fertigungszeit in min
1	Anreißen der Bohrungen	Stahlmaßstab, Zentrierwinkel, Reißnadel, Körner, Zirkel	2,1
2	Körnen der Bohrungen	Hammer, Körner	0,5
3	Einspannen und Ausrichten des Abdichtdeckels	Maschinenschraubstock	0,3
4	Einbringen der 1. Bohrung	BT 2	0,3
5	Einbringen der 2. Bohrung	BT 2	0,3
6	Einbringen der 3. Bohrung	BT 2	0,3
7	Ausspannen des Abdichtdeckels	Maschinenschraubstock	0,1

Zum Vorbereiten und Nachbereiten des Werkstücks zum Bohrvorgang werden 3 min benötigt, für den eigentlichen Bohrvorgang der drei Löcher sind dagegen nur 0,9 min erforderlich (Bild 72/2).

Die **Fertigungszeit** t_0 zum Einbringen der Bohrungen setzt sich aus der Grundzeit t_G und der Hilfszeit t_H zusammen.

Die **Grundzeit** t_G ist der Anteil der Fertigungszeit t_0 , der für den direkten Bohrvorgang erforderlich ist. Die **Hilfszeit** t_H ist der Anteil der Fertigungszeit t_0 , der für vorbereitende bzw. nachbereitende Arbeitsgänge erforderlich ist.

Technische Aufgabenstellung

Im Zuge der sozialistischen Kooperation und der Spezialisierung der Produktion erhält der Betrieb die Planaufgabe, die Produktion der Abdichtdeckel auf 90 000 Stück jährlich zu erhöhen. Dem Betrieb steht dafür nach wie vor eine Arbeitskraft und eine einspindlige Bohrmaschine BT 2 zur Verfügung.

Schrittfolge zur effektiven Gestaltung eines technologischen Vorgangs

1. Analysieren der technischen Aufgabenstellung

Ermitteln der erforderlichen Fertigungszeit. Die geplante Produktionssteigerung auf 90 000 Abdichtdeckel jährlich führt mit der bisherigen Technologie zu einer beträchtlichen Ausweitung der Fertigungszeit t_0 .

Gegeben:

$t_G = 0,9$ min

$t_H = 3$ min

$Q = 90\,000$ Stück

Arbeitszeit je Tag = 8 h

Arbeitszeit je Jahr z. B. = 255 Tage

Gesucht:

t_0

Lösungsweg:

$$t_0 = (t_H + t_G) \cdot Q$$

$$t_0 = (3 + 0,9) \text{ min} \cdot 90\,000$$

$$t_0 = 351\,000 \text{ min} = 5\,850 \text{ h}$$

Die Fertigungszeit t_0 für 90 000 Abdichtdeckel beträgt 5 850 h. ①

Vergleichen mit der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit. Wenn man davon ausgeht, daß ein Arbeiter an einem Tag 8 Stunden produktiv tätig ist, so stehen im Jahr mit 255 Arbeitstagen nur 2 040 Arbeitsstunden zur Verfügung. Ein Vergleich der erforderlichen Fertigungszeit für die 90 000 Abdichtdeckel mit der zur Verfügung stehenden

- ① Berechne, wieviel Arbeitstage im Jahr für die notwendigen Hilfszeiten beim Einbringen der Bohrungen aufgebracht werden müssen (Bild 72/2)!

17

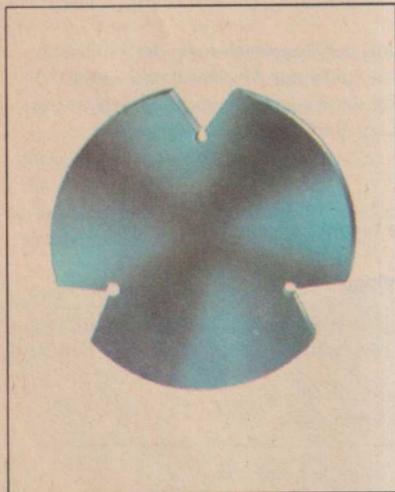
18

den Arbeitszeit läßt erkennen, daß die Planaufgabe mit der bisherigen Technologie (Bild 72/2) nicht erfüllt werden kann.

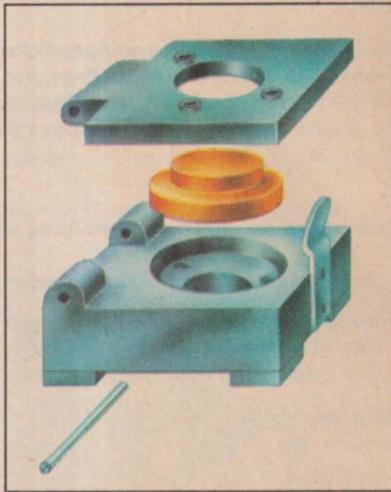
Der technologische Ablauf des Einbringens der Bohrungen in das Werkstück ist so zu ändern, daß die Hilfszeit und die Grundzeit **verringert** werden.

2. Erörtern von Lösungsmöglichkeiten

Verringerung der Hilfszeit. Da die Hilfszeit t_H hierbei ausschließlich manuelle Tätigkeiten umfaßt und den größten Teil der Fertigungszeit ausmacht, sollte sie zuerst verringert werden. Diese Forderung läßt sich durch den Einsatz der in den Bildern 74/1 und 74/2 dargestellten **Anreißschablone** bzw. **Bohrvorrichtung** erfüllen.



74/1 Anreißschablone



74/2 Bohrvorrichtung

Durch die Verwendung der **Bohrvorrichtung** (Bild 74/2) wird die Hilfszeit t_H von 3,0 min auf 0,6 min verringert. Dadurch beträgt die Fertigungszeit für einen Abdichtdeckel nur noch 1,5 min. Die Gesamtfertigungszeit t_0 wird von 5850 h auf 2250 h verkürzt. ①

Durch **Schablonen** und **Vorrichtungen** kann die Hilfszeit bei der Fertigung eines Erzeugnisses verringert werden. ②

Die Verringerung der Hilfszeit führt in dem angegebenen Beispiel noch nicht zum Ziel. Nach wie vor kann die hohe Planaufgabe von 90 000 Abdichtdeckeln jährlich durch den Betrieb nicht erfüllt werden.

Verringerung der Grundzeit. Die Grundzeit t_G ist beim Bohrvorgang von mehreren Größen abhängig (Bild 75/1):

$$t_G = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i$$

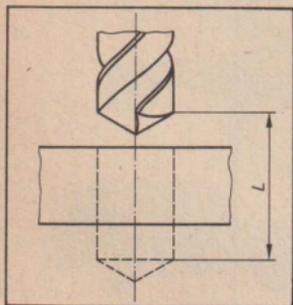
- L Weg des Bohrers
- n Drehzahl des Bohrers
- s Vorschub
- i Anzahl der Bohrungen

Durch die **Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit** (höhere Drehzahl) und des **Vorschubs** kann die Grundzeit bei der Fertigung eines Erzeugnisses verringert werden.

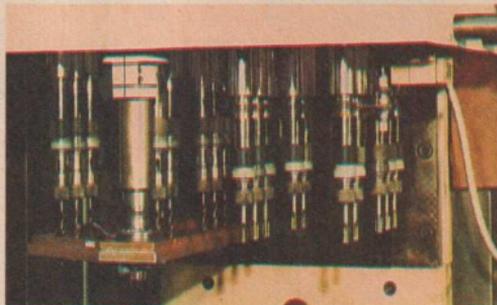
Bei der Auswahl der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubs müssen jedoch die Werkstoffe von Werkzeug und Werkstück sowie die angestrebte Oberflächengüte des Werkstücks berücksichtigt werden. Daher sind der Erhöhung von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub Grenzen gesetzt, die Grundzeit kann auf diesem Wege nicht entscheidend gesenkt werden. ③

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Grundzeit besteht darin, alle drei Bohrungen gleichzeitig einzubringen.

So könnten die drei Löcher des Deckels auf einer Mehrspindelbohrmaschine (Bild 75/2) gebohrt werden. Diese kostspielige Maschine steht aber im Betrieb nicht zur Verfügung.

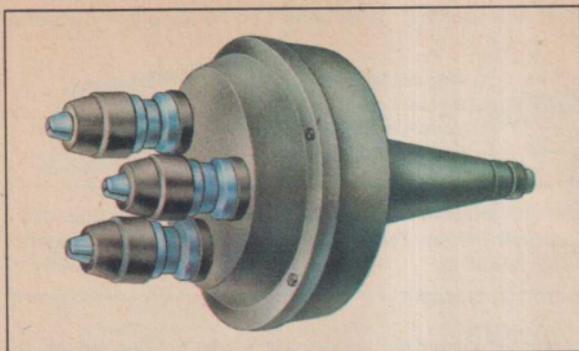


75/1 Bestimmen von L



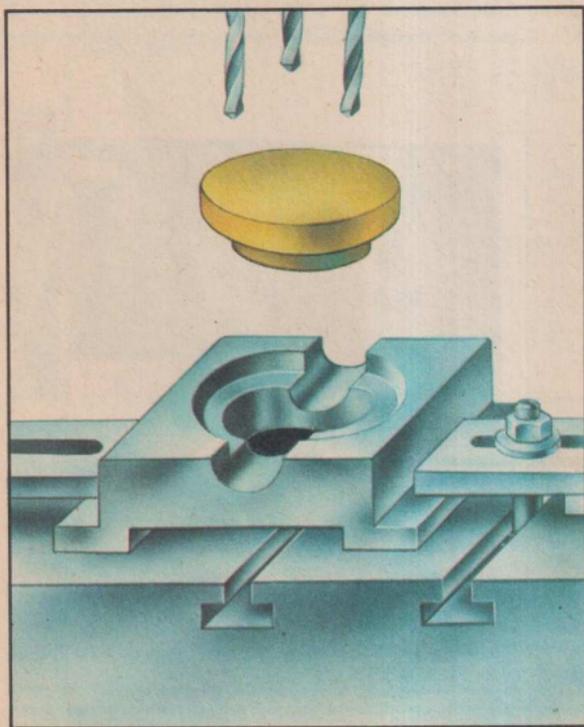
75/2 Mehrspindelbohrmaschine

- ① Ermittle die Arbeitsproduktivität
 - a) bei der bisherigen Technologie (Bild 72/2);
 - b) bei der Technologie unter Verwendung einer Bohrvorrichtung!Stelle die Steigerung der Arbeitsproduktivität in einem Diagramm dar!
- ② Welche Faktoren sind beim Einsatz von Anreißschablonen (Bild 74/1) und Bohrvorrichtungen (Bild 74/2) zu berücksichtigen?
- ③ Welche Folgen können eine überhöhte Schnittgeschwindigkeit bzw. ein zu hoher Vorschub beim Bohrvorgang haben?



76/1
Mehrspindelbohrkopf

Eine andere Lösungsmöglichkeit ist die Verwendung eines im Rationalisierungsmittelbau des Betriebes entwickelten und gefertigten **Mehrspindelbohrkopfes** als Zusatzeinrichtung für die Bohrmaschine (Bild 76/1). Durch diesen Mehrspindelbohrkopf wird die Anzahl der Bohrvorgänge reduziert. ①



76/2
Bohrunterlage

Durch **gleichzeitiges Einbringen mehrerer Bohrungen** kann die Grundzeit bei der Fertigung eines Erzeugnisses verringert werden.

3. Darstellen der ausgewählten Lösung

Mit Hilfe eines **Mehrspindelbohrkopfes** als Zusatzeinrichtung für die Bohrmaschine (Bild 76/1) werden die drei Bohrungen in einem Arbeitsgang gleichzeitig eingebracht. Durch diesen neuen technologischen Ablauf wird die Grundzeit t_G von 0,9 min auf 0,3 min verringert (Bild 72/2). Auch die Hilfszeit t_H wird weiter gesenkt. Sie beträgt für einen Abdichtdeckel nur noch 0,1 min.

In dieser Zeit ist der Abdichtdeckel in die **Bohrunterlage** einzulegen und nach dem Bohren herauszunehmen (Bild 76/2). ② ③

Das gleichzeitige Einbringen der drei Bohrungen mit Hilfe des Mehrspindelbohrkopfes (Bild 76/1) wird durch ein zusätzliches Übertragungsorgan zur Hauptspindel der Bohrmaschine erreicht. Diese konstruktiven Veränderungen erfordern schöpferisch-konstruktive Überlegungen. ④

- ① Begründe, warum der Mehrspindelbohrkopf eine günstige Lösungsmöglichkeit für das vorgegebene Beispiel darstellt! Vergleiche diese Lösung mit dem Einsatz einer Mehrspindelbohrmaschine (Bild 75/2)!
- ② Berechne die Fertigungszeit für 90 000 Abdichtdeckel bei Einsatz des Mehrspindelbohrkopfes und der Bohrunterlage (Bilder 76/1 und 76/2)!
- ③ Wieviel Arbeitszeit wird durch diese Rationalisierungsmaßnahme gegenüber der bisherigen Technologie (Bild 72/2) eingespart?
Wozu könnte die eingesparte Arbeitszeit im Betrieb verwendet werden?
- ④ Konstruiere das Getriebe für einen Mehrspindelbohrkopf als Zusatzvorrichtung einer Bohrmaschine, der die Bohrvorgänge von drei auf einen reduziert!
 - a) Ermittle die Anforderungen an das Getriebe!
 - b) Bestimme ein geeignetes Getriebe!
 - c) Skizziere das Getriebe und überprüfe seine Funktionstüchtigkeit an einem Modell!

Register

A

- Anpreßkraft 60
- Antriebsorgan 10
 - , Anpassungsfähigkeit 26
 - , Betriebsbereitschaft 23, 26
 - , Energieumwandlung 15
 - , Entwicklungstendenzen 28
 - , historische Entwicklung 16ff.
 - , wirtschaftlicher Einsatz 26ff.
- Anreißschablone 74f.
- Arbeitsaufwand 7
- Arbeitskräfte, Freisetzung 14
- Arbeitsmittel 5
- Arbeitsorgan 10
 - , Industrieroboter 69
- Arbeitsproduktivität 7
 - , Steigerung 7, 71
- Arbeits- und Lebensbedingungen 8
- Ausbeutung 9, 21
- Ausrückkraft 62
- Automatisierung der Produktion 14, 70

B

- Bauelemente 9f.
- Bauteile 9f.
- Bedienelemente 11

- Betriebsbereitschaft 21
- Bewegungsform, Ändern 38
- Blockschema 12
- Bohrunterlage 76
- Bohrvorgang 75
- Bohrvorrichtung 74f.
- Bohrweg 75
- Brennstoffe 15, 20, 28

D

- Dampfmaschine 20f.
- Dieselmotor 23
- Diesel, Rudolf 23
- Drehmoment 43
 - , Ändern 41ff.
- Drehsinnänderung 37f.
- Drehzahl 42
- Drehzahländerung 37
- Druckstromverbraucher 67

E

- Einscheiben-Trockenkupplung 61
- Einzelantrieb 31f.
- Elektromotor 22, 26, 29
 - , Einsatzbereiche 27
 - , Energieflußdiagramm 28
- Energiefluß 43
- Energieflußdiagramm 28
- Energieträger 15, 25, 67
- Energieumwandlung 15

F

- Fertigungszeit 7, 73
- Flügelzellenpumpe 66f.
- Flüssigkeitsgetriebe 66
- Flüssigkeitsmotor 66f.
- Funktionsorgan 10
 - , Zusammenwirken 12
- Fußkreisdurchmesser 46

G

- Gelenkkupplung 57
- Genauigkeit 7
- Getriebe 11, 35
 - , funktionelle Anforderungen 35ff.
- Gleitlager 56
- Göpel 17
- Grundzeit 73
 - , Verringerung 75
- Gruppenantrieb 31

H

- Hebel 42
- Hilfszeit 73
 - , Verringerung 74
- Hydraulikanlage 68

I

- Industrielle Revolution 21
- Industrieroboter 13f., 32
 - , Arbeitsorgan 69
 - , Einsatz 14

- J**
Jacobi, Moritz Hermann 24
- K**
Kehrrad 16
Keilriemengetriebe 35f.
Kopfkreisdurchmesser 46
Kraftumformende Einrichtungen 62f.
Kraftumformung 41
Kuppelrädernetriebe 50
- L**
Lager 54
—, Anforderungen 54
—, Aufbau und Wirkungsprinzip 56
—, Auswahl 56
Leistung, mechanische 42
- M**
Maschinen
—, allgemeiner Aufbau 12
—, hochproduktive 13f.
—, Leistungsfähigkeit 11, 13, 23
—, mobile 22
—, stationäre 22
Maschineneinsatz 7f.
Maschinenständer 11
Masse-Leistungs-Verhältnis 28
Mechanisierung 21
Mehrmotorenantrieb 31f.
Mehrspindelbohrkopf 76
Mehrspindelbohrmaschine 75
- Mehrstufiges schaltbares Getriebe
—, Bauteile 49
- O**
Ottomotor 22
Otto, Nikolaus August 22
- P**
Perpetuum mobile 21
Produktion 13, 71
- nischen Aufgabe 64f.
Schubkurbelgetriebe 40
Siemens, Werner von 24
Spanneinrichtungen 10
Ständerbohrmaschine 9
Steuerorgan 12
Stiftkupplung 58
Stirnrad
—, Bezeichnungen 45
—, Größen 46
Stirnradgetriebe 36
—, konstruktive Gestaltung 45ff.
—, mehrstufiges schaltbares 47ff.
- R**
Reibmoment 60
Reibscheibenkupplung
—, Aufbau 60
—, Ausrückkraft 62
—, Ausrückvorrichtung 62
—, Kupplungsvorgang 64
Reibung 54ff.,
Revolution, industrielle 21
- S**
Schablonen 74
Schaltgetriebe 48
Scheibenkupplung 58f.
—, Aufbau 58
—, Wirkprinzip 59
Schieberadgetriebe 49f.

Schmierplan 55
Schmierstoffe 55
Schraubengetriebe 39
Schrittfolge
—, zur effektiven Gestaltung eines technologischen Vorgangs 73ff.
—, zur Lösung einer tech-
- T**
Technologischer Vorgang 10, 19
—, effektive Gestaltung 71f.
—, Rationalisierung 8, 13
Teilkreis 46
Teilkreisdurchmesser 46
Torsion 51
Trägerorgan 11
- U**
Übersetzungsverhältnis 46
Übertragungsorgane 11, 33ff.
—, Entwicklungstendenzen 66ff.
—, hydraulische 66ff.
—, pneumatische 66ff.
Umfangskraft 42
- V**
Verbrennungsmotor 22
—, Einsatzbereiche 26

—, Energieflußdiagramm
28
Verdichter 67
Vorrichtungen 74

W

Wälzlager 56
Wartung und Pflege 8,
26, 28, 56

Wasserräder 16ff.
Watt, James 20
Wellen 51
—, Anforderungen 52
—, Auswahl 53
—, Beanspruchung 51
—, Durchmesser 52f.
Wellenkupplung 57f., 63
Windkessel 67
Windräder 17ff.
Wirkungsgrad 21

Wissenschaftlich-tech-
nischer Fortschritt 13,
71

Z

Zahnstangengetriebe 38

Quellennachweis der Bilder

ADN, Berlin: 8/1; DEWAG, Berlin: Titelbild, 7/1, 9/1, 11/2; Grund, Leipzig:
10/1, 75/2; Kraemer, Berlin: 2. und 3. Umschlagseite, 12/1, 14/1, 31/1, 32/1,
32/2, 51/2, 69/1, 70/1, 70/2; Nagel, Halle: 45/1; VEB Mikromat, Dresden: 9/2, 11/1.

