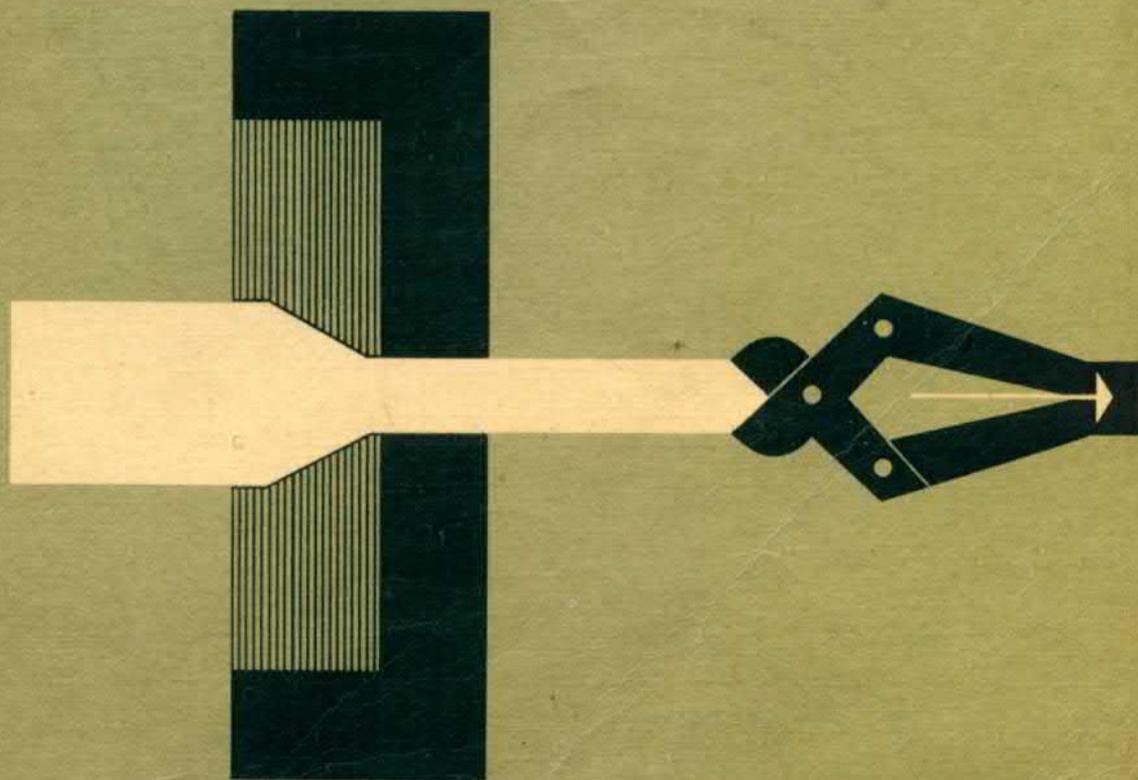
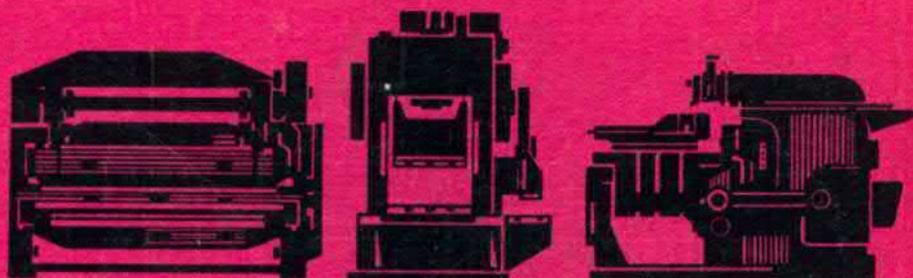
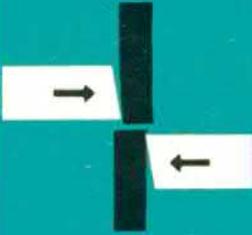
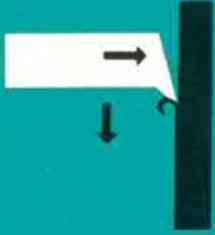
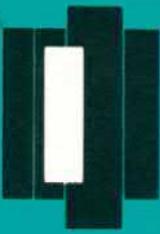
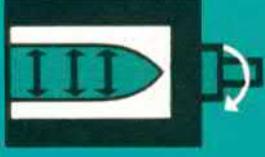
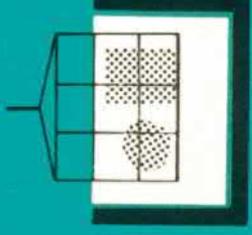
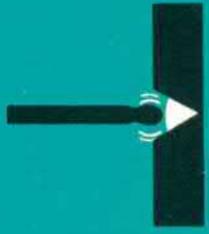


718

Einführung in die sozialistische Produktion



Fertigungsverfahren

Trennen	Umformen	Urformen	Beschichten	Fügen
 <p>Abschneiden</p>	 <p>Walzen</p>	 <p>Gießen durch Schwerkraft</p>	 <p>Anstreichen</p>	 <p>Anpressen (Keil)</p>
 <p>Kurz hobeln</p>	 <p>Pressen</p>	 <p>Gießen durch Druckkraft</p>	 <p>Aufspritzen</p>	 <p>Zusammenlegen (Feder)</p>
 <p>Brennschneiden</p>	 <p>Ziehen</p>	 <p>Gießen durch Fliehkraft</p>	 <p>Tauchen</p>	 <p>Stoffverbinden (Schweißnaht)</p>

Einführung in die sozialistische Produktion

Lehrbuch für die Klassen 7 und 8



Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1981

Autoren:

Otto Werk (Unser Betrieb, Einsatz von Maschinen und Fertigungsorganisation)

Herbert Franke (Formgebung durch Trennen, Formgebung durch Umformen, Formgebung durch Urformen, Beschichten von Oberflächen, Systematische Zusammenfassung der Fertigungsverfahren, Wirtschaftlichkeit der Fertigungsverfahren)

Gerhard Schwebs (Formgebung durch Fügen)

Werner Frügel (Aufbau und Funktion der Maschinen)

Heinz Kolanowski (Werkstoffeigenschaften und ihre Veränderungen)

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

Einzelne Beiträge lieferten die Mitarbeiter der Hochschule für Ökonomie, Berlin-Karlshorst: Gerhard Damerow, Herbert Lander, Gerhard Naugk, Hans Schenkel, Werner Schnurpel.

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



14. Auflage

Ausgabe 1968

Lizenz-Nr. 203 · 1000/81 (UN 060703-14)

LSV 0681

Redaktion: Gerda Mehlis · Heinz Graff

Einband: Karl-Heinz Wieland

Typografische Gestaltung: Atelier vvw

Zeichnungen: Gerhard Anton, Heinrich Ligkwitz

Printed in the German Democratic Republic

Satz: Grafischer Großbetrieb Völkerfreundschaft

Druck: (140) Druckerei Neues Deutschland, Berlin

Gesetzt aus: 8 Punkt Garamond-Antiqua (156-8)

Redaktionsschluß: 12. 6. 1980

Bestell-Nr. 730 127 3

Schulpreis DDR: 1,70

INHALT

MECHANISCHE TECHNOLOGIE UND MASCHINENKUNDE

Unser Betrieb	5
Überblick über die Volkswirtschaft der DDR	6
Die Stellung der Industrie und der Landwirtschaft in der Volkswirtschaft der DDR	7
Gesellschaftliche Arbeitsteilung und Kooperation	9
Die Aufgaben der Werktätigen	11
<i>Die Steigerung der Produktion</i>	11
<i>Die Qualität der Erzeugnisse</i>	12
<i>Die Senkung der Kosten</i>	12
Formgebung durch Trennen	14
Abschneiden als Beispiel für das Zerteilen ..	15
<i>Vorgang des Abschneidens mit der Schere</i>	15
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	15
<i>Anwendungsgebiete des Zerteilens</i>	16
Hobeln als Beispiel für das Spanen	17
<i>Vorgang beim Hobeln mit dem Handbobel</i>	18
<i>Vorgang beim Hobeln mit der Hobelmaschine (Kurzbobeln oder Stoßen)</i>	18
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	18
<i>Anwendungsgebiete des Spanens</i>	20
Brennschneiden als Beispiel für das Abtragen	20
<i>Vorgang beim Brennschneiden</i>	21
<i>Anwendungsgebiete des Abtragens</i>	21
Überblick über die Trennverfahren	22
Wirtschaftlichkeit der Trennverfahren	23
Formgebung durch Umformen	25
Walzen als Beispiel für das Druckumformen	26
<i>Vorgang des Walzens</i>	26
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	27
Formpressen als Beispiel für das Druckumformen	28
<i>Vorgang beim Gesenktschmieden und Gesenktpressen</i>	28
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	29
<i>Anwendungsgebiete des Druckumformens</i>	29

Ziehen als Beispiel für das Zugdruckumformen	30
<i>Vorgang beim Stranzziehen</i>	30
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	31
<i>Anwendungsgebiete des Zugdruckumformens</i>	31
Überblick über die Umformverfahren	32
Wirtschaftlichkeit der Umformverfahren	32
Formgebung durch Urformen	36
Gießen	37
<i>Vorgang beim Sandformguß</i>	37
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	38
<i>Anwendungsgebiete des Gießens</i>	38
Pressen	39
<i>Vorgang beim Pressen von Metallpulver</i>	39
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	40
<i>Anwendungsgebiete des Pressens</i>	40
Überblick über die Urformverfahren	41
Wirtschaftlichkeit der Urformverfahren	42
Beschichten von Oberflächen	44
Nichtmetallische Überzüge	45
Metallische Überzüge	45
Überblick über die Beschichtungsverfahren	47
Wirtschaftlichkeit der Beschichtungsverfahren	47
Formgebung durch Fügen	49
Keilverbindungen	50
<i>Aufbau und Wirkungsweise</i>	50
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	50
<i>Anwendungsbereich</i>	51
Federverbindungen	52
<i>Aufbau und Wirkungsweise</i>	52
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	53
<i>Anwendungsbereich</i>	53
Schweißverbindungen	54
<i>Vorgang beim Schmelzschweißen</i>	54
<i>Naturwissenschaftliche Grundlagen</i>	54
<i>Anwendungsbereich</i>	55
Überblick über die Verbindungsarten'	56
<i>Wirtschaftlichkeit des Fügens</i>	57

Systematische Zusammenfassung der Fertigungsverfahren	59	Anpassung der Maschinen an den technologischen Prozeß	95
Übersicht	59	Ökonomischer Einsatz von Maschinen	97
Wirtschaftlichkeit der Fertigungsverfahren	61	<i>Der Verschleiß der Maschinen und Anlagen</i>	97
Aufbau und Funktion der Maschinen ...	67	<i>Möglichkeiten zur rationellen Auslastung der Maschinen und Anlagen</i>	98
Grundbaugruppen der Werkzeugmaschinen	69	Mechanisierung und Automatisierung der Fertigungsprozesse	102
<i>Arbeitselemente</i>	70	<i>Die Mechanisierung</i>	102
<i>Antriebs-elemente</i>	73	<i>Die Automatisierung</i>	102
<i>Übertragungselemente</i>	75	<i>Die Auswirkungen der Mechanisierung und Automatisierung</i>	104
<i>Steuerelemente</i>	79	Werkstoffeigenschaften und ihre Veränderungen	105
<i>Trägerelemente</i>	80	Werkstoff Stahl	107
Einteilung der Maschinen	81	<i>Eigenschaften von Stahl</i>	107
Maschinen und Arbeitsproduktivität	82	<i>Veränderung der Eigenschaften von Stahl</i>	109
Einsatz von Maschinen und Fertigungsorganisation	85	Wirtschaftlicher Werkstoffeinsatz	110
Organisation des Produktionsprozesses	86	Einfluß der Wissenschaft auf die Herstellung neuer Werkstoffe	110
<i>Die Fertigungsarten</i>	86		
<i>Die Fertigungsprinzipien</i>	89		
<i>Vergleich einiger Fertigungsmöglichkeiten</i>	93		

UNSER BETRIEB

Die Menschen benötigen zum Leben Nahrung, Kleidung, Wohnung und andere *materielle Güter*, die sie nicht fertig in der Natur vorfinden. Sie müssen diese Dinge erst herstellen; sie müssen sie *produzieren*.

Das Eisenerz nützt uns so, wie es in der Natur vorkommt, im täglichen Leben nichts. Es muß zunächst aus dem Erdinneren gebrochen und zutage gefördert werden. Das ist die Arbeit der Bergleute. Die Hochöfner erzeugen aus dem Erz Roheisen. Die Stahlwerker verarbeiten das Roheisen zu Stahl; die Walzwerker stellen aus dem Stahl schließlich Bleche und Profile (Formstähle) her (Bild 5/1).

Die Maschinenbauer verarbeiten den Stahl zu Maschinen und Anlagen, und die Werk tätigen der Metallwarenindustrie stellen mit diesen Maschinen – aus Blech oder Profilstahl – Karosserien, Töpfe, Bestecke, Scheren und viele andere Gebrauchsgegenstände des täglichen Lebens her (Bild 5/2).

Bevor wir das Brot essen können, ist die Arbeit vieler Menschen erforderlich. Die Genossenschaftsbauern bestellen die Felder, pflügen die Saat und ernten das Getreide. Die Arbeiter in den Mühlen mahlen die Körner zu Mehl. Die Bäcker backen schließlich aus dem Mehl das Brot.

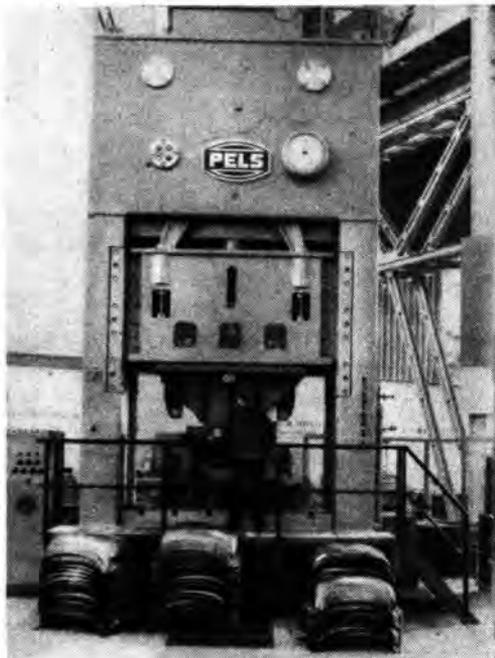
Es zeigt sich also: Alles, was wir bei der Arbeit, beim Lernen und in unserem persönlichen Leben benötigen, ist das Ergebnis *menschlicher Arbeit*.

Daran sollten wir uns stets erinnern, ganz gleich, ob wir mit Werkzeugen, Maschinen, Materialien, Schulbüchern, Kleidungsstücken, Haushaltsgegenständen oder Nahrungsmitteln umgehen.



5/1 Walzen von Stahl

5/2 Tiefziehen von Blechteilen



Überblick über die Volkswirtschaft der DDR

Die Volkswirtschaft eines Landes umfaßt alle Produktions- und Arbeitsbereiche. Zu ihr gehören sowohl die Bereiche, in denen die für das Leben notwendigen materiellen Güter produziert werden, als auch jene, die keine Produkte herstellen. Wir unterscheiden zunächst zwischen *produzierenden* und *nichtproduzierenden Bereichen*.

Zu den **produzierenden Bereichen** gehören die Industrie, die Land- und Forstwirtschaft, das Bauwesen, das produzierende Handwerk, das Verkehrswesen und andere.

Zu den **nichtproduzierenden Bereichen** zählen zum Beispiel die Verwaltungen, das Bildungs- und Gesundheitswesen und die kulturellen Einrichtungen. Diese verschiedenen Bereiche haben sich als Folge der *gesellschaftlichen Arbeitsteilung* herausgebildet. Ihre Bedeutung für die gesamte Volkswirtschaft ist unterschiedlich. Das heißt jedoch nicht, daß ein Bereich unwichtig wäre.

Die Aufgaben sowie die charakteristischen Merkmale der wichtigsten produzierenden Bereiche sind folgende:

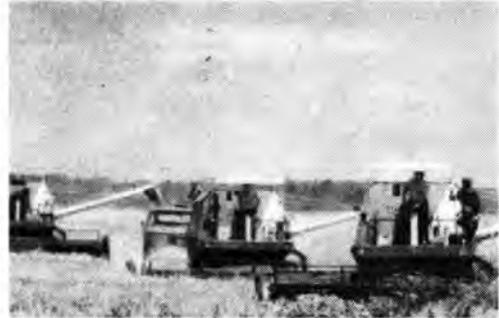
Die **Industrie** fördert Bodenschätze, verarbeitet sie zu Rohstoffen, stellt Maschinen, Anlagen, Transportmittel und anderes mehr für alle Bereiche der Volkswirtschaft her und erzeugt Gebrauchsgegenstände aller Art für die Bevölkerung. Das charakteristische Merkmal der Industrie ist die maschinelle Großproduktion (Bild 6/1).

Die **Land- und Forstwirtschaft** produziert tierische und pflanzliche Erzeugnisse für die Bevölkerung. Sie ist darüber hinaus ein wichtiger Rohstofflieferant der Industrie (Holz, Fasern, Häute). In unserer sozialistischen Landwirtschaft wird die ehemals schwere körperliche Arbeit bereits weitgehend mit Maschinen ausgeführt. Immer stärker setzen sich industriemäßige Produktionsmethoden durch (Bild 6/2).

Das **Bauwesen** führt für alle Bereiche der Volkswirtschaft Bauleistungen in Form von Neu-, Um- und Erweiterungsbauten sowie Instandhaltungen aus. Im Bauwesen werden heute ebenfalls moderne Produktionsmethoden angewendet und Maschinen eingesetzt (Bild 6/3).



6/1 Automatische Fließfertigung



6/2 Komplexeinsatz von Mähdreschern



6/3 Großblockbauweise

Das **Handwerk** produziert Einzelstücke, repariert und führt Dienstleistungen verschiedenster Art aus, vor allem für die Bevölkerung. Im Gegensatz zur Industrie herrscht im Handwerk die Kleinproduktion vor, die auf der Handarbeit und der Anwendung einfacher Maschinen und Werkzeuge beruht.

Das **Verkehrswesen** hat die Aufgabe, Personen, Güter und Nachrichten zu befördern. Es verbindet die Stätten der Produktion mit denen des Ver-

brauchs. Seine materielle Leistung ist die Ortsveränderung von Gütern, Personen und Nachrichten.

● *Oräne deinen Betrieb dem entsprechenden Bereich zu und stelle einige wichtige Beziehungen zu den anderen Bereichen dar!*

Die Stellung der Industrie und der Landwirtschaft in der Volkswirtschaft der DDR

Die entwickelte sozialistische Gesellschaft ist ohne eine leistungsfähige Industrie undenkbar. Deshalb haben die Partei der Arbeiterklasse und die Regierung der Deutschen Demokratischen Republik der Entwicklung der Industrie stets größte Beachtung geschenkt.

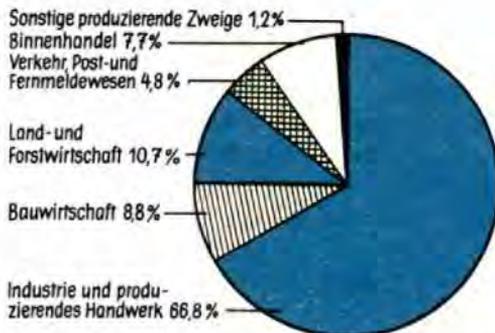
Die führende Stellung der Industrie in unserer Volkswirtschaft kommt unter anderem darin zum Ausdruck, daß der weitaus größte Teil aller materiellen Güter von der Industrie erzeugt wird. Ihr Anteil am *gesellschaftlichen Gesamtprodukt* – so bezeichnet man alle in einem bestimmten Zeitraum hergestellten materiellen Güter – beträgt rund zwei Drittel (Bild 7/1).

Seit der Gründung der Deutschen Demokratischen Republik hat die Industrie einen ununterbrochenen und steilen Aufschwung genommen. Die industrielle Warenproduktion ist von 1950 bis 1975 auf 732 Prozent angewachsen (Bild 7/2).

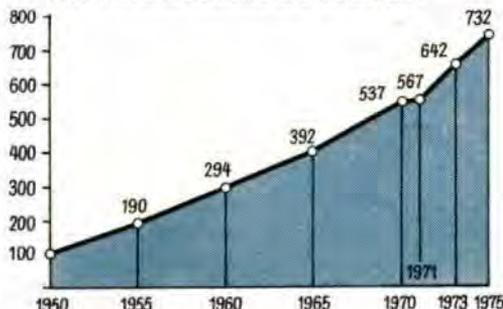
Damit ist unsere Republik zu einem der zehn führenden Industriestaaten der Welt aufgerückt.

Die Industrie ist der wichtigste Hersteller von *Produktionsmitteln*. Wir verstehen darunter alle Dinge, mit denen produziert wird. Dazu zählen Maschinen, Anlagen, Werkzeuge, Transportmittel, Stahl, Kohle, Holz, Energie und vieles andere mehr. Zahlreiche Erzeugnisse der Landwirtschaft, wie Hanf, Stroh, Zuckerrüben, Kartoffeln, Obst, Gemüse, Schlachtvieh, können ebenfalls Produktionsmittel sein, wenn sie der verarbeitenden Industrie zur Herstellung ihrer Erzeugnisse (Zucker, Kartoffelmehl, Konserven) dienen.

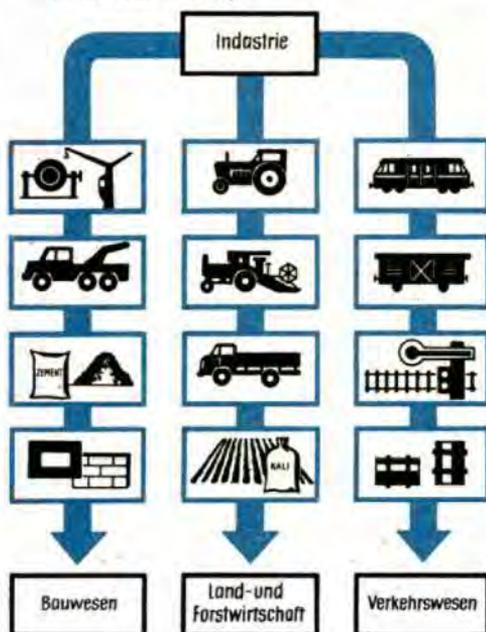
Die Industrie erzeugt für sich selbst ständig neue leistungsfähige Maschinen und Ausrüstungen und beliefert darüber hinaus *alle* anderen Bereiche mit Produktionsmitteln (Bild 7/3).



7/1 Aufkommen des gesellschaftlichen Gesamtprodukts nach Wirtschaftsbereichen in der DDR 1974



7/2 Entwicklung der industriellen Warenproduktion der DDR; 1950 = 100%



7/3 Belieferung ausgewählter Bereiche mit Produktionsmitteln

Sie schafft damit die Voraussetzungen, um die Produktion in diesen Bereichen steigern zu können. Wenn also beispielsweise der IX. Parteitag der SED der Landwirtschaft die Aufgabe stellt, die Erträge weiter zu erhöhen und die Produktion zu intensivieren, so ergibt sich daraus für die Industrie die Forderung, noch leistungsfähigere Traktoren, Geräte, Transportmittel sowie größere Mengen an Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmitteln herzustellen. Nur so kann die Landwirtschaft die an sie gestellten Anforderungen erfüllen.

► **Die Produktionsmittel sind die Voraussetzung für die Erzeugung materieller Güter sowie für die Steigerung der Produktion.**

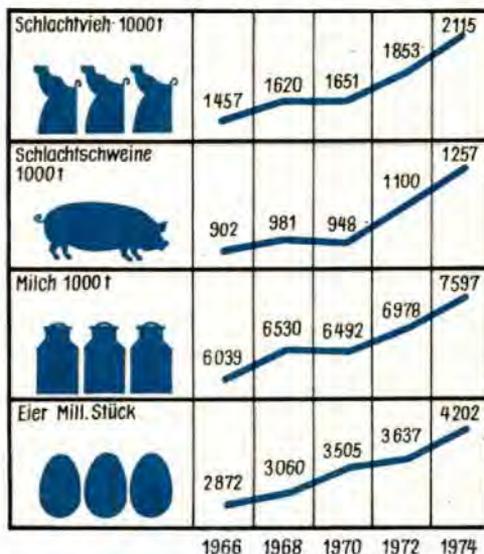
Wenn bisher die führende Stellung der Industrie in unserer Volkswirtschaft hervorgehoben wurde, so muß aber gleichzeitig darauf hingewiesen werden, daß die Industrie nur Teil eines Ganzen ist. Sie ist eng mit den anderen Bereichen verflochten und nimmt ständig Leistungen von ihnen in Anspruch.

Eine wichtige Stellung nimmt in unserer Volkswirtschaft auch die sozialistische Landwirtschaft ein. Die Sozialistische Einheitspartei Deutschlands und die Regierung der DDR haben ihrer Entwicklung stets große Aufmerksamkeit geschenkt.

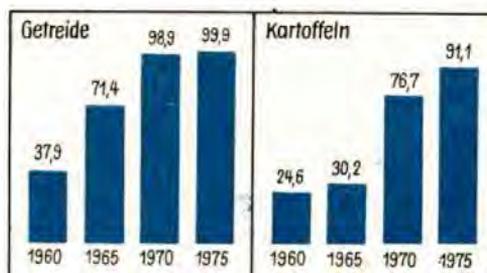
Dank dieser Wirtschaftspolitik und der unermüdbaren Arbeit der Genossenschaftsbauern und Landarbeiter verfügt unsere Republik nicht nur über eine hochentwickelte Industrie, sondern auch über eine leistungsfähige Landwirtschaft.

Die Leistungsfähigkeit unserer sozialistischen Landwirtschaft zeigt sich zum Beispiel in dem grundsätzlich steigenden staatlichen Aufkommen an tierischen Erzeugnissen (Bild 8/1).

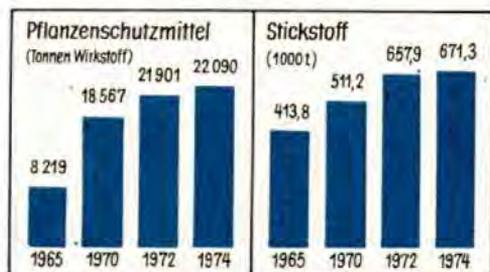
Dadurch wurde es möglich, die Bevölkerung im wesentlichen aus eigenem Aufkommen mit Grundnahrungsmitteln zu versorgen. Das bedeutet, daß täglich rund 30000 Schweine, 4700 Rinder, 18000 Tonnen Milch, 220000 Stück Geflügel und 9 Millionen Eier bereitgestellt werden müssen. Die Erfolge in der tierischen Produktion waren nicht zuletzt deshalb möglich, weil es durch vielfältige Maß-



8/1 Steigerung des staatlichen Aufkommens an tierischen Erzeugnissen



8/2 Mit Großmaschinen abgeerntete Flächen, in der sozialistischen Landwirtschaft (in Prozent)



8/3 Versorgung der sozialistischen Landwirtschaft mit Pflanzenschutzmitteln und Stickstoff

nahmen gelang, die Bodenfruchtbarkeit zu erhöhen und damit die Hektarerträge bei pflanzlichen Erzeugnissen zu steigern. Zu diesen Maßnahmen

zählen die Be- und Entwässerung, die Bereitstellung von Düngemitteln und die Ausstattung der Landwirtschaftsbetriebe mit moderner Technik (Bilder 8/2 und 8/3).

► **Die Deutsche Demokratische Republik ist ein hochentwickelter Industriestaat mit einer leistungsfähigen Landwirtschaft.**

Gesellschaftliche Arbeitsteilung und Kooperation

Die fortschreitende gesellschaftliche Arbeitsteilung hat dazu geführt, daß jeder der oben genannten Bereiche weiter untergliedert ist.

Arbeitsteilung in der Industrie: Man unterscheidet heute 10 verschiedene *Industriebereiche*. Das sind:

Energie-
und Brennstoffindustrie
Chemische Industrie
Metallurgie



Wasserwirtschaft
Baumaterialienindustrie
Maschinen-
und Fahrzeugbau
Elektrotechnik/
Elektronik/Gerätebau



Leichtindustrie
Textilindustrie



Lebensmittelindustrie

Jeder Industriebereich gliedert sich wiederum in eine Anzahl von *Industriezweigen*. So gehören zum Maschinen- und Fahrzeugbau unter anderem die Industriezweige: Energiemaschinenbau, Metallurgieausrüstungsbau, Chemieausrüstungsbau, Werkzeugmaschinenbau, Werkzeug- und Vorrichtungsbau, Holzbearbeitungsmaschinenbau, Textil-, Konfektions- und Lederverarbeitungsmaschinenbau, Lebensmittel- und Verpackungsmaschinenbau, Straßenfahrzeug- und Traktorenbau, Schiffbau, Fördermittel- und Hebezeugbau.

● *Erkundige dich, zu welchem Industriebereich und Industriezweig dein Betrieb gehört!*

Die Bezeichnungen der Industriezweige lassen erkennen, welche Erzeugnisse dort hergestellt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß sich die Betriebe eines Zweiges bereits weiter spezialisiert haben. So produzieren innerhalb des Straßenfahrzeug- und Traktorenbaus einige Betriebe heute nur noch Lastkraftwagen, andere Personenkraftwagen, wieder andere Motorräder oder Traktoren. Die jeweils erforderlichen Einzelteile, wie Scheinwerfer, Blinker, Spiegel, Sitze, Reifen, werden von entsprechenden Spezialbetrieben hergestellt.

Arbeitsteilung in der Landwirtschaft: Auch in der Landwirtschaft hat die gesellschaftliche Arbeitsteilung zu einer weitgehenden Untergliederung dieses Wirtschaftsbereiches geführt.

Die Landwirtschaft untergliedert sich in:

Pflanzen- produktion	Tier- produktion	Binnen- fischerei	Garten- bau	Landw. Neben- betriebe
-------------------------	---------------------	----------------------	----------------	------------------------------

Die wichtigsten Zweige der Landwirtschaft sind die Pflanzen- und Tierproduktion.

Eng verbunden mit der Landwirtschaft ist die Nahrungsgüterwirtschaft. Hierzu gehören:

die milchverarbeitende Industrie,
die Stärke- und Zuckerwirtschaft,
die fleischverarbeitende Industrie und
die getreideverarbeitende Industrie.

Kooperation in der Industrie. Jedes komplexe industrielle Erzeugnis durchläuft vom Rohzustand bis zum Fertigzustand einen mehr oder

weniger langen und komplizierten Prozeß. Kein Betrieb stellt heute mehr ein Erzeugnis völlig allein, das heißt ohne Mithilfe anderer Betriebe, her. An der Herstellung bestimmter Erzeugnisse arbeiten Hunderte, ja, manchmal Tausende von Menschen. So kooperiert der VEB Ifa-Automobilwerke Ludwigsfelde beim Bau von Lastkraftwagen des Typs W 50 mit folgenden Hauptzulieferbetrieben:

1. VEB Motorenwerk – Motor
Nordhausen
2. VEB Getriebewerk – Getriebe
Brandenburg
3. VEB Berliner – Bremsaggregate
Bremsenwerk
4. VEB Renak-Werke – Radbremse, Brems-
kupplung, Stoß-
dämpfer
5. VEB Schmiedewerk – Blattfedern, Gummi-
federn
Roßwein
6. VEB Reifenwerk – Bereitung
Fürstenwalde
7. VEB Fahrzeug- – Scheibenräder, Lenk-
karosseriewerk getriebe, Lenksäulen,
Gera Kurbelapparate,
Hebeschienen
8. VEB Lenkgetriebe- – Gelenkwellen,
werk Stadtilm Kreuzgelenke
9. VEB Möwe-Werk – Spur- und Lenk-
Mühlhausen stangen, Hand-
bremsen, Fahrersitz,
Beifahrersitz,
Seilwinde
10. VEB Blechverfor- – Kühler, Schalldämpfer
mungswerk Leipzig
11. VEB Gummikom- – Gummiteile
binat Thüringen
12. VEB Flachglas- – Sicherheitsglas
kombinat Torgau
13. VEB/K Vereinigte – Boden für Pritsche,
Holzindustrie Seitenbretter
Mellensee
14. VEB Industriewerk – Ölpumpen für
Karl-Marx-Stadt Lenkung
15. VEB Spezialfahr- – Stahlbordwände,
zeugwerk Adlershof Spezialausrüstung

16. VEB Karosserie- – Kofferaufbauten
werk Dresden
17. VEB Robur-Werke – Hydraulikgeräte,
Zittau Möbelwagen

Darüber hinaus haben die Automobilwerke Ludwigsfelde noch über 100 weitere Zulieferbetriebe für Kleinteile.

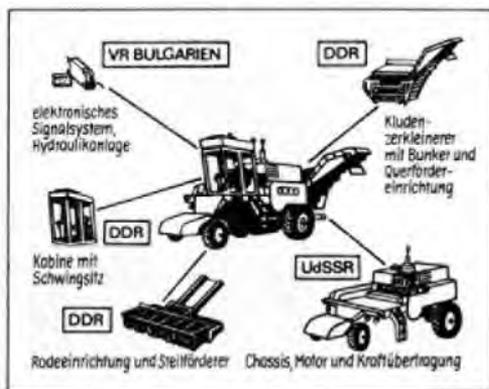
Aus der Kooperation erwächst den Werkträgern dieser Betriebe eine große Verantwortung. Erfüllt nur ein Partner seine Aufgaben nicht termin- und qualitätsgerecht, so gerät zwangsläufig die Produktion ins Stocken. Durch das Fehlen oder durch den Ausfall eines Teiles, selbst wenn es noch so bedeutungslos erscheint, kann das Endprodukt nicht fertiggestellt werden.

Die Kooperation beschränkt sich jedoch nicht nur auf Betriebe des eigenen Landes, sondern nimmt in zunehmendem Maße internationalen Charakter an. Ein Beispiel für die internationale Zusammenarbeit ist die Entwicklung und der Bau der Zuckerrübenkombi „K S 6“ durch die UdSSR, die VR Bulgarien und die DDR (Bild 11/1).

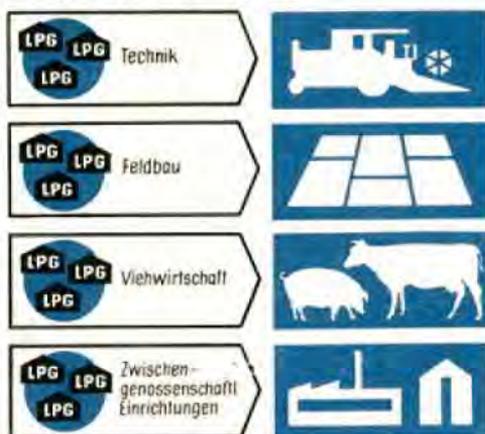
● Stelle für einige typische Erzeugnisse die Kooperationsbeziehungen deines Betriebes nach folgendem Muster zusammen!

Zulieferungen: Erzeugnis: Abnehmer:

Kooperation in der Landwirtschaft. Die weitere Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion bedingt auch hier eine enge Zusammenarbeit der Betriebe. Diese Kooperation kann sich auf die verschiedenen Zweige der Landwirtschaft erstrecken und auch die weiterverarbeitende Industrie, zum Beispiel Konservenfabriken, und den Handel mit einschließen. Die Kooperationspartner vereinbaren vertraglich, auf welchen Gebieten sie zusammenarbeiten. Sie legen zum Beispiel fest: Die Technik wird gemeinsam genutzt und dadurch voll ausgelastet, die Viehhaltung wird gegenseitig abgestimmt und Einrichtungen, wie Wirtschaftsgebäude, Silos, Reparaturwerkstätten, Betriebsküchen, werden gemeinsam gebaut und genutzt (Bild 11/2).



11/1 Zuckerrübenkombi „KS 6“ als Beispiel für Integration im Landmaschinenbau; die Maschine wird gemeinsam von der UdSSR, DDR und VR Bulgarien entwickelt und gebaut



11/2 Kooperationsbeziehungen in der Landwirtschaft

In den letzten Jahren ist der Prozeß der Spezialisierung und Kooperation in der Landwirtschaft weiter fortgeschritten. Ausdruck dafür sind die kooperativen Abteilungen Pflanzenproduktion (KAP). Das sind kooperative Einrichtungen zur Bewirtschaftung von Acker- und Grünland mehrerer LPG, GPG und VEG.

Der Übergang zur kooperativen Pflanzenproduktion erfolgt schrittweise. Er ist der Weg zur rationellen Nutzung des Bodens und zur weiteren Intensivierung der Pflanzenproduktion. Damit werden die Voraussetzungen für eine intensive Viehwirtschaft und für eine noch bessere Versor-

gung der Bevölkerung mit hochwertigen Nahrungsmitteln geschaffen.

Die KAP sind ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur industriemäßigen Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse.

Merkmale industriemäßiger Produktionsmethoden in der Landwirtschaft sind u. a.

- Handarbeit wird zunehmend durch Maschinenarbeit, durch ganze Maschinensysteme ersetzt.
- Konzentration und Spezialisierung der Produktion führen zu großen spezialisierten Produktionseinheiten (so ist z. B. die Hauptproduktionsrichtung einer KAP der Getreideanbau).
- Ständige Anwendung der neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse.

► Die gesellschaftliche Arbeitsteilung führt in allen Bereichen der Volkswirtschaft zu einer immer stärkeren Spezialisierung. Das erfordert die Zusammenarbeit der verschiedenen Betriebe und den Austausch der Erzeugnisse. Wir bezeichnen das als Kooperation.

Die Aufgaben der Werktätigen

Die Steigerung der Produktion

Um den wachsenden Bedarf an Rohstoffen, Werkzeugen, Maschinen, Gebrauchsgegenständen, Nahrungsmitteln usw. befriedigen zu können, muß die Produktion ständig gesteigert werden.

Die Direktive des IX. Parteitagess der SED zur Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR von 1976 bis 1980 sah vor, die industrielle Warenproduktion auf 134 bis 136 Prozent zu steigern. Dabei war das Entwicklungstempo der einzelnen Industriebereiche unterschiedlich. Es richtete sich nach dem erreichten Entwicklungsstand sowie nach der Bedeutung, die der einzelne Bereich für die gesamte Volkswirtschaft hat (Bild 12/1).

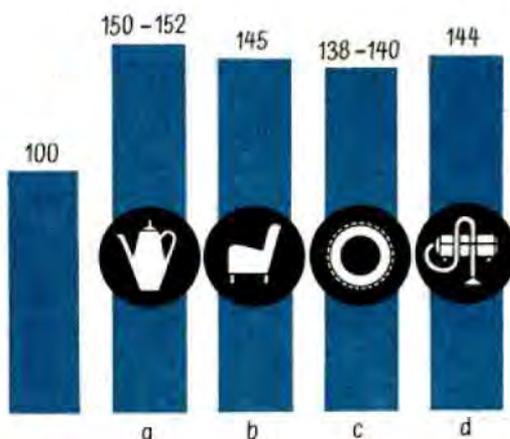
Nicht zufällig werden die Elektrotechnik, besonders die Elektronik, der Schwermaschinen- und Anlagenbau und die chemische Industrie eine überdurchschnittliche Entwicklung nehmen. Schaffen doch diese Bereiche mit ihren Erzeugnissen die Voraussetzungen dafür, die Produktion aller Bereiche rasch zu entwickeln und die Versorgung

der Bevölkerung mit industriellen Konsumgütern weiter zu verbessern (Bild 12/2).

Die Direktive des IX. Parteitagés der SED zur Entwicklung der Volkswirtschaft der DDR von 1976 bis 1980 stellte auch der Landwirtschaft groÙe Aufgaben. Ihr wichtigster Beitrag ist die gesunde Ernährung des Volkes mit hochwertigen Nahrungsmitteln und die immer weitgehendere Versorgung der Industrie mit Rohstoffen aus der eigenen landwirtschaftlichen Produktion (Bild 12/3).

Werkzeugmaschinen	136 - 138 %
Chemische Industrie	144 - 146 %
Textilindustrie / Bekleidung	142 - 143 %
Schwermaschinen- und Anlagenbau	139 - 141 %
Werkzeug- und Werkzeugmaschinenbau	156 - 157 %
Elektrische und elektronische Industrie	144 - 146 %

12/1 Geplante Entwicklung der industriellen Warenproduktion in ausgewählten Industriezweigen bis 1980



12/2 Geplante Entwicklung der Produktion ausgewählter Konsumgüter bis 1980 (in Prozent)

- Haushalt- und Hotelporzellan
- Möbel- und Polsterwaren
- LKW- und PKW-Reifen
- elektrische und elektronische Konsumgüter

Schlachtvieh (Kt)		Milch (Kt)		Eier (Mio Stück)	
1975	1900	7200	8200	3600	4300
1980	2300				

12/3 Geplante Entwicklung des staatlichen Aufkommens wichtiger tierischer Erzeugnisse

Der Hauptweg, um den Umfang und die Qualität der gesellschaftlichen Produktion zu steigern, ist ihre Intensivierung und die Erhöhung ihrer Effektivität. Das Ziel ist die bessere Befriedigung des Bedarfs der Bevölkerung. Das erfordert die produktivere Nutzung und Erhöhung der Leistungsfähigkeit der umfangreichen Produktionskapazitäten, die rationelle Ausnutzung der Produktionsflächen und -räume durch eine höhere Materialökonomie, die Senkung der Kosten, die Durchsetzung der wissenschaftlichen Arbeitsorganisation und die volle Ausnutzung der Arbeitszeit.

Die Qualität der Erzeugnisse

Jeder von uns ist daran interessiert, Erzeugnisse von guter Qualität zu kaufen. Deshalb kommt es nicht nur darauf an, mehr zu produzieren, sondern auch die *Qualität der Erzeugnisse zu erhöhen*.

Unter Qualität eines industriellen Erzeugnisses verstehen wir beispielsweise solche Eigenschaften wie Zweckmäßigkeit, Funktionstüchtigkeit, Nutzungsdauer und Formschönheit. Die Ansprüche der Käufer im In- und Ausland an diese Eigenschaften der Erzeugnisse werden ständig höher und ändern sich schnell. Das bedeutet für alle Betriebe, ihre Erzeugnisse ständig weiterzuentwickeln und auf den neuesten Stand zu bringen. Das ist vornehmlich Sache der Wissenschaftler und Konstrukteure. Aber auch die Werk tätigen

können im Rahmen der Neuererbewegung hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten. Um die Qualität eines Erzeugnisses muß täglich an *jedem Arbeitsplatz* erneut gerungen werden, denn ein Produkt ist bekanntlich nur so gut, wie das schlechteste seiner Einzelteile. Daraus erwächst jedem Arbeiter die Aufgabe, stets sein ganzes Wissen und Können einzusetzen und immer gewissenhaft zu arbeiten. Die Qualitätskennwerte sind in Standards und anderen Gütevorschriften festgelegt. Das Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung (ASMW) prüft die Erzeugnisse der Industrie, stuft sie im Hinblick auf den wissenschaftlich-technischen Höchststand in Güteklassen ein und erteilt entsprechende Gütezeichen (Bild 13/1).

Was hier für die Industrie gesagt wurde, gilt selbstverständlich auch für die Landwirtschaft. Auch bei Kartoffeln, Obst und Gemüse erwartet der Käufer, daß er für sein gutes Geld gute Ware erhält.



Es werden erteilt:
Q für Erzeugnisse, die über den Durchschnittserzeugnissen des Weltmarkts liegen und den Weltstand bestimmen bzw. mitbestimmen,



I für Erzeugnisse, die durchschnittlichen Erzeugnissen gleicher oder ähnlicher Art in der Welt entsprechen.

Das Attestierungszeichen erhalten vor allem Rohstoffe und Halbfabrikate, deren Qualität ebenfalls einem hohen internationalen Niveau entspricht.

13/1 Gütezeichen des ASMW

Die Senkung der Kosten

Eine weitere Aufgabe jedes Werktätigen ist die *Senkung der Kosten*.

Die Kosten entstehen vor allem durch den Verbrauch von Material, durch die Abnutzung und Instandhaltung der Maschinen und Werkzeuge sowie durch die Lohnzahlungen.

Durch den sparsamen und zweckmäßigen Einsatz des Materials, durch die rationelle Auslastung der Maschinen sowie durch die Senkung des Aufwandes an Arbeitszeit können die Kosten gesenkt und damit die Erzeugnisse billiger hergestellt werden.

► **Die Aufgaben der Werktätigen jedes Betriebes bestehen darin, mehr, besser und billiger zu produzieren.**

Je mehr Produkte die Werktätigen erzeugen, desto größer ist das Angebot in den Geschäften; je sorgfältiger sie arbeiten, desto bessere Gegenstände sind im Handel erhältlich; je sparsamer sie mit Material und Arbeitszeit umgehen, desto billiger können die Erzeugnisse verkauft werden.

Aufgaben

1. Begründe, warum die Industrie in unserer Volkswirtschaft die führende Stellung einnimmt!
2. Erläutere die Aufgaben und die Stellung der Landwirtschaft in der DDR!
3. Erkundige dich, welche Produktionssteigerung für deinen Betrieb in den nächsten Jahren vorgesehen ist!
4. Sprich mit Arbeitern bzw. Genossenschaftsbauern darüber, wie die Steigerung der Produktion erreicht werden soll!
5. Erkundige dich, welche Erzeugnisse deines Betriebes ein Gütezeichen tragen und warum sie dieses Gütezeichen erhielten!
6. Informiere dich, welche Anstrengungen die Werktätigen unternehmen, um die Qualität der Erzeugnisse weiter zu verbessern!

FORMGEBUNG DURCH TRENNEN

Bereits im Werkunterricht wurden mit der Schere Papierblätter, Pappstücke und Plastfolien zerteilt. So entstanden aus einem Stück mehrere Teile. Bei diesem *Zerteilen* ging kein Werkstoff verloren (jedoch können Abfallstücke übrigbleiben). Die Formen anderer fester Körper, zum Beispiel solcher aus Holz und Plast, wurden durch Sägen und Feilen verändert. Außerdem wurden die Werkstücke durch Bohren mit Löchern versehen. Durch das Sägen und Feilen wurde das Werkstück gleichfalls verkleinert und erhielt eine neue Form, doch es entstanden hierbei Späne. Deshalb werden diese Trennverfahren auch als *Spanen* bezeichnet. Im Gegensatz zum Zerteilen geht also beim Spanen Werkstoff verloren.

Aus dem Physikunterricht ist bekannt, daß zwischen den Stoffteilchen eine je nach der Art des Stoffes mehr oder weniger große Zusammenhaltskraft, die *Kohäsionskraft*, wirkt. Den Trennverfahren Zerteilen und Spanen ist gemeinsam, daß das Werkstück seine Form durch das Aufheben des Zusammenhalts der Werkstoffteilchen an der Trennstelle erhält.

Der Zusammenhalt der Werkstoffteilchen wird hier durch mechanische Kräfte aufgehoben.

Als Beispiel für das Wirken mechanischer Kräfte beim Zerteilen und Spanen sollen im folgenden das *Abschneiden* und das *Hobeln* betrachtet werden.

Außer durch mechanische Kräfte kann der Zusammenhalt der Stoffteilchen aber auch durch andere, zum Beispiel physikalisch-chemische Kräfte, aufgehoben werden. Das soll am Beispiel des *Brennschneidens* erläutert werden.



14/1 Trennen mit Maschinen – Drehen

14/2 Trennen mit Handwerkzeugen – Meißeln



Abschneiden als Beispiel für das Zerteilen

Um ein Werkstück durch Abschneiden zu zerteilen, kann man entweder eine keilförmige Schneide hineindrücken (Abschneiden von Brot mit dem Küchenmesser, Bild 15/1), oder es werdeh zwei keilförmige Schneiden so gegeneinander gedrückt, daß sie dicht aneinander vorbeigleiten und auf diese Weise einen Teil des Werkstücks abschneiden (Abschneiden von Papier, Textilien oder Blech mit einer Schere). Im folgenden soll als Beispiel für das Zerteilen das Abschneiden mit der Schere dargestellt werden.

Vorgang des Abschneidens mit der Schere

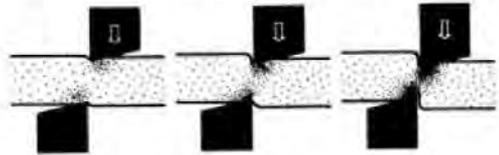
Das Abschneiden mit der Schere vollzieht sich in drei Teilabschnitten. Sie werden als *Phasen des Schervorganges* bezeichnet. Diese Phasen lassen sich an den Trennflächen eines abgeschnittenen Werkstücks deutlich erkennen (Bilder 15/2 und 15/3).

1. Phase: Die Scherkraft drückt die Schermesser beidseitig in das Werkstück ein. Dabei entsteht auf der Ober- und Unterseite des Werkstücks je eine *Einkerbung* (obere und untere Verformungszone).
2. Phase: Bei weiterem Eindringen der Schermesser in das Werkstück wird die Kohäsionskraft der obersten Werkstoffteilchen überwunden. Die Schermesser schneiden, indem sie die Werkstoffteilchen zusammendrücken und gegeneinander verschieben (glatte Schnittfläche unter der oberen Einkerbung an der Trennfläche).
3. Phase: Bewegen sich die beiden Schermesser unter der Wirkung der aufgewendeten Scherkraft noch weiter gegeneinander, so wird der Zusammenhalt aller Werkstoffteilchen an der Trennstelle gänzlich aufgehoben. Sie *brechen* auseinander. Es entsteht eine raue Bruchzone.

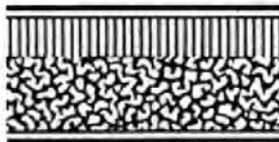
► **Das Abschneiden verändert die Form des Werkstücks durch mechanische Kräfte (Scherkräfte). Dabei wird das Werkstück zerteilt. Das Abschneiden ist demnach ein Verfahren des Zerteilens.**



15/1 Schneiden von Brot mit dem Küchenmesser



15/2 Phasen beim Schervorgang



obere Einkerbung
glatte Schnittfläche
rauhe Bruchfläche
untere Einkerbung

15/3 Trennfläche

Naturwissenschaftliche Grundlagen

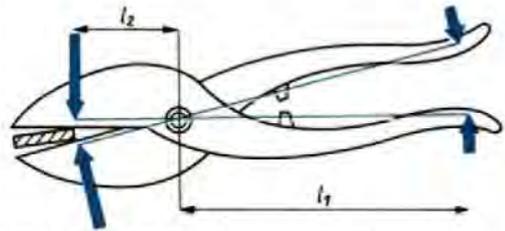
Damit die keilförmigen Schermesser zum Beispiel einer Blechschere in das Werkstück eindringen können, müssen sie aus einem Stoff bestehen, der härter ist als der zu teilende Stoff. Sie bestehen deshalb aus gehärtetem Werkzeugstahl oder aus Hartmetall.

► **Werkzeuge zum Abschneiden müssen härter sein als die zu trennenden Werkstücke.**

Der Zusammenhalt der Werkstoffteilchen kann durch die Schermesser jedoch nur aufgehoben werden, wenn die zum Abschneiden aufzuwendende Kraft (*Scherkraft*) größer ist als die Kohäsionskraft der Werkstoffteilchen. Deshalb müssen die Form des Werkzeugs und die Art der Kraftübertragung der Härte des Werkstoffs und der Dicke des Werkstücks angepaßt sein.

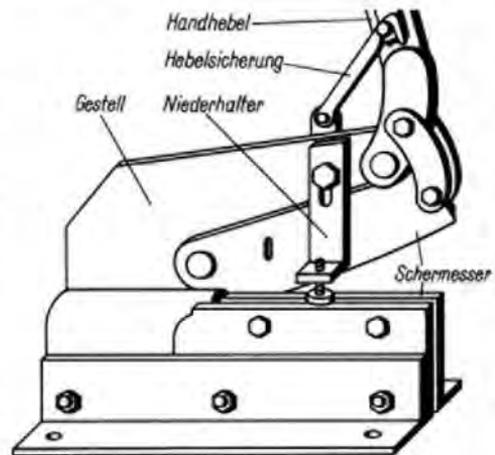
Während zum Zerteilen dünner Bleche *Handscheren* verwendet werden können, setzt man zum Zerteilen dickerer Bleche die *Handhebelschere* ein.

Die **Handscheren** sind so gebaut, daß Schermesser und Schenkel je einen Hebel bilden. Die an den Schenkeln der Schere angewendete *Handkraft* wird mit Hilfe der Hebel, entsprechend der Länge der Hebelarme vervielfacht, auf die Schermesser übertragen (einfache Hebelübersetzung). Dort ist sie als *Scherkraft* wirksam (Bild 16/1). Beide Messer sind beweglich.



16/1 Hebelwirkung an der Handschere

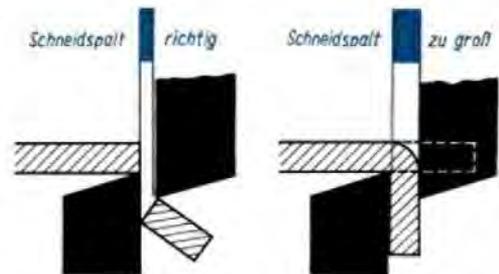
Bei der **Handhebelschere** wird die Handkraft durch mehrfache Hebelübersetzung vergrößert (Bild 16/2). Das Untermesser steht fest, und nur das Obermesser ist beweglich.



16/2 Handhebelschere

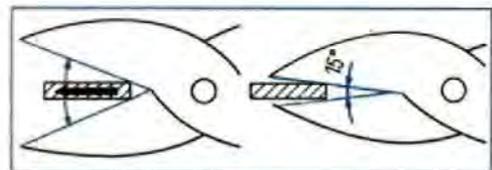
Um beim Scheren einen sauberen Schnitt zu erhalten, müssen die Schneiden der Schermesser in einem geringen Abstand aneinander vorbeigleiten. Dieser notwendige Abstand wird als *Schneidspalt* bezeichnet. Ist der Schneidspalt zu gering, so reiben die Messer aneinander und quetschen den Werkstoff. Ist dagegen der Schneidspalt zu groß, so können sich zum Beispiel dünne Bleche umbiegen und zwischen die Schermesser ziehen (Bild 16/3).

► **Dünne Werkstücke und solche von geringerer Härte erfordern einen geringen Schneidspalt. Harte und dicke Werkstücke werden mit größerem Schneidspalt geschert.**



16/3 a Schneidspalt richtig
b Schneidspalt zu groß

Wird beim Anschneiden eines Werkstücks der *Öffnungswinkel* der Schermesser sehr groß gewählt, so wird das Werkstück aus der Schere hinausgeschoben (Bild 16/4). Erst wenn die Schermesser einen Winkel von etwa 15° bilden, wird die Reibungskraft zwischen Werkstück und Schermessern so groß, daß die Schubkraft das Werkstück nicht weiter hinauschieben kann. Es wird festgehalten und kann abgesichert werden (Bild 16/4). Wählt man den *Öffnungswinkel* dagegen zu klein, wird dadurch der Kraftarm am Schermesser verlängert und die kraftsparende Wirkung herabgemindert.



16/4 Öffnungswinkel der Schermesser

• *Prüfe den Öffnungswinkel bei einer Papierschere nach!*

Anwendungsgebiete des Zerteilens

Die Trennflächen eines gescherten Werkstücks sind trotz der vorhandenen Bruchfläche verhält-

nismäßig glatt *Nacharbeit* ist nur dann notwendig, wenn besonders glatte Trennflächen gefordert werden. Wegen der geringfügigen Nacharbeit kann die Schere unmittelbar auf der Anrißlinie angesetzt werden. Die zum Scheren benötigte Arbeitszeit ist im Vergleich zu anderen Trennverfahren gering.

Zu der Verfahrensgruppe Zerteilen gehören außer dem bereits dargestellten Abschneiden zum Beispiel noch das Ausschneiden und das Einschneiden sowie das Brechen, das hier jedoch nicht betrachtet werden soll.

Worin unterscheiden sich das Ab-, Aus- und Einschneiden?

Abschneiden ist das vollständige Trennen eines Werkstücks entlang einer *nicht* in sich geschlossenen Linie (Bild 17/1a).

Ausschneiden ist das vollständige Trennen eines Werkstücks entlang einer in sich geschlossenen Umgrenzungslinie (Bild 17/1b).

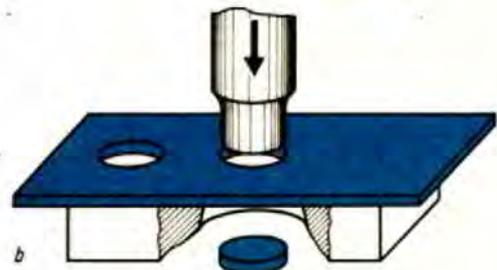
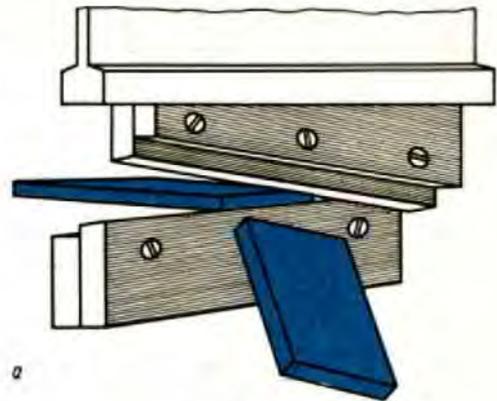
Einschneiden ist das teilweise Trennen eines Werkstücks. Es ermöglicht ein nachfolgendes Abbiegen von Teilen (Bild 17/1c).

Diese drei genannten Verfahren werden in der Produktion eingesetzt zum Trennen von Gegenständen aus Metallen, Plasten, Pappe, Papier, Textilien, Leder, Gummi sowie zum Schneiden von Nahrungsmitteln. So werden in der Bekleidungs- und Schuhindustrie Teile aus Textilbahnen oder Leder *ausgeschnitten*, um sie später zu Anzügen, Mänteln, Kleidern, Trikotagen und Schuhen zusammenzufügen. Von Stangen, Profilen und Blechen aus Metallen werden Teile *abgeschnitten* (Bild 17/2) und so zur weiteren Bearbeitung und Verwendung vorbereitet. In der papierverarbeitenden Industrie werden Papp- und Papierbahnen *eingeschnitten*, um Schachteln zu falten und zu fügen.

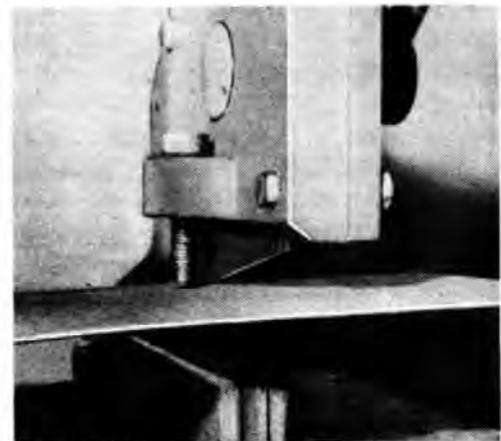
Hobeln als Beispiel für das Spanen

In vielen Haushalten gehört ein Handhobel zur Werkzeugausrüstung (Bild 18/1).

- *Betrachte den Hobel genau. Führe ihn über ein Brett und ergründe seine Arbeitsweise!*



17/1 a Abschneiden b Ausschneiden c Einschneiden



17/2 Abschneiden von Blechen mit der Handhebelschere

Vorgang beim Hobeln mit dem Handhobel

Der Handhobel wird auf der Oberfläche des Holzes geradlinig geführt. Bei der Vorwärtsbewegung trennt das Hobeisen (Hobelstahl) Späne ab. Man bezeichnet diese Bewegung deshalb als *Arbeitshub*. Bei der Rückwärtsbewegung werden keine Späne abgetrennt, deshalb *Leerhub*.

► **Hobeln ist ein spanendes Trennverfahren, das Werkzeug ist einschneidig.**



18/1 Arbeiten mit dem Handhobel

Vorgang beim Hobeln mit der Hobelmaschine
(Kurz hobeln oder Stoßen)

Sollen Metalle gehobelt werden, reicht die Handkraft nicht aus, um die wesentlich größere Kohäsionskraft der Metallteilchen zu überwinden. Deshalb wird der Hobelmeißel in eine Maschine gespannt, die die Bewegung ausführt.

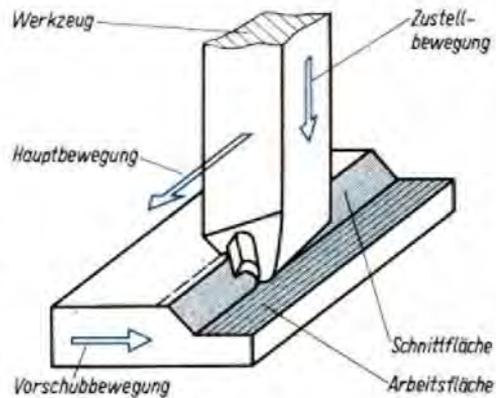
Die Spanabnahme erfolgt auch hier durch die geradlinige Bewegung des Hobelmeißels (*Hauptbewegung*, Bild 18/2). Die Dicke der jeweils abzuhobelnden Schicht wird durch die *Zustellbewegung* des Hobelmeißels bestimmt.

Während des Arbeitshubes vollführt der Hobelmeißel die *Hauptbewegung* gegen das stillstehende Werkstück. Dabei wird ein Span der vorher durch die *Zustellung* bestimmten Dicke vom Werkstück getrennt. Danach bewegt die Hobelmaschine das Werkzeug, den Hobelmeißel, wieder im *Leerhub* in die Ausgangsstellung zurück. Vor Beginn jedes neuen Arbeitshubes wird das Werkstück mit der *Vorschubbewegung* quer zur *Hauptbewegung* verstellt.

► **Beim Hobeln mit der Hobelmaschine unterscheidet man Haupt-, Zustell- und Vorschubbewegung. Alle Bewegungen sind geradlinig. Beim Kurz hobeln werden Hauptbewegung und Zustellbewegung vom Werkzeug und die Vorschubbewegungen vom Werkstück ausgeführt.**

Die genannten Bewegungen des Werkstücks oder des Werkzeugs können wir bei fast allen spanenden Trennverfahren feststellen (Bild 19/1).

● *Vergleiche die Bewegungen beim Hobeln, Drehen und Bohren und bezeichne sie nach Bild 19/1!*



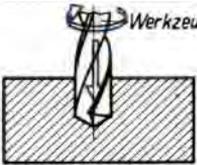
18/2 Prinzip des Kurzhobels

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Bereits beim Scheren stellten wir fest, daß das Werkstück durch das Eindringen keilförmiger Schneiden getrennt wird. Auch beim Hobelmeißel läßt sich die Keilform der Schneide erkennen. Aus dem Werkunterricht ist die Säge bekannt, deren Zähne ebenfalls die Keilform erkennen lassen.

► **Die Grundform der Werkzeugschneiden fast aller zerteilenden und spanenden Werkzeuge ist der Keil.**

Durch den Keil kann eine wirkende Kraft vervielfacht werden. Die auf die Rückenfläche A des Keils einwirkende Kraft F erzeugt dort einen Druck $p = \frac{F}{A}$. Da an der Wirkstelle des Keils die Fläche A sehr klein ist, die Kraft aber gleich bleibt, ist der Druck an dieser Stelle sehr groß.

	Hobeln	Drehen	Bohren
Hauptbewegung	geradlinig vom Werkzeug ausgeführt	kreisend vom Werkstück ausgeführt	kreisend vom Werkzeug ausgeführt
Vorschubbewegung	geradlinig vom Werkstück ausgeführt	geradlinig vom Werkzeug ausgeführt	geradlinig vom Werkzeug ausgeführt
Zustellbewegung	geradlinig vom Werkzeug ausgeführt	geradlinig vom Werkzeug ausgeführt	
Aufgabe: Kennzeichne die Bewegungen			

19/1 Bewegungen von Werkzeug und Werkstück bei verschiedenen Trennverfahren

Die auf das Werkzeug übertragene Kraft wird demnach an der Wirkstelle der keilförmigen Werkzeugschneide so konzentriert, daß diese in das zu trennende Werkstück eindringen kann (Bild 19/2).

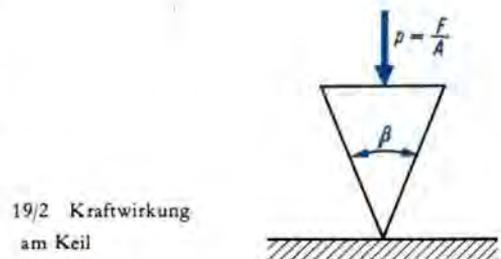
Die Wirkung des Keils beim Trennen ist abhängig von seiner Stellung zum Werkstück und damit von der Richtung der einwirkenden Kraft. Wird der Keil so angesetzt, daß die Kraft senkrecht zur Werkstückoberfläche wirkt, so teilt der Keil das Werkstück (Bild 19/3).

● *Vergleiche das Einwirken der Schermesser auf das zu teilende Werkstück mit der Stellung des Keils in Bild 19/3!*

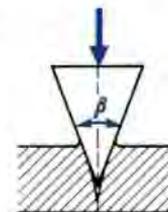
Wirkt die Kraft dagegen in einem Winkel $< 90^\circ$ zur Werkstückoberfläche, so werden Späne abgehoben (Bild 19/4).

Die Keilform allein genügt jedoch noch nicht, um die Schneide in das Werkstück eindringen zu lassen. Wie bereits beim Zerteilen dargestellt, so muß auch beim Spanen der Werkstoff der Werkzeugschneide härter sein als der Werkstoff des zu trennenden Werkstücks (vgl. S. 15). Deshalb bestehen die Schneiden der spanenden Werkzeuge wie die der teilenden aus gehärtetem Werkzeugstahl, aus Hartmetallen oder aus sehr harten keramischen Werkstoffen, der sogenannten Schneidkeramik.

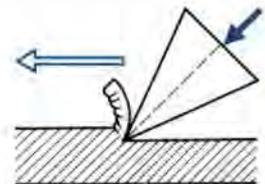
► **Werkzeuge zum mechanischen Trennen von Werkstücken müssen stets härter als der zu trennende Werkstoff sein.**



19/2 Kraftwirkung am Keil



19/3 Stellung des Keils beim Teilen



19/4 Stellung des Keils beim Spanen

Für das spanende Trennen von Werkstücken aus verschiedenen Werkstoffen, zum Beispiel Stahl, Leichtmetall, Kupfer, Messing, Holz und Plast, werden jedoch nicht nur verschieden harte Werkzeuge, sondern auch Werkzeugschneiden mit unterschiedlichem Keilwinkel (β , s. Bild 19/2) benötigt. Grundsätzlich sind Werkzeugschneiden mit großem Keilwinkel widerstandsfähiger als solche mit kleinem Keilwinkel. Für die Bearbeitung harter Werkstoffe müssen deshalb Werkzeuge mit großem Keilwinkel gewählt werden. Ist der Keilwinkel für den zu bearbeitenden Werkstoff zu klein, kann die Schneide ausbrechen. Das würde

zum Beispiel geschehen, wenn man mit einem Taschenmesser, dessen Klinge einen Keilwinkel von etwa 5° besitzt, ein Werkstück aus Stahl bearbeitete. Die keilförmige Schneide eines Hobelmeißels mit einem Keilwinkel von 60° dringt jedoch in dieses Werkstück ein, ohne auszubrechen.

► **Zum spanenden Trennen von Werkstücken aus hartem Werkstoff werden Werkzeuge mit einem großen Keilwinkel (β) verwendet. Werkzeuge für weiche Werkstoffe besitzen kleine Keilwinkel.**

Für eine einwandfreie Bearbeitung des Werkstücks beim Spanen ist außer dem Keilwinkel β der Freiwinkel α von Bedeutung. Er wird durch die Freifläche des Keils und die Werkstückoberfläche gebildet (Bild 20/1). Der Freiwinkel bewirkt, daß nur die Schneide des Werkzeugs die Werkstückoberfläche berührt. Dadurch ist die Reibungskraft zwischen Werkzeug und Werkstück und dementsprechend auch die Wärmeentwicklung geringer.

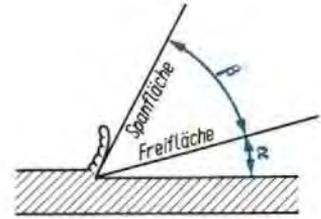
Die Plaste sind sehr schlechte Wärmeleiter. Zu ihrer Bearbeitung müssen die Werkzeuge große Freiwinkel aufweisen.

Anwendungsgebiete des Spanens

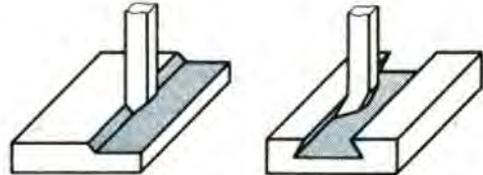
Das Fertigungsverfahren Hobeln wird zur Herstellung ebener Flächen an Werkstücken aus Metall und Holz eingesetzt. So können Bretter und Leisten auf die geforderte Dicke gehobelt werden. Der Hobelstahl wird dabei im Handhobel geführt, oder mehrere Hobelmeißel, auf einer umlaufenden Messerwelle angeordnet, arbeiten in einer Hobelmaschine. An Werkstücken aus Metall erhält man durch Hobeln (z. B. Stoßen auf der Waagrechtstoßmaschine, Bild 20/3) Flächen, die oft ausreichende Genauigkeiten und Oberflächengüten aufweisen.

Zum Trennen durch Spanen gehören außer dem Hobeln auch die bereits aus dem Werkunterricht und der Produktionsarbeit bekannten Verfahren Sägen, Feilen, Bohren, Gewindeschneiden. Alle genannten Verfahren lassen sich für Holz, Plast und Metalle anwenden.

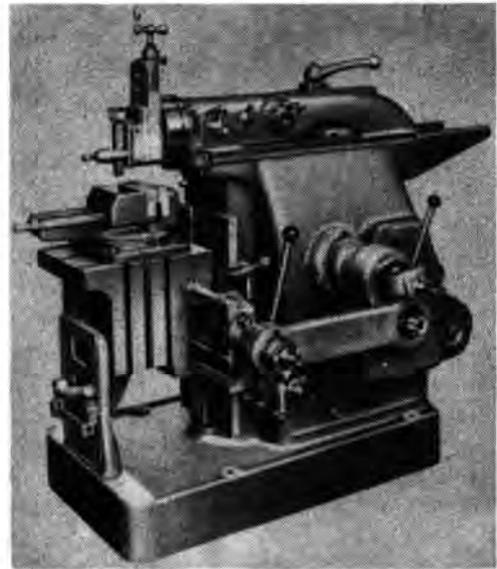
- *Nenne Werkstücke, die mit den zuletzt genannten spanenden Trennverfahren bearbeitet wurden!*



20/1 Keil- und Freiwinkel an der Werkzeugschneide



20/2 Flächenhobeln, Nutenhobeln



20/3 Waagrecht-Stoßmaschine

Brennschneiden als Beispiel für das Abtragen

In der Produktion müssen häufig sehr große, dicke und sperrige Werkstücke aus Stahl in ihrer Form verändert werden. Solche Werkstücke lassen sich nur sehr schwer zerteilen oder spanen. Ihre Formen werden deshalb durch *Abtragen* der Werkstoffteilchen verändert.

Vorgang beim Brennschneiden

Einem Schneidbrenner (Bild 21/1) wird durch Schlauchleitungen *Äthin* (*Azetylen*) und *Sauerstoff* zugeführt. Über ein Rohr gelangt dieses Gasgemisch in die Düse des Brennerkopfes, strömt aus und wird dort verbrannt. Die Düse des Brenners ist so gestaltet, daß eine Ringheizflamme entsteht (Bild 21/2). Diese Heizflamme erwärmt den Werkstoff an der Trennstelle auf eine Temperatur von etwa 900 °C. Gleichzeitig wird über ein zweites Rohr, das Schneid-Sauerstoff-Rohr, ein Strahl reinen Sauerstoffs auf den erwärmten Werkstoff geleitet. Bei der Temperatur von 900 °C, der Entzündungstemperatur des Stahls, verbrennt der Werkstoff. Der Druck des Sauerstoffstrahls schleudert die verbrannten Werkstoffteilchen aus der entstehenden *Trennfuge*.

► **Beim Brennschneiden wird der Werkstoff an der Trennstelle verbrannt. Die verbrannten Werkstoffteilchen werden abgetragen.**

Die Verbrennung ist ein chemischer Vorgang: Bei der Entzündungstemperatur wird das Eisen durch den zugeführten *Sauerstoff* zu *Eisenoxid* oxydiert (Eisen ist Hauptbestandteil des Stahls). Eisenoxid hat einen wesentlich geringeren Zusammenhalt als Eisen. So kann das flüssige Eisenoxid durch die Druckkraft des Sauerstoffstrahls aus der Trennfuge geschleudert werden.

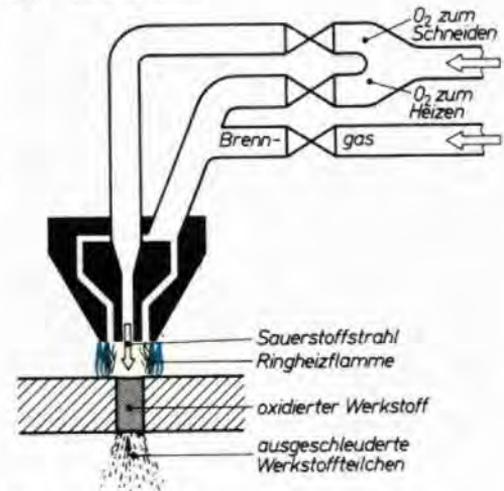
Da die abgetrennten Werkstoffteilchen anschließend weggeschleudert (abgetragen) werden, ordnet man das Brennschneiden in die Verfahrensgruppe *Abtragen* ein.

Anwendungsgebiete des Abtragens

Nicht alle metallischen Werkstoffe lassen sich durch Brennschneiden trennen. Dieses Verfahren ist nur bei solchen Werkstoffen anzuwenden, deren *Entzündungstemperatur* niedriger liegt als ihre *Schmelztemperatur*. Ferner muß das entstehende Metalloxid so leichtflüssig sein, daß es von der Druckkraft des Sauerstoffstrahls aus der Trennfuge getrieben werden kann. Diese Forderungen erfüllt nur der Stahl. Aluminium und Kupfer sind nicht durch Brennschneiden zu trennen.

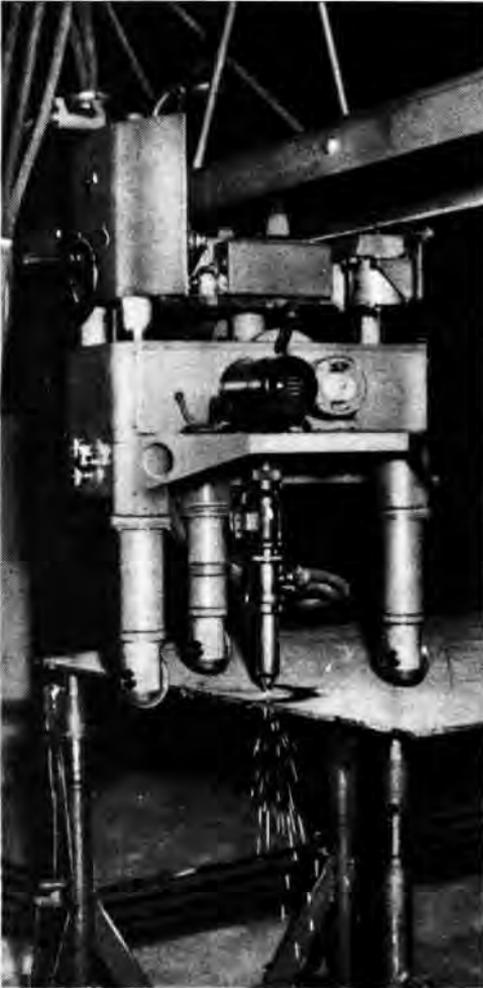


21/1 Schneidbrenner



21/2 Schnitt durch den Brennerkopf

Das Brennschneiden wird vorwiegend in solchen Produktionszweigen angewendet, in denen große und dicke Stahlteile zu trennen sind. Das trifft besonders für den Schiffbau, den Kesselbau, den Stahlbau und den Werkzeugmaschinenbau zu. Hier werden Platten für die Außenhaut der Schiffe, Teile für Kessel, Brücken und Maschinen getrennt. Durch den Einsatz von *Brennschneidmaschinen* (Bild 22/1) werden die Trennflächen sauberer und damit die Nacharbeiten geringer.



22/1 Brennschneidemaschine

- *Vergleiche die Trennflächen von Werkstücken, die durch Brennschneiden getrennt worden sind, mit den Trennflächen geschnittener oder gesägter Werkstücke!*

Zu den Trennverfahren durch Abtragen gehört auch das *elektroerosive Abtragen*. Hierbei wird die Kohäsionskraft der Teilchen metallischer Werkstoffe mit Hilfe des elektrischen Stromes überwunden. Elektrische Funken verbrennen den Werkstoff an der Trennstelle, und die verbrannten Werkstoffteilchen werden abgetragen. Durch elektroerosives Abtragen lassen sich vielfältig geformte Durchbrüche und Bohrungen mit hoher Maßgenauigkeit anfertigen.

Überblick über die Trennverfahren

Die Erfahrungen aus dem Werkunterricht und aus der Arbeit in der sozialistischen Produktion sowie die im Lehrbuch dargestellten Beispiele zeigen, daß Werkstücke aus den verschiedensten Stoffen durch Abtrennen in ihrer Form zu verändern sind. Dabei erhalten sie die geforderten Abmessungen und (oder) Oberflächengüten (Beschaffenheit der Oberfläche des Werkstücks, zum Beispiel glatt, rau).

Nach der Wirkungsweise der Trennverfahren lassen sich zwei Gruppen unterscheiden.

Bei der ersten Gruppe wird im allgemeinen ein Körper aus weicherem Stoff durch einen keilförmigen Körper aus härterem Stoff, auf den eine Kraft wirkt, getrennt. Hierbei wird der örtliche Zusammenhalt des weicheren Körpers aufgehoben. So können Körper durch mechanische Kräfte zerschnitten werden. Mechanische Kräfte wirken auch beim Zerreißen und Brechen von Körpern. Hierbei gehen keine Stoffteilchen als Abfall verloren. Den Trennverfahren *Abschneiden*, *Einschneiden*, *Reißen* und *Brechen* ist also gemeinsam, daß durch *mechanische Kräfte* Stoffe zerteilt werden. Die gleichen mechanischen Kräfte bewirken, daß beim *Spanen* Stoffteilchen vom Werkstück abgetrennt werden. Es verändern sich seine Form, seine Abmessungen und seine Oberflächengüte.

► **Zerteilen und Spanen sind mechanische Trennverfahren. Formen, Abmessungen und (oder) Oberflächengüte der Werkstücke werden im allgemeinen durch die trennende oder spanende Wirkung keilförmiger Werkzeugschneiden verändert.**

- *Bei welchen der oben genannten Trennverfahren wird die trennende Wirkung nicht durch Einwirkung eines Keils erzielt? Wie erfolgt hier das Abtrennen?*

Bei der zweiten Gruppe, dem Abtragen, wurde am Beispiel des Brennschneidens gezeigt, daß auch durch chemische und physikalische Kräfte der Zusammenhalt der Stoffteilchen überwunden werden kann.

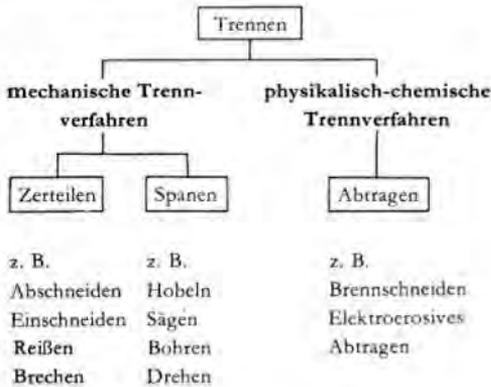
Auch beim *elektroerosiven Abtragen* sind chemische und physikalische Kräfte wirksam.

► **Abtragen ist ein physikalisch-chemisches Trennverfahren.**

Aus der Wirkungsweise der beiden Gruppen von Trennverfahren läßt sich die Hauptgruppe Trennen folgendermaßen charakterisieren:

► **Beim Trennen wird die Form eines festen Körpers verändert, indem der stoffliche Zusammenhalt örtlich aufgehoben wird.**

Übersicht 23.1:



Wirtschaftlichkeit der Trennverfahren

In der Produktion gilt es, die Trennverfahren auszuwählen und einzusetzen, die am wirtschaftlichsten zum Ziele führen. Hierzu müssen die Vor- und Nachteile des Zerteilens, Spanens und Abtragens für die Fertigung eines Gegenstandes gut gegeneinander abgewogen werden.

Die Wirtschaftlichkeit eines Trennverfahrens wird gemessen an dem *Materialverbrauch*, dem *Aufwand an Fertigungszeit* und den *erforderlichen Arbeitsmitteln*. Bei jedem Vergleich müssen aber auch der Verwendungszweck, die Beschaffenheit des Materials sowie die benötigte Stückzahl mit beachtet werden. Dazu zwei Beispiele:

Große und dicke Blechtafeln lassen sich mit einer motorgetriebenen Tafelschere mit hoher Scherkraft trennen. Die Anschaffung einer solchen Maschine lohnt sich aber nur dort, wo ständig derartige Arbeiten anfallen, wie beispielsweise im Schiffbau und im Maschinenbau.

In einer Reparaturabteilung eines Betriebes, wo nur ab und zu große und dicke Blechtafeln zu trennen sind, wird man das Brennschneiden oder das Sägen anwenden. Das Brennschneiden ist oft ökonomischer als das Schneiden mit der Tafelschere und das Sägen, obgleich größere Materialverluste (Trennfuge) und – je nach Verwendungszweck – auch umfangreiche Nacharbeiten auftreten, weil die erforderliche Schneidanlage billiger ist und bedeutend besser ausgelastet werden kann.

Lochstreifen für den Metallbaukasten kann man auf verschiedene Art und Weise herstellen.

- a) Die Blechstreifen werden mit der Handhebel-schere zugeschnitten. Das Entgraten der Schnittflächen und das Abrunden der Ecken erfolgt mit der Feile. Danach werden die Löcher unter Einsatz einer Bohrvorrichtung gebohrt, so daß das Anreißen und Körnen entfällt. Abschließend sind die Teile noch einmal zu entgraten.
- b) Die Bleche werden in ein Schnittwerkzeug (Stanze) eingelegt. Mit einem Arbeitsgang werden die Streifen und die Löcher ausgeschnitten. Der geringfügige Grat wird ebenfalls maschinell entfernt.
- c) Die Blechstreifen werden vom Band mit Hilfe einer Schere auf Länge geschnitten und anschließend mit einem einfachen Locher gelocht. Es können auch schon vorher gelochte Bänder mit Hilfe einer Schere in entsprechende Streifen geschnitten werden.

Auf den ersten Blick scheint das Verfahren b das wirtschaftlich günstigste zu sein, denn der Zeitaufwand ist am geringsten. Tatsächlich wirtschaftlich ist es aber nur bei einer Massenproduktion dieser Teile. Für ein paar hundert Stück würde sich die Anschaffung der erforderlichen Maschine und der sehr teuren Schnittwerkzeuge nicht lohnen.

Dagegen wäre das Verfahren c hierfür besonders wirtschaftlich, da einfache Locher verschiedener Abmessungen in den meisten Betrieben zur Verfügung stehen. Ist kein Locher vorhanden und die Anzahl der herzustellenden Streifen sehr gering, wird zweckmäßig das Verfahren a angewendet, da dieses Verfahren trotz seines wesentlich höhe-

ren Zeitaufwandes dann wirtschaftlicher ist als das Herstellungsverfahren b.

- *Vergleiche unter Beachtung der genannten Gesichtspunkte weitere Trennverfahren bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit!*

Aufgaben

1. Vergleiche die Papierschere mit der Handblechschere und begründe die unterschiedlichen Längen von Schneide und Griff!
2. Beschreibe und skizziere die mehrfache Kraftumformung an der Handhebelschere (s. Bild 16/2)!
3. Lege einen Bleistift in eine weit geöffnete Papierschere und verkleinere langsam den Öffnungswinkel! Beobachte, wann der Bleistift zu klemmen beginnt!
4. Skizziere eine Werkzeugschneide mit einem Keilwinkel von 60° und einem Freiwinkel von 20° ! Trage die Bezeichnungen der Winkel ein!
5. Vergleiche die Keilwinkel am Hobelstahl des Handhobels zur Bearbeitung von Holz und am Hobelmeißel zum Hobeln von Metallen! Begründe ihre unterschiedliche Größe!
6. Warum muß bei der Bearbeitung von Platten der Freiwinkel an der Werkzeugschneide möglichst groß sein?
7. Worin unterscheidet sich die Beanspruchung eines Hobelmeißels von der eines Bohrers?
8. Unter welchen Bedingungen ist das Brennschneiden ein wirtschaftliches Trennverfahren?

FORMGEBUNG DURCH UMFORMEN

Bleche und verbogene Nägel können bekanntlich gerichtet werden. Bleche lassen sich auch um eine Kante biegen. Nach dem Erwärmen der Biegestelle ist diese Formänderung auch bei Rohren aus thermoplastischen Werkstoffen möglich (Bild 25/1). Mit einfacheren Mitteln können Papier und dünne Pappen gefaltet werden. Sowohl beim Richten als auch beim Biegen (Falten ist eine Art des Biegens) wird die gewünschte Formgebung durch eine äußere Kraft bewirkt, ohne daß dabei der Zusammenhalt der Stoffteilchen untereinander verloren geht. Die *Kohäsionskraft* der Stoffteilchen ist also *größer* als die umformende Kraft! Die zum Umformen aufzubringende Kraft ist bei den einzelnen Werkstoffen unterschiedlich. Sie ist klein beim Falten einer Papierserviette, sie ist groß beim Schmieden des Flachstahls auf dem Amboß (Bild 25/2).

Steine kann man nicht umformen. Eine Formgebung durch Umformverfahren ist also von bestimmten Eigenschaften der Werkstoffe abhängig, das heißt, die Werkstoffe müssen umformbar sein.

Den bereits bekannten durch Druckkraft bewirkten Umformverfahren Biegen und Richten werden im folgenden das *Walzen* und das *Gesenkformen*, auch *Formpressen* genannt, als wichtige Verfahren der industriellen *Druckumformung* zugeordnet. Außer den Druckumformverfahren gibt es in der Produktion auch noch Verfahren, die durch Zugkräfte bzw. Zugdruckkräfte eine Formänderung fester, formbarer Stoffe bewirken. Aus dieser Verfahrensgruppe soll das *Ziehen* als Beispiel für *Zugdruckumformung* dargestellt werden.



25/1 Biegen eines Plastrohres über der Flamme

25/2 Schmieden eines Werkstücks auf dem Amboß



Walzen als Beispiel für das Druckumformen

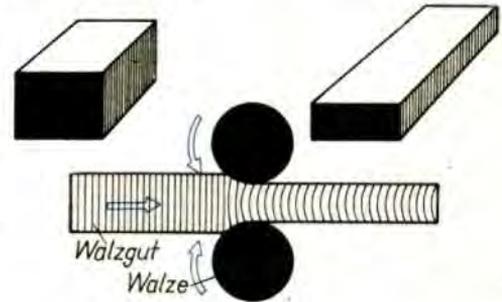
Das Umformverfahren Walzen wird eingesetzt, um beispielsweise aus Stahlblöcken von wenig unterschiedlicher Form verschiedenartig geformte Halbzeuge (Werkstücke, deren Formen durch weitere Verfahren verändert werden müssen, zum Beispiel Blöcke, Brammen, Knüppel, Platten, Bild 26/1) und Fertigerzeugnisse (Werkstücke, die bereits eine gewisse Endform aufweisen, zum Beispiel Schienen, Träger, Profile und Bleche) herzustellen. Außerdem kann man durch Walzen Gewinde und Zahnräder herstellen.

Vorgang des Walzens

Durch zwei sich gegenläufig drehende Walzen wird der Rohblock mit meist quadratischem oder rechteckigem Querschnitt schrittweise in die gewünschte Form umgeformt. Der Abstand der Walzen zueinander ist dabei kleiner, als der zu walzende Block dick ist. Durch die auftretende Reibung zwischen den Walzen und dem zu walzenden Block wird dieser durch die Walzen hindurchgezogen. Dabei wird das Walzgut zusammengedrückt; seine Dicke wird geringer. Die Stoffteilchen müssen ausweichen. Sie fließen in Walzrichtung, da sie dort den geringsten Widerstand vorfinden (Bild 26/2). Dabei wird das Walzgut länger, jedoch wenig breiter.



26/1 Halbzeugarten



26/2 Walzvorgang

► Durch Walzen wird der Querschnitt eines umformbaren Walzguts verändert. Die Stoffteilchen fließen in Walzrichtung. Dabei wird das Walzgut in Walzrichtung gestreckt.

Die Form des Walzguts wird durch die Form der Walzen bestimmt. Während für Bleche die Walzenoberfläche zylindrisch sein muß, werden zum Walzen von Profilstählen entsprechend geformte Walzen verwendet (Bild 26/3).

Im einfachen *Duo-Walzwerk* muß das Walzgut nach jedem Durchlauf wieder auf die Einlaufseite

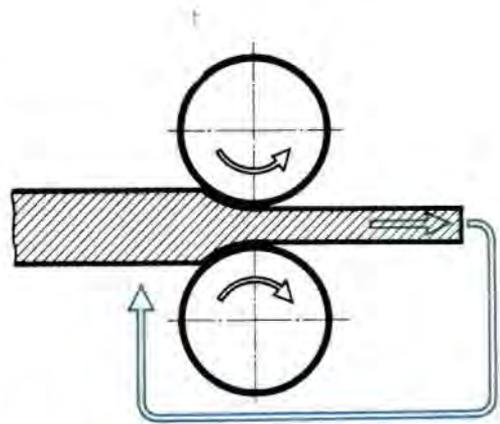
Platten Bleche	Feinbleche		$D < 4 \text{ mm}$		
	Grobbleche		$D \approx 4 \text{ mm}$		
Profile Formstähle	 Quadratstahl	 Rundstahl	 Flachstahl	 Sechskantstahl	
	 Schienen	 Winkelstahl	 I-Stahl	 U-Stahl	

26/3 Walzerzeugnisse und Walzenformen

gebracht und der Abstand der Walzen muß verringert werden (Bild 27/1).

Man kann aber auch mehrere Walzwerke mit unterschiedlichen Walzenabständen so anordnen, daß innerhalb eines Durchlaufs die gewünschte Form des Walzguts erreicht wird (s. Bild 30/1).

- Überlege, welche wirtschaftlichen Vorteile sich durch eine solche „Walzstraße“ ergeben?



27/1 Duo-Walzwerk (schematisch)

Naturwissenschaftliche Grundlagen

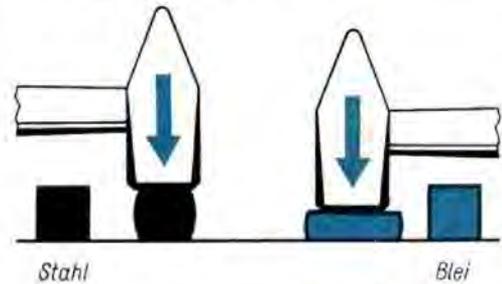
Umformbarkeit eines festen Körpers (Werkstücks). Zum Umformen eignen sich viele Werkstoffe (zum Beispiel Thermoplast, Stahl, Kupfer, Aluminium). Beim Umformen geraten unter Einwirkung von Kräften die Stoffteilchen in Bewegung. Sie verändern ihre Lage zueinander. Läßt man die Kräfte so einwirken, daß sich die Stoffteilchen in einer bestimmten Richtung bewegen, dann erhält das Werkstück die neue, gewünschte Form. Den Bewegungsvorgang im Inneren des Werkstücks nennt man *Fließen*. Der Werkstoff vermag solange zu fließen, wie die Kohäsionskräfte ausreichen, die die Stoffteilchen zusammenhalten. Die Umformbarkeit der Werkstücke beruht auf dem *Fließvermögen* der Stoffteilchen.

- ▶ Ein Werkstück ist umformbar, wenn es unter Einwirkung äußerer Kräfte eine bleibende Formänderung erfährt und dabei der stoffliche Zusammenhalt und das Volumen erhalten bleiben.

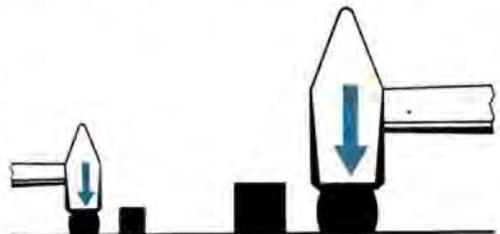
Umformungswiderstand und Kraftbedarf.

Werden zwei gleiche Rohstücke, das eine aus Stahl, das andere aus Blei, mit gleicher Kraft umgeformt, dann fällt das Ergebnis sehr unterschiedlich aus (Bild 27/2). Der Werkstoff setzt der einwirkenden Kraft einen inneren Widerstand, den *Umformungswiderstand* entgegen. Der Werkstoff „wehrt sich“ gegen das Verschieben seiner Stoffteilchen. Dieser Umformungswiderstand hängt offensichtlich von der Art und Zusammensetzung des Stoffs ab.

- Untersuche dir bekannte Werkstoffe (zum Beispiel Plastilin, Wachs) im Hinblick auf ihren Umformungswiderstand!



27/2 Unterschiedlicher Widerstand gegen das Umformen



27/3 Unterschiedliche Werkstückgröße

Für jedes Stoffteilchen, das beim Umformen verschoben werden muß, ist eine bestimmte Kraft erforderlich. Je größer die Werkstücke sind, um so mehr Stoffteilchen müssen verschoben werden, und um so größer muß deshalb die von außen einwirkende Kraft sein. Mit zunehmender *Größe der Werkstücke*, insbesondere des umzuformenden Querschnitts oder Volumens, muß auch die Kraft beim Umformen (Bild 27/3) größer werden.

Einfluß der Temperatur. Viele Werkstoffe lassen sich warm besser formen als kalt.

- *Prüfe die Formbarkeit von Wachs in kaltem und in erwärmtem Zustand!*

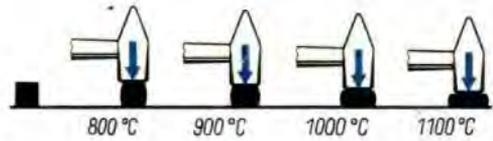
Unter *Kaltformen* versteht man das Umformen ohne Wärmezufuhr. Hierbei ist die Umformbarkeit jedoch im allgemeinen gering. Manche Werkstücke werden bei sehr starker Veränderung ihres Querschnitts durch das Umformen sehr spröde, so daß sie reißen.

Beim *Warmformen* wird der Werkstoff im allgemeinen unter Wärmezufuhr umgeformt.

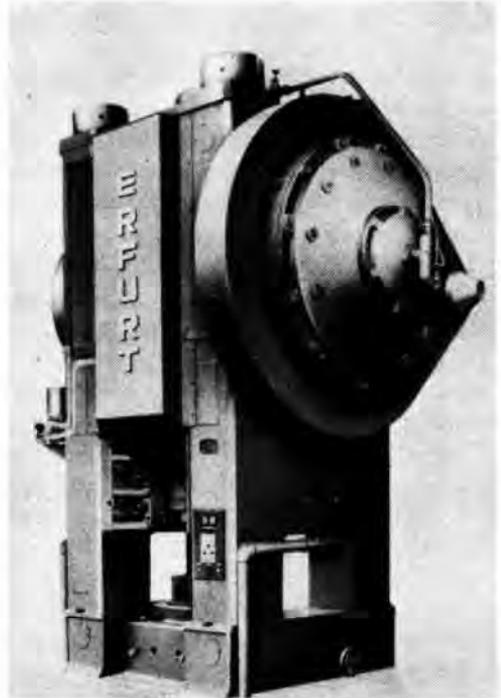
Die erforderliche Temperatur zum Warmformen ist nicht für alle Werkstoffe gleich. Während sie für den Plastwerkstoff PVC ungefähr 130 °C beträgt, sind für den metallischen Werkstoff Stahl mindestens 850 °C notwendig, für Blei genügt dagegen bereits Zimmertemperatur.

In dem Maße, wie die Umformbarkeit der Werkstoffe durch Erwärmen zunimmt, verringert sich die Kraft für die Umformung. Mit steigender Temperatur werden die Kohäsionskräfte kleiner. Dadurch lassen sie sich mit geringerer Kraft überwinden, und die Teilchen können leichter gegeneinander verschoben werden (Bild 28/1).

- **Formbare Werkstücke lassen sich bei höherer Temperatur weitgehender und mit geringerem Kraftaufwand umformen als bei Raumtemperatur.**



28/1 Einfluß der Temperatur eines Stahlwürfels auf seine Formbarkeit



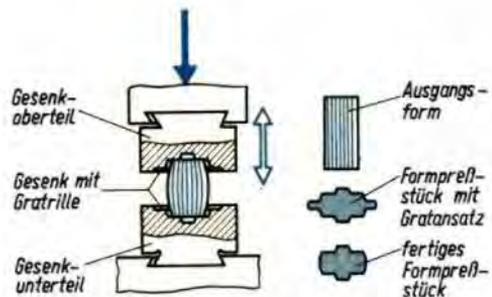
28/2 Kurbel-Warmpresse zum Gesenkformen von Genaupräzteilen in der Massenfertigung

Formpressen als Beispiel für das Druckumformen

Das Formpressen ist ein in der Produktion häufig angewandtes Verfahren zur Massenfertigung kleinerer Formteile. Die für dieses Verfahren erforderlichen hohen Druckkräfte werden durch Gesenkschmieden und Gesenkpressen erzeugt (Bild 28/2).

Vorgang beim Gesenkschmieden und Gesenkpressen

Beim **Gesenkschmieden** wird das zuvor erwärmte Rohstück in einem Schmiedegesenk durch Einwirkung von Schlagkraft geformt.



28/3 Vorgang beim Formpressen

Beim **Gesenkpressen** wirkt auf das erwärmte Rohstück ein gleichmäßiger Druck bei geringer Preßgeschwindigkeit. Er bringt das Rohstück zum Fließen und drängt es in die gewünschte Form. Diese Form ist ebenfalls durch das Gesenk vorgegeben.

Das **Gesenk** besteht aus zwei Teilen, dem Obergesenk und dem Untergesenk (Bild 28/3).

In die Gesenkhälften sind die negative Form des herzustellenden Werkstücks und eine Gratrille eingearbeitet. Um der Gefahr einer unvollständigen Formausfüllung vorzubeugen (Ausschuß!), wird das Volumen des umzuformenden Rohstücks etwas größer gewählt, als notwendig wäre. Beim Gesenkschmieden oder -pressen wird der überschüssige Werkstoff in die *Gratrille* zwischen dem Ober- und dem Untergesenk gedrängt und dort zu einem flachen Grat ausgebildet. Dieser Grat muß später durch Schnittwerkzeuge oder spanende Trennverfahren entfernt werden. Damit geht ein geringer Teil des Rohstücks durch Abfall verloren.

► **Beim Formpressen (Gesenkformen) erfolgt die Formänderung des Werkstücks durch die formgebenden Werkzeuge (Gesenke) unter Hämmern oder Pressen (Schlag- oder Preßwirkung).**

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Bei der Formung der Körper durch Gesenkschmieden und -pressen werden wie beim Walzen Druckkräfte benötigt. Die aufzubringende Druckkraft ist auch beim Gesenkschmieden und -pressen vom unterschiedlichen Widerstand, den die einzelnen Werkstoffe dem Verschieben ihrer Teilchen entgegensetzen, abhängig. Je größer der Querschnitt des zu formenden Werkstücks ist, je mehr Stoffteilchen aus ihrer ursprünglichen Lage verschoben werden müssen, desto größer muß der aufzubringende Druck sein.

Durch die Erwärmung der Werkstücke vor dem Preßvorgang wird der Widerstand des Werkstoffs gegen die Formänderung geringer, und die Teilchen können durch kleinere Druckkräfte gegeneinander verschoben werden.

Verbesserung der Werkstoffeigenschaften. Jedes metallische Werkstück besteht aus vielen Stoffteilchen (Körnchen, Kristallite), die zu einem Gefüge geordnet sind (siehe Veränderung der Werkstoffeigenschaften S. 109). Durch die große Druckkraft beim Formpressen wird das Werkstück bis tief ins Innere durchgeknetet. Damit wird das Gefüge verändert, und die Eigenschaften des Werkstoffs werden verbessert.

► **Sowohl beim Walzen als auch beim Formpressen wird der Werkstoff durch Druckkräfte umgeformt. Walzen und Formpressen gehören deshalb zu den Verfahren des Druckumformens.**

Anwendungsgebiete des Druckumformens

Das Umformverfahren **Walzen** hat eine große wirtschaftliche und technische Bedeutung. Etwa 90 Prozent der gesamten Stahlerzeugung werden in den Walzwerken vor- bzw. fertigbearbeitet. In den Halbzeugwalzwerken, den sogenannten *Vorstraßen*, werden Blöcke, Brammen, Knüppel und Platinen gewalzt (s. Bild 26/1), die anschließend in den *Fertigstraßen* zu Fertigerzeugnissen ausgewalzt werden. *Blechwalzstraßen* erzeugen Grob- und Feinbleche der verschiedensten Abmessungen (s. Bild 26/3). Auf *Formstahlwalzstraßen* werden Formstähle mit unterschiedlichen Profilen gewalzt (Bilder 26/3 und 30/1).

Bedeutende Walzwerke unserer Republik sind die Stahl- und Walzwerke in *Riesa*, *Hennigsdorf* und *Brandenburg*. Durch den Bau weitgehend mechanisierter und automatisierter Walzstraßen konnte der Ausstoß an Walzerzeugnissen sowie deren Qualität erheblich gesteigert werden.

● *Überlege, welche Bauteile an den Maschinen deines Betriebes durch Walzen geformt sein könnten!*

Walzerzeugnisse werden in allen Zweigen unserer Volkswirtschaft zur Herstellung von Maschinen aller Art, von Fahrzeugen, Stahlkonstruktionen, Brückenbauten und anderem benötigt.

Das Prinzip des Walzens begegnet uns auch in zahlreichen anderen Zweigen unserer Volkswirtschaft. So werden zum Beispiel in der Papierherstellung sowie in der Textilveredlung Papier



30/1 Walzstraße im VEB Stahl- und Walzwerk Riesa

beziehungsweise Gewebe durch die Walzen des Kalenders geglättet (Bild 30/2).

Durch **Formpressen** werden Bolzen mit den verschiedensten Kopfformen, Kegelräder, Zahnräder, Scheiben, Naben, Achsschenkel, Pleuelstangen, Hebel, Kurbelwellen und viele andere Metallpreßteile hergestellt (Bild 30/3).

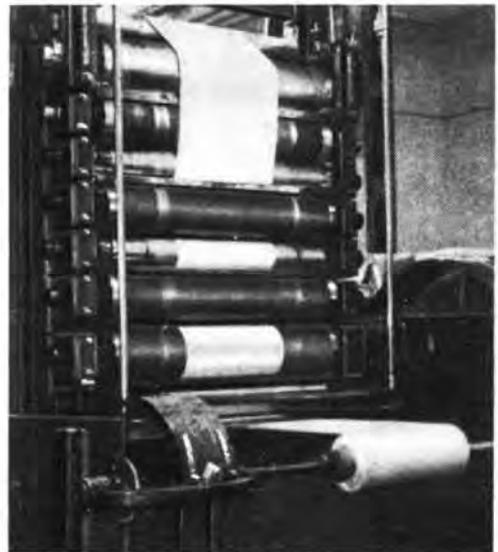
Die formgepreßten Teile weisen in ihren Abmessungen eine hohe Genauigkeit auf, so daß nur eine geringe Nacharbeit erforderlich wird, um die Teile einbaufertig weiter zu verwenden.

Ziehen als Beispiel für das Zugdruckumformen

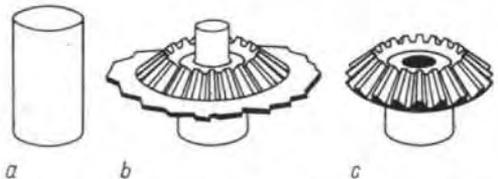
Viele vom Walzwerk kommenden Halbzeuge entsprechen in ihren Abmessungen, in ihrer Oberflächengüte und in ihren mechanischen Eigenschaften noch nicht den Anforderungen der weiterverarbeitenden Industrie. Die geforderte Qualität kann durch Ziehverfahren erreicht werden.

Vorgang beim Strangziehen

Das Ziehgut (Stangen oder Draht) wird durch eine Ziehöse hindurchgezogen. Die Abmessungen



30/2 Kalender zum Glätten von Papier



30/3 Entstehen eines Kegelrades durch Gesenkpresen

der Düse sind kleiner als die der Ausgangsform, das heißt, die Ziehöse besitzt einen sich allmählich verjüngenden Durchbruch, der am Ende der zu erreichenden Querschnittsform des Ziehguts entspricht (Bild 31/1). So erhält zum Beispiel ein Rundstab von 13 mm Durchmesser durch das Ziehen durch eine Ziehöse mit einem Enddurchmesser von 12 mm einen Durchmesser von 12 mm. Beim Ziehvorgang wird also der Querschnitt des Ziehguts verkleinert, wobei die Länge entsprechend der Querschnittsabnahme zunimmt.

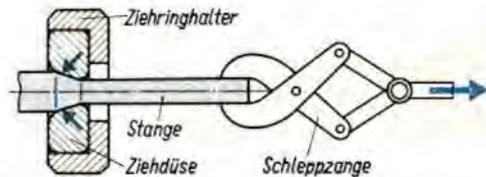
Das Strangziehen wird auf Ziehmaschinen ausgeführt (Bild 31/2). Das angespitzte Ziehgut wird durch die Ziehöse geführt, von einer Schleppzange oder von rotierenden Trommeln erfaßt und mit großer Kraft und gleichmäßiger Geschwindigkeit durch die Ziehöse gezogen.

Naturwissenschaftliche Grundlagen

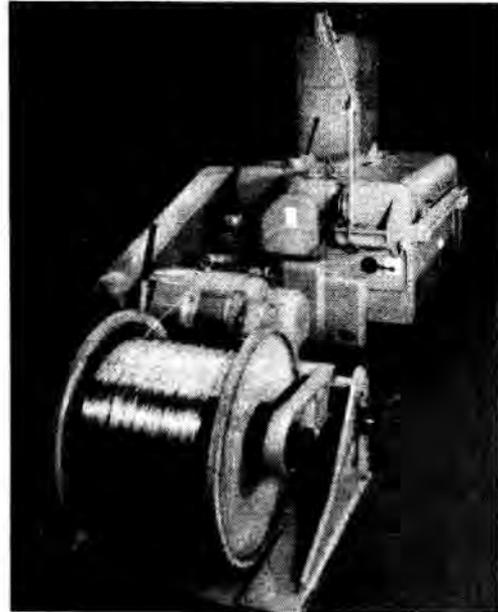
Die formende Wirkung wird beim Strangziehen durch die *Zugkraft* ausgelöst, die durch die Schleppzange oder die Trommeln dem Ziehgut erteilt wird. Diese Zugkraft überträgt das Ziehgut zum düsenartigen Formwerkzeug, wo sie für den Umformvorgang benötigt wird. In der Düse wirken außerdem gleichmäßig über den gesamten Umfang verteilte *Druckkräfte*. Durch diese Zug- und Druckbeanspruchung verschieben sich die Teilchen des Ziehguts gegeneinander und fließen in die Richtung des geringsten Widerstandes. Das Ziehgut wird insgesamt länger, wobei sein Volumen gleich bleibt.

Das Ziehen der Werkstoffe erfolgt im kalten Zustand. Damit erreicht man, daß außer der Form gleichzeitig die Werkstoffeigenschaften verändert werden. Die Stoffe setzen im kalten Zustand der Formänderung einen größeren Widerstand entgegen. Der Werkstoff verdichtet und verfestigt sich dabei.

► **Das Umformverfahren Ziehen bewirkt durch Zug- und Druckbeanspruchung eine Formänderung des Ziehguts. Dabei wird die Qualität des Ziehguts verbessert.**



31/1 Ziehvorgang



31/2 Drahtziehmaschine

Anwendungsgebiete des Zugdruckumformens

Durch Strangziehen werden Stangen stufenweise zu Drähten und größere Profile zu Stangen geformt. Wegen der guten Festigkeitseigenschaften, der hohen Oberflächengüten und Genauigkeiten der gezogenen Werkstücke ist für die Weiterverarbeitung keine oder nur eine sehr geringe Nacharbeit erforderlich. Deshalb sind solche Erzeugnisse besonders für die Weiterverarbeitung in Automaten geeignet.

Ein weiteres Verfahren des Zugdruckumformens ist zum Beispiel das *Tiefziehen*. Hierbei werden aus zugeschnittenen Blechteilen Töpfe, Kappen, Behälter, Karosserieteile und andere an einer Seite offene Gefäße und Teile hergestellt.

Zum Ziehen eignen sich außer den verschiedenen Stahlorten auch Kupfer, Messing, Zink, Aluminium und deren Legierungen.

Überblick über die Umformverfahren

Aus den dargestellten Beispielen lassen sich folgende Gemeinsamkeiten erkennen:

Damit ein Werkstück umgeformt werden kann, muß der Werkstoff bildsam (plastisch) sein. Je bildsamer ein Stoff ist, desto leichter und genauer lassen sich aus Rohteilen Fertigteile walzen, pressen, biegen oder ziehen. Die von außen auf die Werkstücke wirkenden Kräfte bewirken Druck-, Zug-, Zugdruck- oder Biegebeanspruchungen. Dabei muß der Werkstoff so beansprucht werden, daß eine bleibende Formänderung entsteht. Umformbare Werkstoffe sind Metalle, Thermoplaste, Glas, Pappe, Papier, Textilien.

Umformwerkzeuge können zum Beispiel in Pressen, Hämmern und anderen Umformmaschinen geradlinig gegeneinander bewegt werden oder, wie in Walzwerken, umlaufen. In allen diesen Fällen wird das Werkstück durch Druck geformt.

► **Walzen, Formpressen, Prägen und Schmieden sind Druckumformverfahren.**

Das Werkstück kann aber auch durch eine Zieh-
düse oder mit Hilfe von Ziehring und Stempel in eine Form gezogen werden. Neben den Zugkräften bewirken bei den Verfahren dieser Gruppe auch Druckkräfte die Formänderung.

► **Strangziehen und Tiefziehen gehören zu den Zugdruckumformverfahren.**

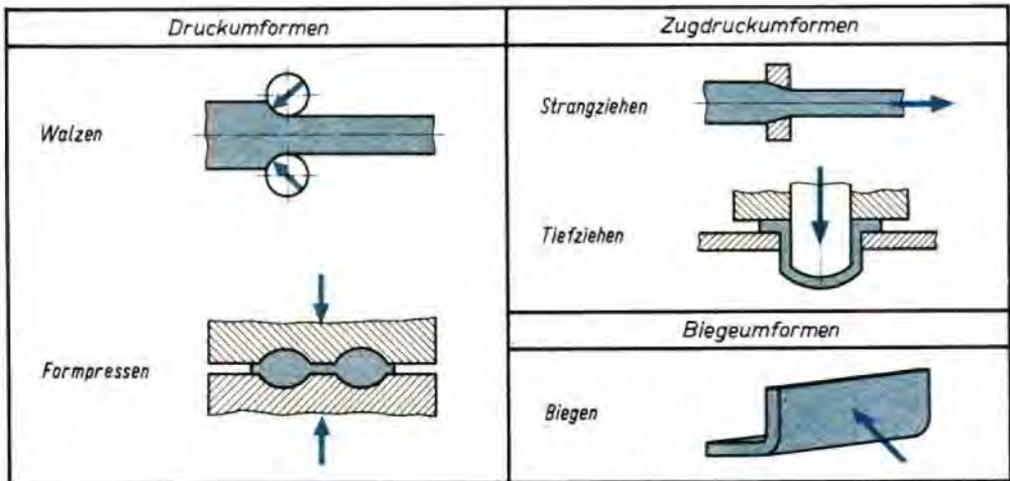
Durch Biegekräfte können Werkstücke gerichtet und gebogen werden. Wir sprechen dann von *Biegeumformverfahren*.

► **Umformverfahren verändern die Formen fester Körper aus umformbaren Werkstoffen. Dabei bleiben der Zusammenhalt der Stoffteilchen untereinander und das Volumen der Werkstücke erhalten.**

Die Zuordnung der wichtigsten Umformverfahren zu Gruppen mit gleichen oder ähnlichen Wirkprinzipien zeigt Bild 32/1.

Wirtschaftlichkeit der Umformverfahren

Für die Herstellung sowie für die Funktion der verschiedenen Werkstücke sind die Festigkeitseigenschaften des Werkstoffs ausschlaggebend. Unter Festigkeit versteht man die Widerstandsfähigkeit eines Bauteils gegenüber auftretenden

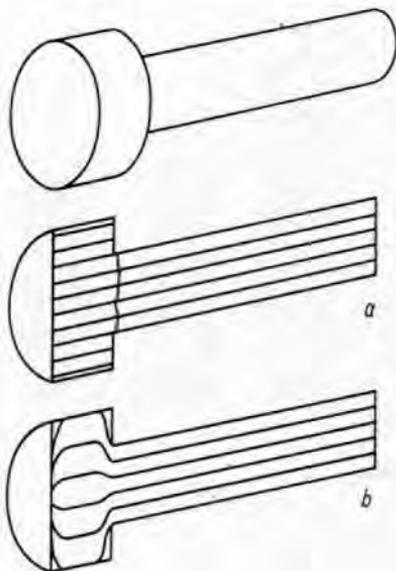


Belastungen. Allgemein werden diese Eigenschaften durch die Auswahl eines geeigneten Werkstoffs sowie die richtige Form und Größe des Bauteils gewährleistet. Häufig hat jedoch auch das Fertigungsverfahren Einfluß auf die Festigkeit des Werkstücks beziehungsweise führt zu ihrer Veränderung.

Der in Bild 33/1 dargestellte Bolzen mit Kopf wird aus gewalztem Rundstahl hergestellt. Durch den Walzvorgang hat sich im Stahl ein der Walzrichtung entsprechender „Faserverlauf“ gebildet. Wird der Bolzen durch ein Trennverfahren, zum Beispiel durch Drehen, hergestellt, dann zerschneidet man dabei die Fasern (Bild 33/1a). Die Bruchgefahr am Übergang vom Kopf zum Schaft wird erhöht und damit die Festigkeit des Bolzens vermindert. Durch Umformen, wie zum Beispiel Pressen oder Schmieden, werden die Fasern nicht zerstört. Sie werden lediglich entsprechend der neuen Form in eine andere Richtung gelenkt. Dabei kommt es gerade an der gefährdeten Stelle, am Übergang vom Kopf zum Schaft, zu einer Verdichtung der Fasern und damit zu einer Verbesserung der Festigkeit des Werkstücks (Bild 33/1b).

► Durch Umformen wird eine höhere Festigkeit der Werkstücke erreicht, weil die Fasern nicht zerstört werden, wie das bei Trennverfahren der Fall ist.

Außer einer solchen Erhöhung der Festigkeit der Werkstücke ist vor allem die *Einsparung an Arbeitszeit und Material* bei Umformverfahren im Vergleich zu spanenden Verfahren hervorzuheben. Wird zum Beispiel ein Zahnrad mittlerer Größe durch Fräsen hergestellt, so benötigt man dazu etwa 30 Minuten. Das gleiche Zahnrad läßt sich aber auch durch Profilwalzen herstellen. Die Fertigungszeit beträgt hierbei etwa eine Minute je Stück. Das Profilwalzen ist also gegenüber dem spanenden Verfahren (Fräsen) bedeutend wirtschaftlicher, denn es werden je Stück etwa 29 Minuten Fertigungszeit eingespart. Der Werkstoff wird fast hundertprozentig ausgenutzt. Außerdem kann durch die beim Walzen eintretende Werkstoffverfestigung in vielen Fällen weniger wertvolles Material eingesetzt werden.

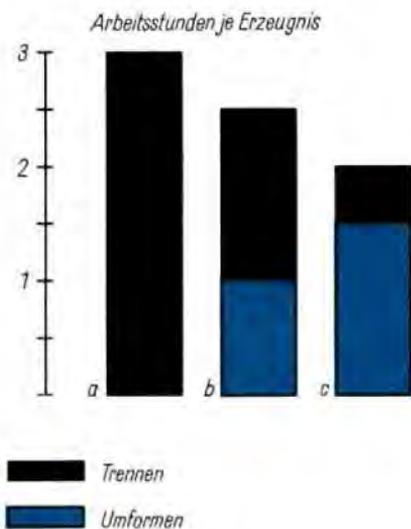


33/1 Bolzen mit Kopf
a) durch Trennverfahren hergestellt
b) durch Umformverfahren hergestellt

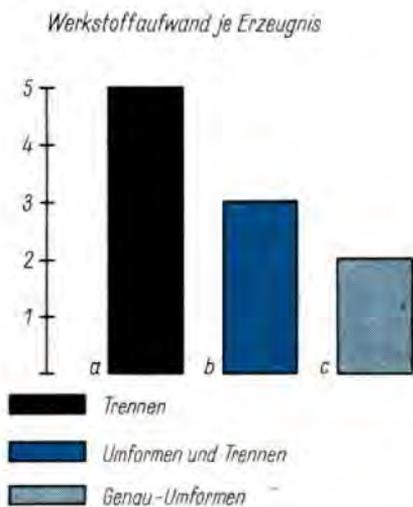
Die für dieses Verfahren benötigten Profilwalzmaschinen sind jedoch sehr teuer. Ihr Einsatz lohnt sich deshalb erst dann, wenn mindestens 2000 bis 10000 Zahnräder hergestellt werden sollen.

Beim Gesenkpresen zum Beispiel entsteht das Werkstück durch einmaligen Druck auf das Rohteil. Da jedoch die Maßgenauigkeit und die Oberflächengüte, die beim Umformen erreicht werden, nicht immer den Anforderungen genügen, werden die Werkstücke häufig durch Schmieden, Pressen oder Walzen vorgeformt und anschließend durch ein Trennverfahren, wie zum Beispiel Drehen oder Hobeln, fertig bearbeitet. Auch bei diesem Fertigungsablauf ist die Gesamtarbeitszeit in den meisten Fällen kürzer, da durch das vorangegangene Umformen nur noch wenig Werkstoff abzutrennen ist. Bild 34/1 zeigt, wie durch eine bessere Technologie, das heißt durch Auswahl günstiger Fertigungsmethoden, die Arbeitszeit für die Herstellung eines Laufrades gesenkt werden konnte.

Die erforderliche Werkstoffmenge, die zum Beginn der Fertigung je Werkstück bereitgestellt werden muß, ist meistens größer als die Menge,



34/1 Arbeitszeitaufwand



34/2 Werkstoffaufwand

die man im fertigen Werkstück wiederfindet. Je nach dem angewendeten Fertigungsverfahren ist die während der Bearbeitung abfallende Werkstoffmenge verschieden groß. Die Verfahren des Trennens bedeuten allgemein eine verlustreiche, die des Umformens eine verlustarme Bearbeitung der Werkstücke. Je weitgehender Form, Maßgenauigkeit und Oberflächengüte eines Werkstücks durch das Umformen der Fertigform angenähert werden, um so geringer ist die erforder-

liche Nacharbeit durch spanabhebende Verfahren, um so weniger Werkstoff geht dabei verloren. Da ein großer Teil der verwendeten Werkstoffe importiert werden muß, bedeutet Einsparung von Werkstoff gleichzeitig Einsparung von Devisen.

Bild 34/2 zeigt, in welchem Maße der Werkstoffaufwand bei der Herstellung von Laufrädern durch geeignete Umformverfahren gesenkt werden konnte.

Der verstärkten Anwendung material-, zeit- und kostensparender Fertigungsverfahren des Umformens kommt bei der Weiterentwicklung und Mechanisierung der Betriebe der metallverarbeitenden Industrie eine besondere Bedeutung zu. Dabei werden vor allem solche Umformverfahren weiterentwickelt, die zu einer höheren Maßgenauigkeit der umgeformten Teile führen (Genaugesenkschmieden, Fließpressen, Profil- und Querwalzen). Das Hauptziel ist dabei, die nachfolgenden spanintensiven Bearbeitungsprozesse möglichst gering zu halten beziehungsweise auszuschalten.

Die beschleunigte technologische Anwendung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse wird auch auf dem Gebiet der Umformung wirksam. So wurden in den vergangenen Jahren neue Verfahren entwickelt, die den Detonationsdruck von Sprengstoffen, den Druck magnetischer Felder oder expandierender Gase für Umformungszwecke ausnutzen.

Abschließend sollen noch einmal die wichtigsten technologischen und wirtschaftlichen Vorteile des Umformens zusammengestellt werden:

1. Die Rohteile können mit modernen Verfahren weitgehend der Fertigform angenähert werden. Gegenüber der ausschließlichen spanenden Bearbeitung sind Werkstoffeinsparungen zwischen 10 bis 50 Prozent (zum Teil auch höher) möglich.
2. Einsparung an Fertigungszeit. Durch den überwiegend flächenförmigen Eingriff des Werkzeugs (oder des Werkzeugpaars) und die relativ hohen Hub- oder Schlagzahlen moderner Pressen und Hämmer verkürzt sich die eigentliche Herstellungszeit der Werkstücke erheblich, eine gegebene Produktionsmenge vorausgesetzt.

Daraus geht schon hervor, daß die Maschinen der Umformtechnik wesentlich produktiver sind, als spanende Werkzeugmaschinen. Die Grundzeit zur Herstellung vergleichbarer Werkstücke durch Umformung beträgt oftmals nur 1 bis 2 Prozent gegenüber dem Spanen.

3. Erhöhung der Maßgenauigkeit und Oberflächengüte.

Obgleich eine Reihe von Umformverfahren solchen Forderungen noch nicht genügt, zeigen die modernen Entwicklungsrichtungen die zukünftigen Möglichkeiten. Beim Fließdrücken und -pressen können zum Beispiel Nennmaße mit großer Genauigkeit eingehalten werden. Mit dem Kaltprägen und Oberflächenfeinwalzen können Oberflächengüten erzielt werden, die der spanenden Endbearbeitung gleichwertig sind.

4. Erhöhung der Festigkeit der Werkstücke gegenüber dem Ausgangszustand des Rohteils. Mit der Umformung ist nicht nur eine Verdichtung des Werkstoffgefüges zu verzeichnen, sondern gleichzeitig können sich bestimmte Festigkeitswerte erhöhen oder vermindern, was nicht in jedem Falle erwünscht ist. Einige Umformverfahren, besonders des Kaltumformens, gestatten jedoch begrenzte Festigkeitssteigerungen, die zur höheren Qualität der Werkstücke beitragen und zusätzlich auch einen günstigen ökonomischen Nutzen aufweisen.

So ist zum Beispiel beim Kaltfließpressen von Stahl eine Härtesteigerung bis zu 120 Prozent, beim Oberflächenfeinwalzen bis zu 40 Prozent möglich. Neben der dadurch erreichbaren erhöhten Verschleißfestigkeit der Oberfläche entsteht hier ein ökonomischer Vorteil, weil Stähle geringer Festigkeit (und entsprechend mit niedrigerem Preis) durch die Umformung Festigkeitswerte hochwertiger und teurer Stähle erreichen.

Die genannten Vorteile treten bei den verschiedenen Umformverfahren unterschiedlich hervor. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Umformverfahrens gegenüber Verfahren anderer Verfahrensgruppen (zum Beispiel Trennen) muß man verschiedene Faktoren heranziehen, von denen die wichtigsten kurz genannt seien:

Kosten des Ausgangsmaterials;

Ausnutzung des Materials;

Kosten für Werkzeuge und Maschinen;

Kosten für Antriebsenergie und bei Warmumformung außerdem für Wärmeenergie.

Grundsätzlich muß man berücksichtigen, daß bei vielen Umformverfahren der Aufwand für Werkzeuge, Maschinen und Energie wesentlich höher liegt als bei der spanenden Bearbeitung. Neben den Einrichtungen unmittelbar für die Umformung sind oftmals in beachtlichem Umfang Nebenanlagen (zum Beispiel für Erwärmung, Transport schwerer Umformteile) erforderlich.

- **Umformverfahren sind gegenüber spanenden Verfahren wirtschaftlicher, weil der Zeit- und Materialaufwand beträchtlich geringer ist. Voraussetzung für wirtschaftliches Umformen sind jedoch hohe Stückzahlen, weil sich sonst die teuren Maschinen und Anlagen nicht rentieren.**

Aufgaben

1. Vergleiche die Formbarkeit folgender Werkstoffe: Papier, Pappe, Textilien, PVC-weich, Metall, Glas und Gestein!
2. Erkundige dich nach Werkstoffen, die durch Kaltformen beziehungsweise durch Warmformen umgeformt werden können. Vergleiche die jeweils notwendige Kraft zum Umformen!
3. Erkunde Werkstücke des Betriebes, die durch Walzen, Formpressen und Ziehen geformt wurden, und laß dir typische Einsatzbereiche für solche Werkstücke erläutern!
4. Wäge die wirtschaftlichen Vor- und Nachteile der Trennverfahren und der Umformverfahren gegeneinander ab!
5. Berechne die Verkürzung der Herstellungszeit für 600 Stück Laufräder durch Anwendung der Bearbeitungsverfahren b und c (Bild 34/1) gegenüber der ursprünglichen Herstellungs-dauer beim Bearbeitungsverfahren a!
6. Berechne die Werkstoffeinsparung bei der Herstellung von Laufrädern durch Anwendung der Bearbeitungsverfahren b und c (Bild 34/2) gegenüber dem ursprünglichen Werkstoffaufwand beim Bearbeitungsverfahren a (in %)!

FORMGEBUNG DURCH URFORMEN

Trennen und Umformen sind Fertigungsverfahren, die der Formänderung fester Körper dienen. Diesen Körpern ist gemeinsam, daß ihre Stoffteilchen bereits einen bestimmten Zusammenhalt zueinander besitzen. Er gibt dem Werkstück eine bestimmte Form. Sie ist die Voraussetzung, um trennen und umformen zu können. Da uns die meisten Werkstoffe aber von Natur aus formlos zur Verfügung stehen, müssen in der Produktion Verfahren eingesetzt werden, die diesen formlosen Stoffen durch Schaffen des Zusammenhalts der Teilchen eine erste Form geben. Diese Verfahren bezeichnet man als Urformverfahren. Unter „formlosem Stoff“ versteht man in diesem Zusammenhang Flüssigkeiten, Pasten, Pulver, Fasern, Späne und ähnliche Stoffe.

Die formlosen Stoffe stehen uns demnach in den Zustandsformen fest, teigig oder flüssig zur Verfügung. So ist zum Beispiel der trockene Sand ein formloser Stoff im festen Zustand. Ein Zusammenhalt der einzelnen Sandkörner ist nicht vorhanden. Befeuchten wir jedoch diesen Sand und pressen ihn in eine Spielform, so erhalten wir nach dem Entfernen der Form einen festen Körper, dessen Körner bereits einen geringen Zusammenhalt besitzen.

Im Fleischerarbeitswerk werden die breiigen Wurstmassen in die uns bekannten Formen gepreßt (Bild 36/1).

Feste Körper aus Duroplasten entstehen durch Pressen und Gießen aus breiigen und flüssigen Massen. So können mit Hilfe moderner Preßautomaten (Bild 36/2) unter anderem Geschirr, Küchengeräte und Spielzeug hergestellt werden.



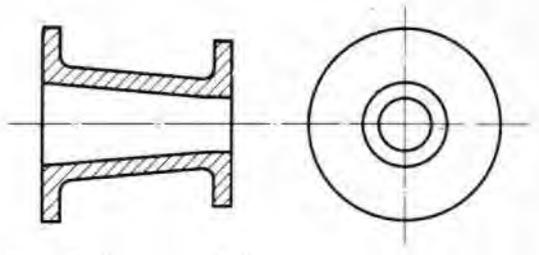
36/1 Pressen von Wurstmasse

36/2 Duroplastpressen



Gießen

Das Urformverfahren Gießen ist ein Verfahren zur Herstellung fester Körper aus Metall, Plast, Glas oder Porzellan. Gegossene Metallkörper werden als Maschinenteile häufig verwendet.



37/1 Zeichnung eines Rohrstutzens

Vorgang beim Sandformguß

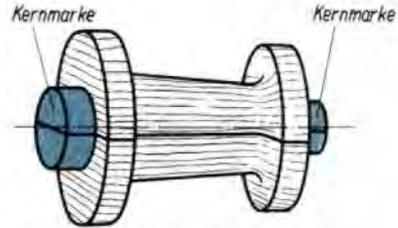
Beim Gießen wird flüssiges Metall in einen vorbereiteten Hohlraum, die Gießform, gegossen. Die *Gießform* besteht aus Sand. Sie entspricht in ihren Formen und Abmessungen der Gestalt des Werkstücks. Beim Erkalten erstarrt das Metall und erhält die gewünschte Gestalt des Werkstücks.

Herstellung der Gießform. Die Herstellung der zum Gießen notwendigen Gießform erfordert viel Arbeit und Sorgfalt. Das wichtigste Hilfsmittel dazu ist das *Modell* (Bild 37/2). Es wird vom Modelltischler nach der Konstruktionszeichnung des Werkstücks (Bild 37/1) aus Holz gefertigt. Zunächst wird das Modell im feuchten Sand eingeformt. Um es danach leicht aus der Form herausheben zu können, müssen sowohl das Modell als auch die Form in der *Formteilebene* teilbar sein (Bilder 37/2 bis 37/4).

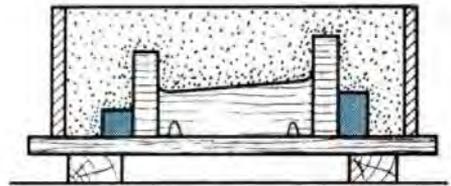
Für den Hohlraum des Gußkörpers muß in die Form ein *Sandkern* eingelegt werden. Die Sicherung seiner Lage in der Form übernehmen die am Modell angebrachten *Kernmarken* (Bild 37/2). Ferner ist bei der Herstellung des Modells die aus der Physik bekannte Gesetzmäßigkeit zu beachten, daß alle Metalle beim Übergang aus dem flüssigen in den festen Zustand ihr Volumen verringern. Das Modell muß also größer als das zu gießende Werkstück gefertigt werden.

Die Bilder 37/3 bis 38/1 zeigen die Arbeitsgänge beim Herstellen der Gießform eines Rohrstutzens.

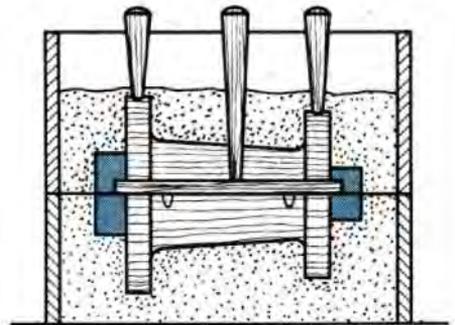
Ausfüllen der Form. Im Gießereiofen wird beispielsweise aus Roheisen, Schrott und verschiedenen Zusätzen die Schmelze bereitet. Aus Gießpfannen gelangt das flüssige Metall durch den Einguß in den Formenhohlraum, verdrängt hier die Gase durch die Steiger sowie durch zusätzliche



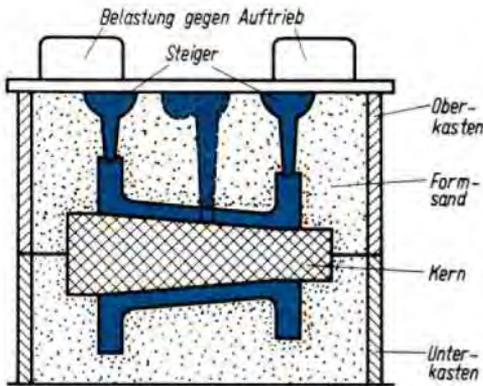
37/2 Modell eines Rohrstutzens



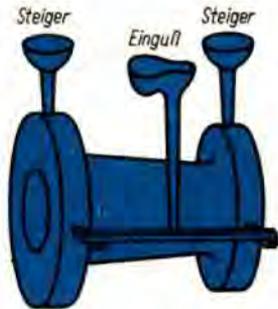
37/3 Einformen der ersten Modellhälfte (Modellhälfte mit der ebenen Fläche auf eine Holzplatte legen, Unterkasten aufsetzen, mit Formsand füllen und feststampfen)



37/4 Einformen der zweiten Modellhälfte (Unterkasten umdrehen, zweite Modellhälfte auflegen, Modelle für den Einguß und die Steiger setzen, Oberkasten mit Formsand füllen und feststampfen)



38/1 Gießfertige Form des Rohrstuzens (Modelteile sind entfernt, der getrocknete Sandkern ist in die Kernmarken eingelegt. Die geschlossene Form ist zur Sicherung gegen Auftrieb belastet)



38/2 Rohrstutzen als ausgeschlagenes Rohgußteil

Entlüftungslöcher in der Form und füllt so die Form voll aus. Nach dem Erkalten wird das Gußstück aus der Form herausgeschlagen (Bild 38/2). Die nunmehr überflüssigen Steiger und Zulaufe werden vom Gußstück getrennt, und der noch anhaftende Formsand wird in der Putzerei, meist durch ein Sandstrahlgebläse, entfernt.

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Zum Gießen sind alle Werkstoffe geeignet, die bei technisch erreichbaren Temperaturen schmelzen. Durch Wärmezufuhr gehen sie aus dem festen Aggregatzustand in den flüssigen über und werden somit gießbar. Gießbar sind beispielsweise

Eisenmetalle, Messing, Aluminium, Glas, Harze und thermoplastische Werkstoffe. Beim Eindringen des Gießgutes in die vorbereitete Form wird die hier vorhandene Luft verdrängt. Die Gase, die beim Eingießen des Metalls in der Form entstehen, entweichen zum größten Teil durch die eingesetzten Steiger. Außerdem muß der Formstoff (Quarzsand und Ton) gasdurchlässig sein damit die Form durch die entstehenden Gase nicht gesprengt wird.

Bei den verschiedenen Gießverfahren nutzt man die Gesetze der Physik. So fließt zum Beispiel beim Sandformguß der Werkstoff auf Grund der wirkenden *Schwerkraft* in die vorbereitete Form (Bild 39/1).

Da sich in geschlossenen Behältern der Druck der eingeflossenen Gießmasse nach allen Seiten gleichmäßig ausbreitet, wirkt also auch gegen die Decke der Gießform eine Druckkraft. Deshalb muß die Form durch entsprechende Belastungen gesichert werden.

Bei anderen Gießverfahren wird der flüssige oder teigige Werkstoff durch Druckkraft in die Form gedrückt (Druckguß, Bild 39/2). Beim Gießen durch *Fliehkraft* wird der flüssige Werkstoff in eine rotierende Form gegossen und dabei selbst in rotierende Bewegung gesetzt (Bild 39/3). Durch die auftretende Fliehkraft wird der Werkstoff an die Wandung der Form gepreßt. Beim Erstarren nimmt er die Form eines Hohlkörpers an. Dieses Verfahren bezeichnet man als Schleuderguß.

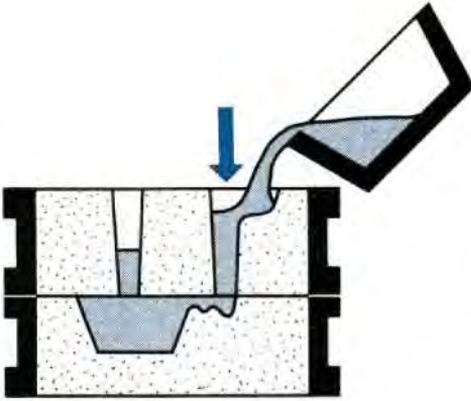
Sowohl beim Druckguß als auch beim Schleuderguß verwendet man anstelle der Sandformen polierte Stahlformen.

► **Körper aus gießbaren Stoffen werden durch Wärmezufuhr in den flüssigen Aggregatzustand überführt. Nach dem Gießen erstarren sie durch Wärmeabgabe in der Form zum Fertigteil.**

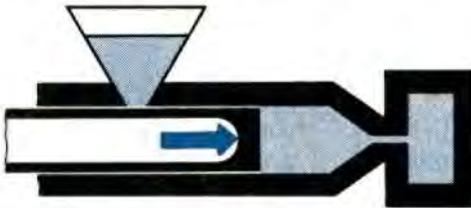
Anwendungsgebiete des Gießens

In der modernen Produktion ist das Gießen oftmals das technisch einzig mögliche Verfahren, um komplizierte, in ihren Formen stark gegliederte Werkstücke aus Metall, Plast, Glas oder Beton

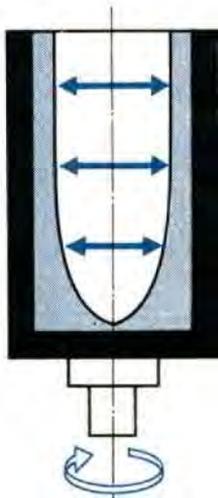
38 Die Form muß 1% größer sein als das Werkstück



39/1 Gießen durch Schwerkraft



39/2 Gießen durch Druckkraft



39/3 Gießen durch Fliehkraft

herzustellen. So werden schwierige, mit zahlreichen Kanälen durchsetzte Teile, wie zum Beispiel Motoregehäuse, Zylinderblöcke, Ständer von Werkzeugmaschinen, Heizungskörper, Seilscheiben, Schreib- und Nähmaschinenteile durch Gießen gefertigt.

Gußstücke, besonders aus Zinklegierungen, Aluminium und Plast, mit sehr geringen Wandstärken werden vorteilhaft im Druckgußverfahren hergestellt.

Diese Gußstücke haben eine glatte Oberfläche und sind von höchster Maßhaltigkeit. Im Apparatebau, für Schreib- und Büromaschinen und in der Elektrotechnik werden solche Druckgußteile vielseitig verwendet.

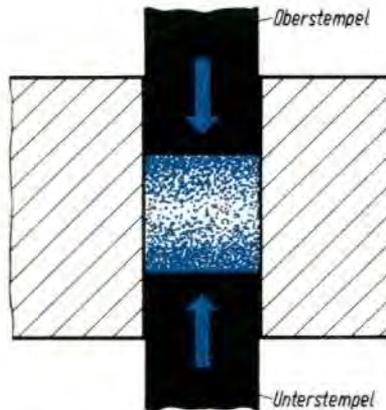
Hohlkörper, zum Beispiel Buchsen und Rohre, werden vorteilhaft im Schleuderguß hergestellt.

Pressen

Durch das Pressen von Metallpulver entsteht aus einem formlosen Stoff (Pulver) durch Schaffen des Zusammenhalts der Teilchen ein fester Körper mit einer bestimmten Form.

Vorgang beim Pressen von Metallpulver

Das in Hüttenwerken gewonnene Pulver wird in eine Metallform gefüllt. Sie zeigt die negative Form des zu pressenden Fertigteils. Die zur Verdichtung des Metallpulvers erforderlichen sehr hohen Preßkräfte werden mit hydraulischen Pressen erzeugt. Der Druck wirkt entweder über zwei Stempel auf das Pulver (Bild 39/4), oder ein Stempel preßt das Pulver in eine bestimmte Form.



39/4 Metallpulverpressen (zweiseitig)

Durch den hohen Preßdruck nimmt das zunächst formlose Pulver die Gestalt der Preßform an. Nach dem Entformen der Werkstücke sind diese noch sehr spröde und würden leicht zerbröckeln. Deshalb werden die zunächst kalt gepreßten Teile jetzt einer hohen Temperatur ausgesetzt, ohne daß sie dabei schmelzen. Die einzelnen Pulverteilchen verschweißen dadurch miteinander und bilden sehr feste Körper. Diese nachträgliche Wärmebehandlung bereits geformter Preßteile heißt *Sintern*. Der Vorgang ist mit dem Brennen der aus Ton geformten Gegenstände in der Töpferei zu vergleichen. Die Tonteile backen dabei zusammen und bilden feste Gegenstände.

► **Das Pressen von Metallpulver ist ein Kaltformen. Die anschließende Wärmebehandlung bezeichnet man als Sintern.**

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Das lose in die Preßform eingeschüttete Pulver bildet zunächst Hohlräume (Bild 40/1). Sie stürzen in der ersten Preßphase ein; kleinere Pulverkörner füllen die Zwischenräume der größeren Körner aus. Durch Gleiten und Drehen ordnen sich die Körner und werden stark deformiert. Die dabei entstehenden unregelmäßigen Formen der Körner verhaken sich in der folgenden Phase.

► **Der Preßdruck schafft durch mechanische Verklammerung und Adhäsion der einzelnen Pulverkörner einen festen Zusammenhalt.**

Anwendungsgebiete des Pressens

Besondere Bedeutung hat das Pulverpressen für die Herstellung von *Hartmetallen* erlangt. Sie

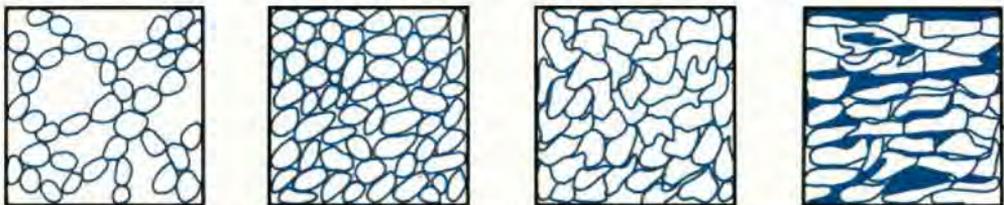
werden als Schneidplatten für spanabhebende Werkzeuge, für Gesteinsbohrer im Bergbau und für Ziehdüsen der Umformwerkzeuge eingesetzt und erhöhen damit die Wirtschaftlichkeit dieser Verfahren.

Außerdem bietet das Pressen von Metallpulver eine gute Möglichkeit, aus Metallen mit hohem Schmelzpunkt (Wolfram und Molybdän) Werkstücke zu formen. Das Einschmelzen dieser Metalle ist mit erheblichen technischen Schwierigkeiten verbunden. So werden Glühfäden für Glühlampen und Röhren aus diesen Werkstoffen durch Pressen von Pulver gefertigt.

Verschiedenartige Formteile aus Sinterereisen lassen sich durch Pulverpressen mit hohen Genauigkeiten herstellen (Bild 40/2). Die Maßhaltigkeit und Oberflächengüte der Werkstücke erfordert nur in wenigen Fällen eine Nacharbeit, so daß nachfolgende Fertigungsstufen am Werkstück entfallen können. Solche aus Pulver gepreßten Werkstücke werden im Nähmaschinen- und Büromaschinenbau, bei der Herstellung von Jagd- und Sportwaffen, im Fahrradbau, im Fahrzeugbau für Kolbenringe und in der Elektroindustrie einge-



40/2 Formteile aus Sinterereisen



40/1 Vorgänge beim Metallpulverpressen (schematisch, vergrößert)

setzt. Wegen ihrer guten Gleitfähigkeit eignen sich die aus Metallpulver gepreßten Formteile besonders für die Herstellung von Gleitlagern.

Überblick über die Urformverfahren

Allen Urformverfahren ist gemeinsam, daß durch sie ein zubereiteter Stoff mit einer unbestimmten Form in geometrisch bestimmte Formen gebracht wird. Dadurch entstehen technisch verwertbare Werkstücke.

Einige Stoffe gehen nach Wärmezufuhr aus dem festen oder formlos festen in den *formlos flüssigen Aggregatzustand* über und werden damit gießbar. Geschmolzenes Metall und Glas können so in vorbereitete Formen gegossen werden. Nach dem Abkühlen erstarrt die Schmelze in der Gießform. Die Wärmeabgabe bewirkt, daß die Stoffteilchen einen bleibend festen Zusammenhalt bekommen. Die Gußstücke sind feste Körper mit einer bestimmten geometrischen Form.

Andere Stoffe lassen sich aus dem formlos festen in den formlos flüssigen Zustand überführen, wenn man sie mit Flüssigkeiten vermischt. In diesem Zustand kann man sie in eine Form gießen. Durch Entzug der Flüssigkeit und durch chemische Bindungskräfte zwischen den Stoffteilchen bilden sich hier Zusammenhangskräfte heraus, die auch nach dem Entfernen der Gießform die Stoffteilchen in einem festen Körper zusammenhalten. So können zum Beispiel Gegenstände aus Gips oder Porzellan und Platten aus Beton gefertigt werden.

Außer diesen Stoffen, die durch den Zusatz von Flüssigkeiten oder durch Wärme flüssig und damit formbar werden, gibt es auch solche, die unter diesen Bedingungen nicht den flüssigen, sondern einen *teigigen Zustand* annehmen. In diesem Zustand sind sie ebenfalls formbar. So werden zahlreiche Nahrungs- und Genußmittel durch Vermischen zerkleinerter fester beziehungsweise pulvriger und flüssiger Stoffe zu einem Teig verrührt, der anschließend in Formen oder durch Düsen gepreßt wird. Der feste Körper bildet sich ebenfalls durch Flüssigkeitsentzug und chemische Bindungskräfte.

- Überlege, welche Nahrungs- und Genußmittel ihre Formen durch diese Verfahren erhalten haben könnten!

In teigigem Zustand sind auch die Plastwerkstoffe formbar. Als Pulver oder Körner besitzen sie keinen stofflichen Zusammenhalt. Nach der Erwärmung gehen sie aus diesem formlos festen in den teigigen Zustand über und lassen sich dann durch Druck in Formen pressen. Nach dem Erkalten und Entfernen der Preßform behalten sie die gegebene Form als feste Körper bei.

- ▶ **Zum Urformen aus dem flüssigen oder breiigen Zustand gehören die verschiedenen Gießverfahren.**

- Welchen Urformverfahren wird vornehmlich das Herstellen von Plastteilen zugeordnet?

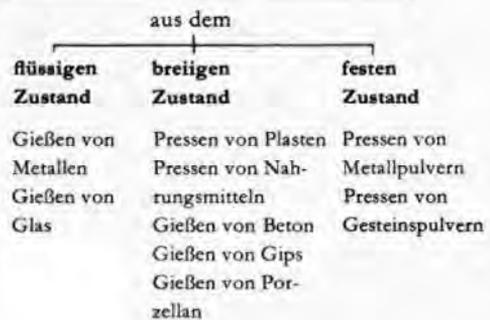
Aus einigen Stoffen von *formlos festem Zustand* (Metallpulver) kann schon allein durch den Preßdruck der stoffliche Zusammenhalt zwischen den Pulverkörnern geschaffen werden, wobei die gepreßten Teile zur Erhöhung der Festigkeit anschließend zu erwärmen sind.

- ▶ **Pressen von Metallpulver ist ein Urformen aus dem formlos festen Zustand.**

Die dargestellten Beispiele haben gezeigt, daß durch das Urformen feste, in ihrer Form bestimmte Werkstücke entstehen.

- ▶ **Urformen ist Fertigen eines festen Körpers aus formlosem Stoff durch Schaffen des Stoffzusammenhalts. Dabei kann der formlose Stoff in flüssigem, breiigem oder formlos festem Zustand vorliegen.**

Fertigungsverfahren zum Urformen



Im Rahmen der Fertigungstechnik steht das Urformen an erster Stelle, da jedes Erzeugnis seine Ausgangsform – und in zunehmendem Maße auch seine Endgestalt – durch ein Verfahren des Urformens erhält. Dabei ist man bemüht, die durch Urformen hergestellten Erzeugnisse in bezug auf Genauigkeit und Oberflächengüte weiter zu verbessern. Dadurch kann gleichzeitig rationeller gefertigt und erheblich Werkstoff eingespart werden.

Die Urformverfahren können im Fertigungsprozeß eine unterschiedliche Stellung einnehmen:

1. Der Fertigungsprozeß ist mit dem Urformen im wesentlichen abgeschlossen, wie zum Beispiel beim Gießen von Radiatoren und Druckgußteilen oder beim Pressen und Sintern von Gleitlagern, Hartmetallerzeugnissen und Teilen aus Sinterisen und -stahl.
2. Das Urformen stellt die Vorstufe für andere Fertigungsverfahren dar. Es werden beispielsweise gegossene Rohblöcke oder Stränge aus dem Stahlwerk nach den Verfahren des Umformens (zum Beispiel durch Walzen, Schmieden oder Pressen) in andere Formen überführt. Außerdem können die Werkstücke durch trennende, fügende oder eigenschaftsändernde Fertigungsverfahren weiter bearbeitet werden.

In dem Maße, wie es gelingt, die erreichbare Genauigkeit, die Oberflächengüte und die Festigkeit der durch Urformen hergestellten Enderzeugnisse zu verbessern, werden die Urformverfahren ihren Anteil an der gesamten Fertigungstechnik erhöhen. Schon heute werden die Verfahren des Urformens in vielen Zweigen der Industrie angewendet. Besonders verbreitet sind die Gießverfahren. Doch auch die modernen Verfahren des Pulverpressens werden bereits in vielen Betrieben der DDR angewendet, und eine beachtliche Steigerung pulvermetallurgischer Erzeugnisse ist im Perspektivplan vorgesehen.

Wirtschaftlichkeit der Urformverfahren

Die wirtschaftliche Herstellung eines Werkstücks wird in erster Linie durch die Anzahl der dazu

notwendigen Fertigungsverfahren bestimmt. Müssen mehrere Verfahren (zum Beispiel Gießen, Walzen, Drehen) nacheinander eingesetzt werden, um den formbaren Stoff vom Rohzustand in den Fertigzustand zu bringen, so erhöht sich damit auch der Aufwand an Zeit, an Werkzeugen und Maschinen. Die Herstellungskosten sind entsprechend hoch.

Die Wirtschaftlichkeit der Fertigung erhöht sich, wenn durch die Umformverfahren, vor allem aber durch die Urformverfahren bereits die Endform des Werkstücks erzielt werden kann. Von geringen Nacharbeiten abgesehen, entfallen weitere Arbeitsgänge. Der hohe Aufwand an Arbeitszeit zur Herstellung der notwendigen Modelle und Formen wird bei großen Stückzahlen der zu fertigenden Erzeugnisse weitgehend ausgeglichen. So können komplizierte Werkstücke durch Urformen wirtschaftlich hergestellt werden, weil sich Werkstoff und Arbeitszeit insgesamt gegenüber anderen Fertigungsverfahren erheblich einsparen lassen.

Nicht immer erfüllen jedoch die nach der Methode des Sandformgusses hergestellten Maschinenteile die hohen Forderungen der modernen Produktion nach Maßhaltigkeit und Oberflächengüte der Teile. Deshalb geht das Bestreben dahin, zum Beispiel das Präzisionsgießen (Feingießen) als ein zeit- und materialsparendes Gießverfahren immer mehr in die Produktion einzuführen. Bei diesem Verfahren lassen sich die notwendigen Nacharbeiten am Werkstück auf ein Mindestmaß einschränken.

Ein in den letzten Jahren sprunghaft angestiegener Bedarf an Feingußteilen läßt die Wirtschaftlichkeit dieses Gießverfahrens erkennen. Die Einsparung an Zerspanungsarbeit beträgt beim Feingußteil gegenüber einem spanabhebend gefertigten Teil ein Fünftel bis die Hälfte. Die Einführung des Präzisionsgießens setzt aber die Ausrüstung des Betriebes mit neuen Maschinen und Anlagen voraus.

Bei stark ansteigenden Stückzahlen – besonders bei Massenteilen aus Eisenmetallen – kann die Formgebung durch Pulverpressen sehr wirtschaftlich sein. Bei der Herstellung eines Kupplungs-

ringes zeigte sich beispielsweise, daß durch Anstieg der Stückzahlen von 10000 auf 100000 eine Senkung der Kosten je Stück auf etwa ein Drittel eintrat.

Aufgaben

1. Gieße Paraffin in eine Hohlform, und beobachte die Vorgänge während des Abkühlungsvorganges!
2. Beschreibe den Fertigungsablauf zur Herstellung eines Gußstücks!
3. Stelle Werkstücke und Gegenstände aus Metall, Plast, Glas, Holzfasern, Filz und Beton zusammen, die durch Gießen oder Pressen gefertigt wurden!
4. Unterscheide den Begriff „formloser Stoff“ in seiner physikalischen und in seiner technischen Bedeutung!
5. Erkundige dich im Betrieb nach Teilen, die durch Pressen von Metallpulver hergestellt wurden und vergleiche Farbe und Klang mit Teilen aus Stahl, die durch Umformen hergestellt wurden!
6. Erkundige dich im Betrieb, unter welchen Bedingungen das Präzisionsgießen ein wirtschaftliches Fertigungsverfahren ist!

BESCHICHTEN VON OBERFLÄCHEN

Alle Werkstoffe sind während ihrer Verwendung den verschiedensten Beanspruchungen ausgesetzt: Auf die sich im Lager gegeneinander bewegenden Maschinenteile wirken mechanische Kräfte. Sie führen zu einer bleibenden Formänderung an den Teilen. Dieser *Verschleiß* mindert ihren Gebrauchswert.

Die metallischen Werkstoffe, die zum Bau von Brücken, für Anlagen der chemischen Industrie und des Verkehrswesens, für Landmaschinen, Fahrzeuge und Schiffe verwendet werden, sind den Witterungseinflüssen besonders stark ausgesetzt. Sauerstoff, Kohlendioxid und Wassergehalt der atmosphärischen Luft führen an der Oberfläche des Eisenmetalls chemische Reaktionen herbei. Es bildet sich eine oxidhaltige Schicht, der Rost. Er ist porös und läßt die Luft durch seine Poren ständig weiter auf die folgenden Metallschichten einwirken. Man sagt, der Werkstoff korrodiert. Diese *Korrosion* kann metallische Werkstücke völlig zerstören.

Aber auch nichtmetallische Werkstoffe, wie zum Beispiel Holz, sind ständig dem Verfall ausgesetzt. Die einwirkende Feuchtigkeit mindert die Eigenschaften des Holzes. Es fault und büßt damit einen Teil seiner Festigkeit ein.

Da der Verschleiß und die Korrosion zuerst die Oberfläche des Werkstücks angreifen und zerstören, gilt es, durch geeignete Verfahren eine widerstandsfähige Oberflächenschicht aufzubringen. Einige Metalle, wie Kupfer und Aluminium, bilden durch die Einwirkung des Luftsauerstoffs eine Oxidschicht, die in Wasser unlöslich ist und die darunter liegenden Metallschichten vor wei-



44/1 Beschichten durch Lackieren

44/2 Beschichten durch Verzinken



terer Korrosion schützt. Andere Metalle müssen eine besondere Schutzschicht erhalten. Solche Schichten können aus metallischen oder nichtmetallischen Stoffen bestehen.

Sie wirken der Veränderung der Werkstoffe durch chemische Einflüsse und der Abnutzung durch den Verschleiß entgegen. Gleichzeitig wird das Aussehen der Werkstücke verbessert.

Nichtmetallische Überzüge

Nichtmetallische Überzüge werden durch Anstreichen, Tauchen oder Spritzen auf die Oberfläche der Werkstücke aufgetragen.

Fett- und Wachsschichten. Für eine kurzfristete Schutzdauer werden Mineralöle und -fette eingesetzt. Sie haften nur lose auf der Werkstückoberfläche und sind leicht durch Lösungsmittel zu entfernen.

In den letzten Jahren wurden als Schutzmittel besondere Wachse entwickelt. Sie geben einen dichten Schutz, lassen sich nicht ohne weiteres abwischen, nehmen wenig Schmutz auf und sind mit geeigneten Lösungsmitteln leicht zu entfernen.

Mineralöle, -fette und Wachse werden im allgemeinen durch Streichen oder Spritzen auf die zu schützenden Flächen aufgetragen.

Farb- und Lackschichten. In allen Bereichen unserer Wirtschaft und im täglichen Leben spielen Farben und Lacke eine wesentliche Rolle bei der Erhaltung von Werten sowie bei der geschmackvollen Gestaltung von Oberflächen. Hierzu verwendet man Ölfarben, Asphalt-, Nitro- und Kunstharzlacke. Sie werden auf die gründlich gereinigten und entfetteten Flächen der Werkstücke durch Streichen, Tauchen oder Spritzen aufgetragen. Üblich sind zwei dünn aufgetragene Grundierungen und eine dünne Deckschicht; dadurch haftet die Farbe besser. Dicke Schichten trocknen lange, haften schlechter und bilden viele Poren.

Beim *Spritzen* wird die Beschichtungsflüssigkeit mit Hilfe von Druckluft zerstäubt und auf die Oberfläche des Werkstücks gesprüht.

Durch Spritzen erzielt man besonders dünne, feste und gleichmäßige Farbschichten. Es lassen

sich damit in kurzer Zeit große Flächen beschichten.

Beim *Anstreichen* von Eisenmetallen werden als Grundanstriche Farben mit wasserabweisender Wirkung benutzt.

In den Fertigungsbetrieben der metallverarbeitenden Industrie werden die Erzeugnisse vielfach durch *Tauchen* in Lack beschichtet. Um die Haltbarkeit dieser Überzüge zu erhöhen, ist es zweckmäßig, die Werkstücke mit einem Grundanstrich, wie Bleimennige oder Eisenoxidfarbe, zu überziehen.

Der Schutzwert der Farb- und Lackanstriche wird durch ihre geringe Kratz- und Stoßfestigkeit gemindert.

Emailleschichten. Einen sehr beständigen Überzugsstoff bilden die glasartigen Emailleschichten. Sie setzen sich aus Quarz, Feldspat, Ton, Magnesium und Borax zusammen. Durch Zugabe von Metalloxiden entstehen die verschiedensten Tönungen. Wegen ihrer hohen Beständigkeit werden Emailleüberzüge im chemischen Apparatebau sowie für Geschirre aus Eisenmetallen angewendet. Nachteilig ist ihre Stoß- und Biegeempfindlichkeit.

Emailleschichten werden durch Tauchen oder Aufspritzen aufgetragen. Durch anschließendes Brennen wird die Emailleschicht gehärtet.

Metallische Überzüge

Voraussetzung für das Haften metallischer Überzüge ist eine metallisch saubere Oberfläche des Werkstücks. Deshalb müssen zuvor Schmutz, Fette, Öle und Oxidschichten entfernt werden.

Bei der *mechanischen Vorbehandlung* werden Verunreinigungen, Oxide und Unebenheiten durch Kratzen, Scheuern, Schleifen, Sandstrahlen und Polieren beseitigt.

Zum *chemischen Reinigen* gehört das Entfetten. Dabei werden in Bädern mit Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff) oder basischen Lösungen die Fette gelöst.

Als Überzugsmetalle werden solche Stoffe gewählt, die nicht mit Luft oder Wasser chemisch reagieren. Dies sind Edelmetalle, wie Gold, Silber

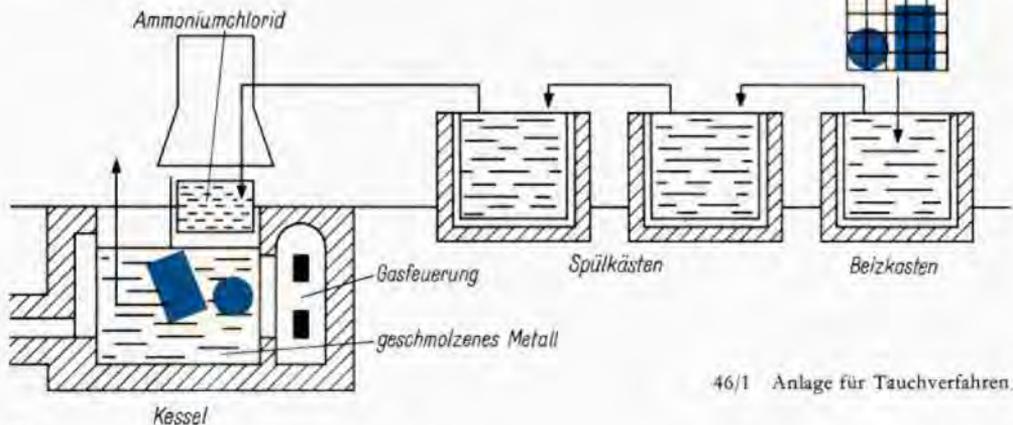
und Platin, und nichtkorrodierende Metalle, wie Nickel, Chrom und Zink.

Die meisten metallischen Überzüge können durch Tauchen, Aufspritzen oder Galvanisieren erzeugt werden.

Tauchüberzüge. Beim Tauchen muß das flüssige Überzugsmaterial eine niedrigere Schmelztemperatur als das zu überziehende Grundmetall haben. Das flüssige Metall befindet sich in einem beheizten Kessel. In diesen wird das gereinigte Werkstück getaucht. Es erwärmt sich gleichfalls, und das Überzugsmaterial verbindet sich mit dem Grundmetall (Bild 46/1). Als Überzugsmetalle für Tauchüberzüge eignen sich besonders Zink, Blei und Zinn.

Verzinkt werden zum Beispiel Milchkannen und Bleche für Konservenbüchsen.

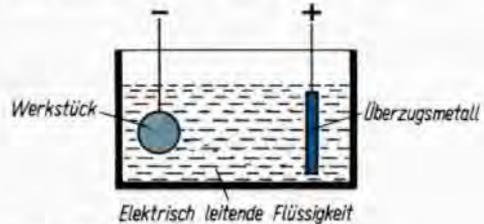
Aufgespritzte Überzüge. Beim Aufspritzen wird einer besonderen Spritzpistole ständig Überzugsmaterial in Draht- oder Pulverform zugeführt. In einer Brenngas-Sauerstoffflamme schmilzt das Metall. Durch Druckluft wird es zerstäubt und auf das Werkstück geschleudert. Spritzbare Metalle sind: Aluminium, Blei, Zink, Aluminium- und Kupferlegierungen und Stahl. Das Metallspritzen wird vorzugsweise angewandt beim Aufarbeiten durch Verschleiß abgenutzter Teile. So werden zum Beispiel Wellen mit abgenutzten Lagerstellen durch Aufspritzen von Stahl wieder voll gebrauchsfähig. Risse und Lunkerstellen in Gußkörpern können durch Aufspritzen von Metallen ausgefüllt werden.



46/1 Anlage für Tauchverfahren.

► **Den Beschichtungsverfahren Tauchen und Aufspritzen ist gemeinsam, daß die Stoffteilchen des Überzugsmaterials durch Adhäsion fest auf der Oberfläche des Grundmetalls haften.**

Galvanische Überzüge. Beim Galvanisieren wird das Werkstück am Minuspol und das Überzugsmaterial am Pluspol der elektrischen Spannungsquelle angeschlossen. Beide werden in eine elektrisch leitende Flüssigkeit getaucht. Bei geschlossenem Stromkreis wandern die Metallionen zur Oberfläche des zu beschichtenden Werkstücks und bleiben dort fest haften (Bild 46/2).



46/2 Galvanisieren

► **Beim Galvanisieren wird das Überzugsmetall chemisch an das Grundmetall gebunden.**

Die entstehenden Überzüge sind sehr dünn und gleichmäßig. Als Überzugsmetalle werden Nickel, Kupfer, Chrom, Zink, Zinn, Blei und Silber verwendet.

Überblick über die Beschichtungsverfahren

Die Beschichtungsbeispiele zeigen, daß man durch geeignete Verfahren verschiedene Stoffe auf Werkstücke aufbringen kann. Die Adhäsion zwischen den einzelnen Überzugsmaterialien und den zu beschichtenden Stoffen ist unterschiedlich groß. Davon hängt ab, ob die Überzugsschicht mehr oder weniger fest haftet. Der aufzubringende Stoff ist formlos und wird gasförmig, flüssig, fest oder im ionisierten Zustand aufgetragen. Auf der Oberfläche des Werkstücks nimmt er dessen Form an und bildet einen festen Überzug.

► **Beschichten ist das Aufbringen einer fest haftenden Schicht aus formlosem Stoff auf ein Werkstück.**

Folgende Verfahren können für die wichtigsten Schichtstoffe angewendet werden:

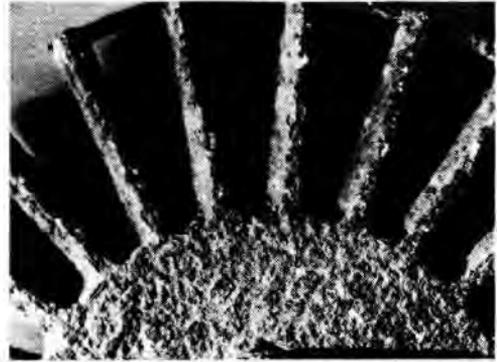
Verfahren zum Oberflächenbeschichten

Anstreichen Auftragen	Tauchen	Aufspritzen	Galvanisieren
--------------------------	---------	-------------	---------------

Lacke und Farben	Lacke und Farben	Lacke und Farben	Metalle
Fette, Öle Wachse	Metalle Plaste Emaile	Metalle Plaste Putz Fette, Öle Wachse Emaile	

Wirtschaftlichkeit der Beschichtungsverfahren

Die wirtschaftliche Bedeutung der Beschichtungsverfahren besteht in erster Linie darin, daß durch das Auftragen nichtmetallischer und metallischer Schichten wirksam die Zerstörung hochwertiger Werkstücke verhindert werden kann. Jährlich gehen durch die Korrosion Millionenwerte verloren; man rechnet, daß in unserer Volkswirtschaft durch Korrosion ein Schaden von 1 Milliarde M jährlich entsteht. (Das entspricht etwa 1 Prozent unseres gesamten Einkommens.) Wertvolle Gebrauchsgüter, zu deren Herstellung viel



47/1 Stark korrodiertes Laufrad einer Kreiselpumpe aus Stahlguß



47/2 Zerstörte T-Träger einer Brückenwaage

Aufwand an Arbeitszeit, an Material und Kosten notwendig war, sind ständig den Gefahren der Korrosion ausgesetzt. Die Korrosion gefährdet dabei die Funktionssicherheit zum Beispiel von Förderanlagen, Verkehrseinrichtungen, Fahrzeugen und Schiffen. Durch Korrosion zerstörte Teile von Maschinen und Anlagen können Anlaß schwerer Unfälle sein, die Menschen schädigen und weiteres wertvolles Volkseigentum vernichten (Bilder 47/1 und 47/2).

► **Rechtzeitiger Korrosionsschutz schützt Menschenleben und bringt der Volkswirtschaft unserer Republik eine große Einsparung an Material und Arbeitszeit. Er hilft damit, unser Nationaleinkommen zu mehren.**

Die Auswahl des Überzugsmaterials richtet sich nach der anzustrebenden Schutzdauer. Weiterhin

müssen die geforderten Eigenschaften des Werkstücks bedacht werden. Genügt zum Beispiel für den kurzzeitigen Schutz gegen Korrosion das Besprühen von Metallteilen mit Öl, so bedürfen die Teile chemischer Produktionsanlagen wirksamerer Schutzschichten. Handelt es sich um sehr große und sperrige Maschinen und Anlagen, so muß besonders sorgfältig erwogen werden, mit welchen Stoffen und Verfahren ein wirksamer Korrosionsschutz erreicht wird.

► **Die richtige Auswahl des Überzugsmaterials und des Beschichtungsverfahrens sind entscheidend für die Wirtschaftlichkeit des Korrosionsschutzes.**

Aufgaben

1. Nenne Erzeugnisse, die einen Oberflächenschutz erhalten müssen, und begründe die Notwendigkeit!
2. Schreibe zehn verschiedene Gegenstände mit Oberflächenschutzschicht unter Angabe der Schichtart auf!
3. Begründe, warum den Metallbeschichtungsverfahren Tauchen und Galvanisieren durch die Größe und durch das Gewicht der Teile in der Anwendung Grenzen gesetzt sind!
4. Welche Folgen hat das Abplatzen eines Stückes der Emailleschutzschicht für das beschichtete Eisenmetall?

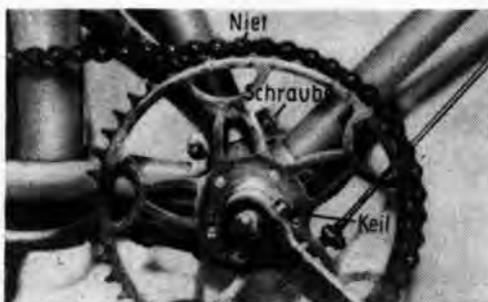
FORMGEBUNG DURCH FÜGEN

Will man mit den Teilen eines Steinbaukastens einen Turm bauen, so setzt man in einer ganz bestimmten Ordnung die einzelnen Bausteine neben- und übereinander. Stößt man aber dagegen, dann bricht das ganze kunstvoll aufgerichtete Gebilde wieder in sich zusammen, weil die einzelnen Bauteile wohl zu der neuen Einheit „Turm“ übereinandergeschichtet, aber nicht fest verbunden worden sind.

Ein im Werkunterricht angefertigter Nagelkasten besteht aus einzelnen vorher angefertigten Teilen. Diese Teile wurden zusammengefügt und mit Nägeln und (oder) Leim *unlösbar* miteinander verbunden. Man wählt diese Verbindungsart, wenn die Teile nach dem Zusammenbau nicht mehr gelöst werden sollen: Ein Lösen dieser Verbindungen ist immer mit einer Beschädigung der Bauteile oder der Verbindungsteile verbunden. Anders ist es bei Montagearbeiten am Fahrrad. Hier verwendet man als Verbindungsmittel für die Einzelteile vorzugsweise Schrauben und Muttern, weil bei Reinigungs- und Reparaturarbeiten die Teile öfter demontiert und danach wieder montiert werden müssen.

Die beiden letzten Beispiele zeigen, daß man die Verbindungen nach der Art der Lösbarkeit in zwei Gruppen einteilen kann. Untersucht man außer dem Fahrrad noch andere technische Gebilde, wie Maschinen, Apparate oder auch bestimmte Haushaltgegenstände, so wird man folgendes feststellen können:

- ▶ Alle technischen Gebilde bestehen aus sinnvoll geformten Einzelteilen, die zweckentsprechend miteinander verbunden sind.



49/1 Verbindungsteile an einem Fahrrad

49/2 Junge Pioniere beim Lötén

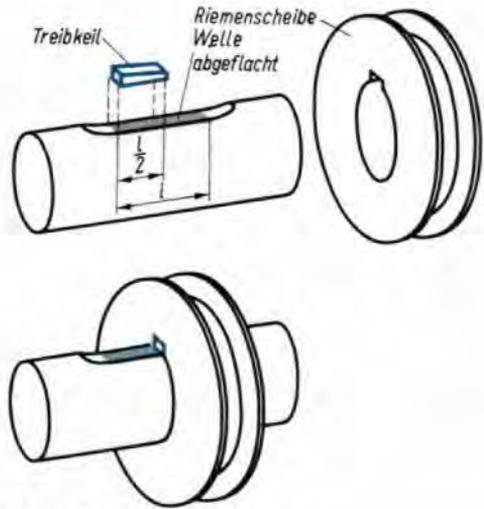


Keilverbindungen

Keilverbindungen findet man häufig bei landwirtschaftlichen Maschinen, bei denen Riemenscheiben, Schwungräder und Kupplungen auf Wellen drehsicher befestigt werden sollen (Bild 50/1). Die Maschinenteile sind dann in der Lage, große Kräfte zu übertragen.



50/1 Keilverbindung an der Taumelscheibe des Mähdreschers



50/2 Aufbau einer Flachkeilverbindung

Die Abflachung der Welle beträgt Keilbreite und doppelte Keillänge.

Die Nut in der Riemenscheibe ist so breit, daß sich der Keil leicht hin- und herschieben läßt.

Die Tiefe der Nut ist etwas kleiner als die Keilhöhe.

Der Nutengrund hat die Neigung des Keilrückens

Aufbau und Wirkungsweise

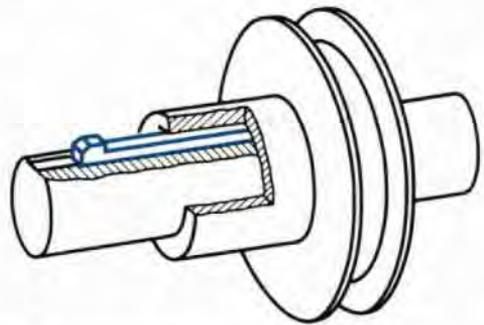
Eine Riemenscheibe soll mit einer Welle durch einen Keil verbunden werden. Der Keil, der dafür verwendet wird, ist ein *Treibkeil*, man erhält eine *Flachkeilverbindung*.

Um eine solche Verbindung herstellen zu können, muß zunächst die Welle abgeflacht werden (Name der Keilverbindung!). In die Riemenscheibe wird eine Nut eingearbeitet (Bild 50/2).

Nach dem Eintreiben des Keils drücken seine Bauch- und Rückenfläche gegen die zu verbindenden Teile.

Arbeitet man anstelle der Abflachung in die Welle ebenfalls eine Nut, so erhält man eine *Nutenkeilverbindung* (Bild 50/3).

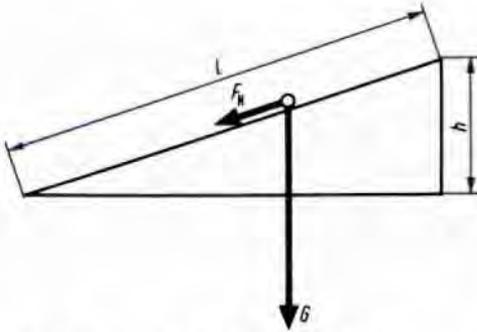
► **Keilverbindungen werden zur drehsicheren Befestigung von Maschinenteilen verwendet. Der zwischen die vorbereiteten Maschinenteile getriebene Keil hält diese durch seine Klemmwirkung fest.**



50/3 Nutenkeilverbindung

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Am Keil herrschen die gleichen physikalischen Gesetzmäßigkeiten wie an der geneigten Ebene, die aus dem Physikunterricht bekannt ist. An der geneigten Ebene als kraftumformende Einrichtung wurde die Beziehung $F_H \cdot l = G \cdot b$ abgeleitet (Bild 51/1).



51/1 Bezeichnungen an der geneigten Ebene

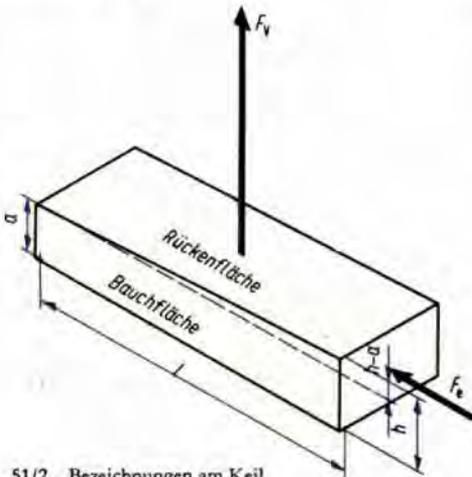
- Deute die einzelnen Formelzeichen, löse die Gleichung nach F_H auf und erkläre sie!

Im Bild 51/2 sind die Bezeichnungen am Keil dargestellt.

(**Beachte:** An der geneigten Ebene wird die geneigte Länge mit l und am Keil die waagerechte Länge – Keillänge – mit l bezeichnet!)

Es läßt sich, ähnlich wie an der geneigten Ebene, daraus die Beziehung $F_c \cdot l = F_v \cdot (b-a)$ ableiten. Nach ihrer Umstellung erhält man die Gleichung

$$F_c = F_v \frac{(b-a)}{l}$$



- 51/2 Bezeichnungen am Keil
- F_c : Eintreibkraft in N
 - F_v : Vorspannkraft in N
 - l : Keillänge in mm
 - b : große Keilhöhe in mm
 - a : kleine Keilhöhe in mm
 - $b-a$: Höhendifferenz in mm

Aus dieser Gleichung läßt sich schlußfolgern:

1. Mit Hilfe eines Keils kann man mit einer geringen Kraft (F_c) eine große Kraft (F_v) erzeugen.
2. Je schlanker der Keil ist, d. h., je kleiner der Höhenunterschied ($b-a$) bei gleicher Keillänge ist, desto kleiner kann die aufgewendete Kraft (F_c) bei gleicher erzielter Kraft (F_v) sein.

- Setze in die rechte Seite der letzten Gleichung die folgenden Zahlenwerte ein und überprüfe damit die gemachte Aussage:

1. Aufgabe: $F_v = 20$ kN, $b = 10$ mm, $a = 8$ mm, $l = 100$ mm.
2. Aufgabe: $F_v = 20$ kN, $b = 10$ mm, $a = 9$ mm, $l = 100$ mm.

Den Quotienten aus der Keilhöhendifferenz und der Länge des Keils bezeichnet man in der Technik mit *Anzug*.

$$\text{Anzug} = \frac{\text{Keilhöhendifferenz}}{\text{Keillänge}} = \frac{b-a}{l}$$

Der Anzug beträgt bei standardisierten Befestigungskeilen 1 : 100 (siehe 2. Aufgabe).

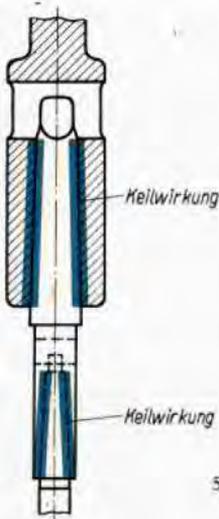
Ist der Keil auf die geforderte Länge eingetrieben worden, dann halten die Reibungskräfte zwischen dem Keil und den verbundenen Maschinenteilen diese in ihrer Lage fest. Darum bezeichnet man eine solche Verbindung auch als kraftschlüssige Verbindung.

- Erkläre den Unterschied zwischen „Gleit- und Haftreibung“!
- ▶ Bei kraftschlüssigen Verbindungen werden Reibungskräfte zwischen den Teilen der Verbindung wirksam. Diese Verbindungen sind in den meisten Fällen wieder lösbar.

Anwendungsbereich

Der Hauptanwendungsbereich der Keilverbindungen ist der Maschinenbau, weil hier große Kräfte übertragen werden müssen. Eine Keilverbindung liegt auch vor, wenn Maschinenteile an ihren Enden keil- oder kegelförmig gestaltet und direkt miteinander verbunden werden. Ein Beispiel dafür ist ein Bohrer (meist über 12 mm

Durchmesser), der auf diese Art mit der Bohrmaschine verbunden wird (Bild 52/1).



52/1 Keilverbindung zwischen Bohrer und Bohrmaschine

Federverbindungen

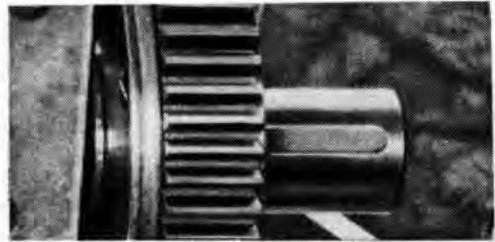
Federn haben ebenfalls die Aufgabe, umlaufende Maschinenteile dreh sicher mit der Welle zu verbinden. Wie bei den Keilverbindungen sind dann die Maschinenteile in der Lage, Kräfte zu übertragen.

Aufbau und Wirkungsweise

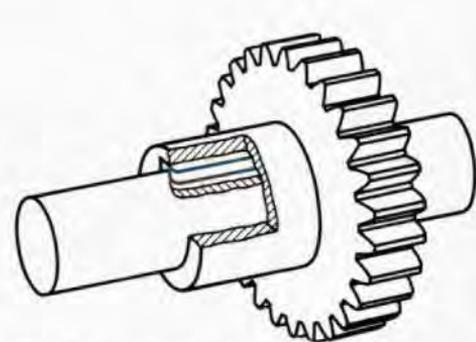
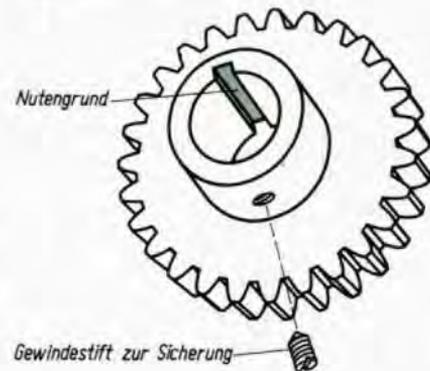
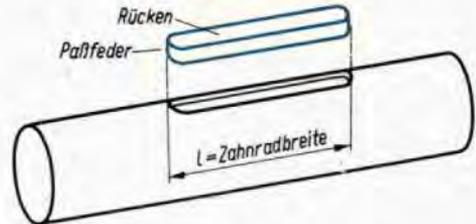
Der Unterschied zwischen einer Federverbindung und einer Keilverbindung besteht darin, daß Federn keine Keilneigung haben, d. h., Bauch- und Rückenfläche der Feder liegen zueinander parallel. Dadurch entfällt das einseitige Verspannen, wie es bei den Keilverbindungen auftritt (s. Bild 53/1), und es wird eine hohe Laufgenauigkeit erzielt (Bild 52/2).

Die in Bild 52/3 gezeigte Federverbindung ist eine *Paßfederverbindung*; hier wird die Feder in die Nuten der zu verbindenden Teile *eingepaßt*.

- Warum ist die Riemenscheibe bei der Keilverbindung nicht zusätzlich gesichert worden?



52/2 Federverbindung



52/3 Aufbau einer Paßfederverbindung Welle und Zahnrad sind auf halbe Paßfederhöhe genutet. Die Nut muß so tief sein, daß sich der Nutengrund des Zahnrades und der Paßfederrücken nicht berühren. Das Zahnrad muß auf der Welle gesichert sein, damit es nicht in Längsrichtung verrutscht

- *Vergleiche die Keil- und Federverbindungen im Bild 53/1 und zeige: 1. Welche Flächen am Keil stellen die Verbindung her? 2. Welche Flächen an der Feder stellen die Verbindung her?*

Sollen die Maschinenteile auf der Welle hin- und hergeschoben werden, dann übernimmt die Feder die Aufgabe einer Gleitschiene. Sie ist in diesem Fall länger als eine Paßfeder und heißt entsprechend der Aufgabe *Gleitfeder* (Bild 53/2).

- ▶ **Federverbindungen werden zur drehsicheren Befestigung von genau rundlaufenden Maschinenteilen verwendet. Die zwischen die vorbereiteten Maschinenteile eingebaute Feder nimmt beim Lauf der Maschine die fest oder verschiebbar angeordneten Maschinenteile mit.**

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Im Gegensatz zur Keilverbindung herrschen an der Federverbindung im Ruhezustand der Maschine keine Reibungskräfte.

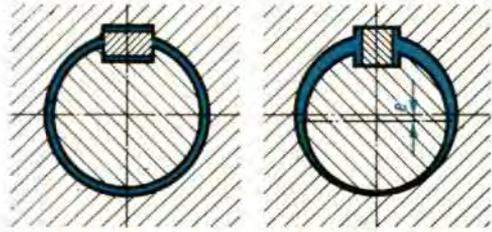
Bei Inbetriebnahme wird die Feder durch die Kraftübertragung von der Welle auf die drehenden Maschinenteile an ihren Seitenflächen auf Abscheren beansprucht (Bild 53/3).

Es ist also bei der Federverbindung die *Form* der Feder, welche die Kraft von einem Maschinenteil auf das andere überträgt. Darum wird diese Art der Verbindung auch als *formschlüssige* Verbindung bezeichnet.

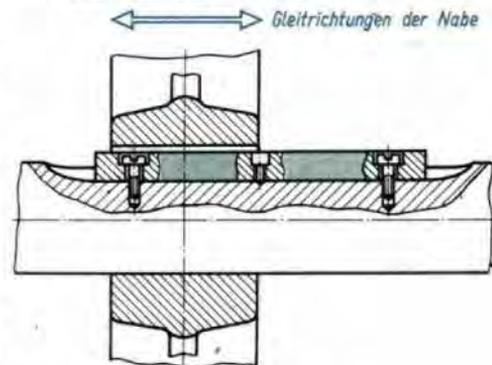
- ▶ **Bei formschlüssigen Verbindungen ermöglichen die ineinandergreifenden Formen des Verbindungsteils und der Maschinenteile die Kraftübertragung. Auch diese Art der Verbindungen ist lösbar.**

Anwendungsbereich

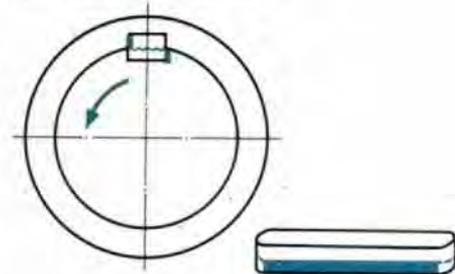
Der Hauptanwendungsbereich der Federverbindungen ist der Maschinen- und Gerätebau, weil hier eine hohe Laufgenauigkeit gefordert wird. Genau rundlaufende Teile, insbesondere Zahnräder, Schalträder, Kupplungsflansche sowie Fräser auf Frässpindeln werden durch Federn mit der Welle verbunden.



53/1 Querschnitte einer Paßfederverbindung und einer Keilverbindung



53/2 Gleitfederverbindung



53/3 Scherbeanspruchung an der Paßfederverbindung



53/4 Profilverbindung zwischen Kupplung und Welle

Anstelle der Gleitfederverbindung verwendet man heute auch oft eine Profilverbindung (Bild 53/4). Profilwellen kann man als Wellen mit mehreren Federn auffassen.

Schweißverbindungen

Schweißverbindungen wählt man, wenn Metalle oder Plaste unlösbar miteinander verbunden werden sollen.

- *Wie kann man Papier, Pappe und Holz unlösbar verbinden?*
- *Welche unlösbaren Verbindungen sind dir noch bekannt?*

Vorgang beim Schmelzschweißen

Beim Schmelzschweißen werden die zu verbindenden Teile so stark erwärmt, daß sie zusammenschmelzen. Als Wärmequelle hat sich vor allem im Stahlbau der offene Lichtbogen durchgesetzt. Das Schweißverfahren wird auch danach als *offenes Lichtbogenschweißen* bezeichnet.

Im Bild 54/1 ist zu erkennen, daß der Pluspol (+) an das Werkstück (in diesem Falle an den Schweißtisch) und der Minuspol (-) an einen Metallstab (Elektrode) gelegt sind. Die in einen Halter geklemmte Elektrode ist gleichzeitig Schweißdraht, das heißt Zusatzwerkstoff.

- *Laß dir im Betrieb eine offene Lichtbogen-Schweißanlage zeigen und erklären!*

Wird die Elektrode gegen das Werkstück gehalten, so fließt ein Strom. Entfernt man die Elektrode bis auf einen gewissen Abstand (etwa Elektrodendicke) vom Werkstück, so bildet sich ein elektrischer Lichtbogen, in dem etwa 3000 °C bis 3800 °C herrschen. Bei dieser Temperatur werden die Werkstückkanten und die Elektrode geschmolzen. Die Elektrode schmilzt dabei ab, füllt die Schweißfuge mit Schweißgut, das nach dem Erkalten die Verbindung herstellt.

Nicht in den offenen Lichtbogen sehen! Der Lichtbogen sendet Strahlen aus, die Augenentzündungen hervorrufen!

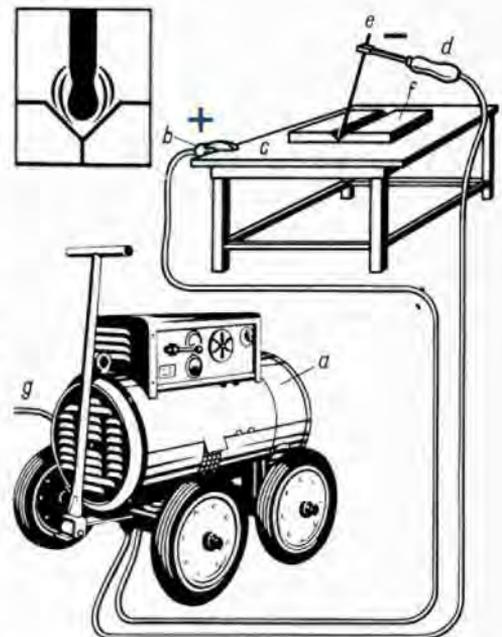
- *Ermittle, wie der Schweißer sich und seine Umgebung vor diesen Strahlen schützt!*

Ein weiteres Verfahren ist das *Gasschweißen*. Hierbei wird als Wärmequelle eine Flamme aus einem Gemisch von Äthin (Azetylen) und Sauerstoff verwendet. Äthin verbrennt unter starker Wärmeentwicklung. Angewendet wird dieses Verfahren zum Schweißen von Blechen und Rohren und in Reparaturbetrieben. Auch beim Gasschweißen muß sich der Schweißer vor Strahlen und Funkenflug durch eine Schweißbrille schützen.

- ▶ **Durch das offene Lichtbogenschweißen oder das Gasschweißen können Metalle unlösbar verbunden werden.**

Naturwissenschaftliche Grundlagen

Schweißbare Werkstoffe sind Metalle und Plaste. Von den Metallen wird vorwiegend Stahl geschweißt. Mit bestimmten Zusatzmitteln können auch Grauguß und Messing geschweißt werden. Beim Schweißen von Kupfer und Aluminium



54/1 Schematische Darstellung einer offenen Lichtbogen-Schweißanlage

müssen größere Wärmemengen zugeführt werden als bei Stahl, weil diese Werkstoffe eine größere *Wärmeleitfähigkeit* haben.

- *Nimm einen Stahldrabt und einen Kupferdrabt mit gleichen Durchmessern und Längen! Halte das eine Ende mit der Hand fest, das andere in die Flamme eines Gasbrenners und überprüfe die Wärmeleitfähigkeit dieser beiden Metalle!*

(Nur unter Anleitung eines Lehrers oder Betreuers!)

Schweißbare Plaste sind zum Beispiel PVC-hart, PVC-weich und Piacryl.

Als Wärmequellen für das Schweißen von Metallen kommen vor allem der im vorigen Abschnitt beschriebene Lichtbogen und die Äthin-Sauerstoffflamme in Frage. Für das Schweißen von PVC-hart wird ein Luftstrom von 200 °C bis 280 °C verwendet, weil dieser Werkstoff ab 175 °C zu fließen beginnt. Zur Erzeugung des heißen Luftstromes benutzt man gas- oder elektrisch beheizte *Heißluft-Schweißbrenner* (Bild 55/1).

Die Wärmequelle erzeugt also eine Temperatur, die über dem Schmelzpunkt des zu verschweißenden Werkstoffs liegt. Diese Temperatur ist maßgebend für die Überführung der Werkstückkanten und des Zusatzwerkstoffs von dem festen in den flüssigen Aggregatzustand (Schmelzen). Bei diesem Vorgang fließen die Werkstoffe zu einem unlöslichen Ganzen zusammen. Darum wird diese Verbindung auch als *stoffschlüssige Verbindung* bezeichnet.

- ▶ **Stoffschlüssige Verbindungen entstehen beim Schweißen durch das Zusammenschmelzen der Teile. Eine Wärmequelle erzeugt die notwendige Schmelzwärme. Diese Verbindung ist nicht mehr lösbar.**

Anwendungsbereich

Das Schweißen – besonders das Elektroschweißen – hat in den letzten sechzig Jahren einen immer größeren Umfang angenommen.

Der Anwendungsbereich des Schweißens beschränkt sich jedoch auf das Verbinden von Metallen und Plasten. Es gibt wohl keinen metall- oder plastverarbeitenden Wirtschaftszweig, in



55/1 Schweißen eines Plastbehälters mit dem Heißluft-Schweißbrenner



55/2 Geschweißte Stahlkonstruktion

welchem nicht geschweißt wird. Hauptanwendungsgebiete sind dabei der Stahlbau (Brücken, Hochspannungsmasten), der Kessel- und Behälterbau und der Schiffbau, weil hier viele Stahlteile unlösbar miteinander verbunden werden müssen. Eine zunehmende Bedeutung erlangt das Schweißen auch in der Verpackungsindustrie. Viele Lebensmittel werden heute bereits in verschweißten Plastfolien angeboten. Auf diese Weise gelangen sie hygienisch einwandfrei und frisch zum Verbrauch.

Überblick über die Verbindungsarten

Bezeichnung der Verbindung	Art der Verbindung	Lösbarkeit	Verbindungsprinzip	Verbindung entsteht durch	Bild
Keilverbindung	lösbar	kraftschlüssig	Reibung zwischen Keil und Werkstück durch das Eintreiben des Keils	Bild 56/1a	
Schraubverbindung (Bolzen, Mutter)	lösbar	kraftschlüssig	Reibung zwischen den Werkstücken durch das Festziehen der Schraube	Bild 56/1b	
Stiftverbindung	lösbar	formschlüssig	die Form des Verbindungsteils	Bild 56/1c	
Schraubverbindung	lösbar	formschlüssig	die Form der Gewindegänge	Bild 56/1d	
Nietverbindung	nicht lösbar	formschlüssig	die Form des Nietschaftes	Bild 56/1e	
Schweißverbindung	nicht lösbar	stoffschlüssig	Zusammenschmelzen	Bild 56/1f	

- Bestimme eine Klebeverbindung nach den in der Tabelle angegebenen Gesichtspunkten!

Bei den dargestellten Beispielen kommt die Verbindung auf unterschiedliche Art und Weise zustande. Bei der Keilverbindung und der in Bild 56/1b dargestellten Schraubverbindung werden die Werkstücke *aneinandergedreht*, es handelt sich demnach hier um ein Fügen durch Anpressen.

- Keilverbindungen und kraftschlüssige Schraubverbindungen entstehen durch Anpressen.

Die Federverbindung entsteht durch das Einlegen der Feder in die vorbereiteten Nuten.

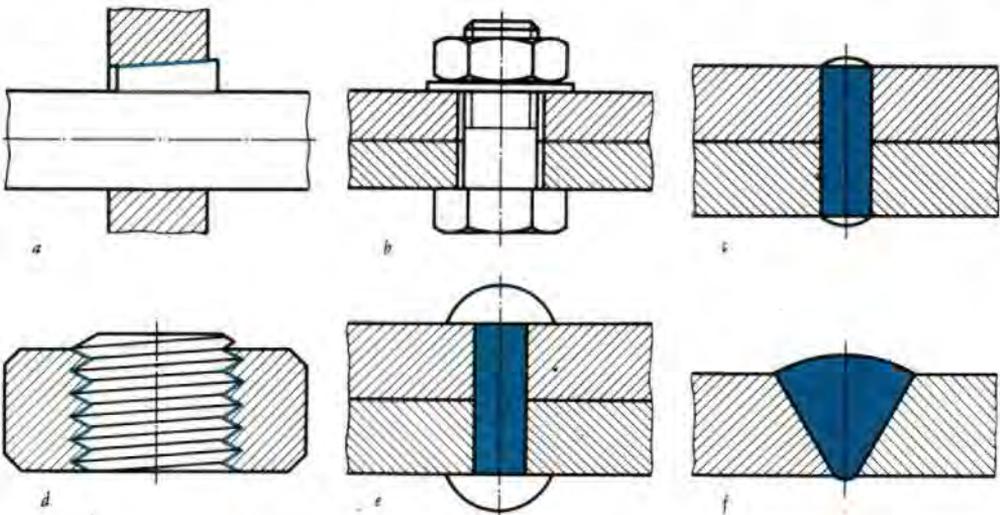
- Die Federverbindung gehört zum Fügen durch Zusammenlegen.

Durch Schweißen und Kleben werden die Werkstücke stoffschlüssig miteinander verbunden.

- Schweißen und Kleben werden deshalb dem Fügen durch Stoffverbinden zugeordnet.

Zum Herstellen einer Keilverbindung zwischen Welle und Riemenscheibe werden drei Werkstücke bzw. Bauteile benötigt: die Welle, die Riemenscheibe und der Keil.

- Wieviele Werkstücke bzw. Bauteile benötigt man zu der in Bild 56/1b dargestellten Schraubverbindung?



56/1 Verbindungsarten a Keilverbindung b Schraubverbindung (Bolzen, Mutter) c Stiftverbindung
d Schraubverbindung e Nietverbindung f Schweißverbindung

Eine Schweißverbindung entsteht aus zwei Werkstücken und dem Zusatzwerkstoff, der, wie auch die zu verschweißenden Werkstückkanten, durch Erwärmen zunächst in formlosen Stoff umgewandelt wird. Auch an der Entstehung der Klebeverbindung ist formloser Stoff beteiligt.

Aus diesen wenigen Beispielen läßt sich die allgemeine Charakteristik des Fügens ableiten:

► **Fügen ist das Zusammenbringen von zwei oder mehreren Werkstücken oder von Werkstücken mit formlosem Stoff!**

Wirtschaftlichkeit des Fügens

Zum Herstellen vieler Verbindungsarten werden kleine Bauteile, zum Beispiel Schrauben, Muttern, Stifte, Bolzen, in großer Anzahl benötigt. Durch billigere Produktion dieser Kleinteile lassen sich auch die entsprechenden Fügeverfahren kostengünstiger und damit wirtschaftlicher gestalten.

Früher stellte jedes Werk seine Schrauben, Muttern, Stifte, Bolzen und andere Kleinteile selbst her. Dadurch ergab sich eine große Anzahl von gleichen Bauteilen mit verschiedenen Abmessungen. Die Stückzahlen mit gleichen Abmessungen waren sehr gering, und der Preis je Stück lag entsprechend hoch. Mit der fortschreitenden Entwicklung der Technik erkannte man, daß sich die gleichen Ergebnisse mit einer weit geringeren Anzahl von Bauteilen der gleichen Art (Typen) erzielen lassen. Die Industriebetriebe einigten sich deshalb auf bestimmte Formen und Abmessungen, so daß die große Anzahl der Typen eingeschränkt wurde. Da man jetzt von einem Typ größere Stückzahlen benötigte, konnte man Spezialmaschinen einsetzen und damit das Produkt wesentlich billiger herstellen.

Mit dem im Bild 57/1 gezeigten Schraubenautomaten können in einer Schicht 10000 bis 30000 Schrauben angefertigt werden. Die sinnvolle Reduzierung der verschiedenen Typen einer Art auf wenige ist eine Folge der *Standardisierung*. Die Standardisierung erstreckt sich auf fast alle Gebiete der Volkswirtschaft. Die standardisierten Artikel der Deutschen Demokratischen Republik tragen das Symbol **TGL** und eine Nummer.

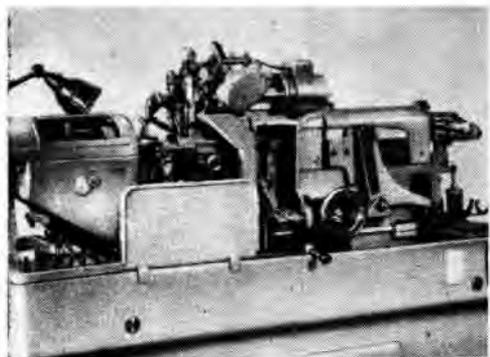
■ *Nenne Erzeugnisse, auf denen das Zeichen **TGL** zu finden ist!*

Einige weitere Vorteile der Standardisierung sind – kürzere Lieferfristen von Ersatzteilen, – bessere Austauschbarkeit der Teile untereinander,

► **Standardisierung bedeutet Vereinfachung und Vereinheitlichung. Durch die Standardisierung wird der Austauschbau gefördert. Die Produkte werden billiger, weil sie wirtschaftlicher gefertigt werden können.**

In erster Linie bedeutet wirtschaftlich fertigen, für den jeweiligen Zweck das günstigste Fertigungsverfahren auszuwählen.

So können zum Beispiel Eisenbahnbrücken, Behälter (außer Dampfkessel) und andere technische Gebilde durch Schweißen billiger, stabiler und leichter gebaut werden als durch Nieten. Die umfangreichen Vorarbeiten, wie sie vor allem beim Nieten durch das Anreißern, Bohren und Heften notwendig sind, entfallen beim Schweißen vollkommen. Da weniger Arbeitszeit benötigt wird, läßt sich das Erzeugnis billiger herstellen. Geschweißte Teile sind haltbarer als genietete, weil sie nicht durch Nietlöcher geschwächt werden. Schweißkonstruktionen sind außerdem leichter, denn im Gegensatz zu den Nietverbindungen entfallen die Nietköpfe und verschiedenes Laschenmaterial.



57/1 Schraubenautomat

- Die große Wirtschaftlichkeit des Schweißens hat andere Verbindungsarten, wie beispielsweise das Nieten, weitgehend verdrängt.

Dem Schweißen sind aber auch Grenzen gesetzt. Es gibt Metalle und Plaste, die sich nicht schweißen lassen. Durch die starke Erwärmung an den Kanten und das anschließende Abkühlen kann sich das Bauteil verziehen, es entstehen Schrumpfspannungen. Schließlich wird beim Schweißen eine große Menge Energie benötigt, die erhebliche Kosten verursacht.

Neuerdings werden anstelle von Schweißverbindungen auch Klebverbindungen für Metalle und Plaste angewendet. Durch die Entwicklung neuer Kunstharzkleber setzen sich die Klebverbindungen in der Technik heute immer mehr durch. So werden zum Beispiel Fahrradrahmen aus Leichtmetall geklebt. Ungefähr die Hälfte aller Verbindungen an Großflugzeugen wird in Klebtechnik ausgeführt. Obwohl beim Kleben die Vorbereitung der Klebnaht teuer ist, entfallen die großen Energiemengen, wie sie beim Schweißen notwendig sind. Außerdem ist auch kein Verziehen der Bauteile zu befürchten. Durch Kleben können auch verschiedene Werkstoffe (zum Beispiel Metall und Glas) unlösbar verbunden werden. Selbst in der bisher sehr traditionellen Bekleidungsindustrie hat die Klebtechnik bereits ihren Einzug gehalten. So werden zum Beispiel Ober- und Unterkragen bzw. Gürtelteile miteinander verklebt.

- Durch Standardisierung und Auswahl des wirtschaftlichsten Fertigungsverfahrens

können die Produkte billiger hergestellt werden.

Aufgaben

1. Ermittle in der Wohnung acht Verbindungen und ordne sie in die folgende Tabelle ein:

Muster

Wo befindet sich die Verbindung	welche Teile werden verbunden	wozu dient die Verbindung	Art der Lösbarkeit	Verbindungsprinzip
an der Tür	Schloßfalle – Schließblech	Tür schließen	lösbar	formschlüssig

2. Wie entsteht die Verbindung zwischen Lenkstange und Gabel beim Fahrrad?
3. Wie groß muß die Eintreibkraft bei standardisierten Keilen sein, wenn eine Vorspannkraft von 12 kN erzeugt werden soll?
4. Miß einen Keil aus! Berechne seinen Anzug!
5. Warum müssen Paßfederverbindungen gegen Längsverschiebungen gesichert werden und Keilverbindungen nicht?
6. Beobachte den Schweißvorgang beim Lichtbogenschweißen, und schreibe deine Beobachtungen auf!
7. Welche Unfallgefahren entstehen beim Schweißen, und wie kann man sie verhüten?

SYSTEMATISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER FERTIGUNGSVERFAHREN

Die Vielfalt der zur Formung der Werkstücke oder der Gebrauchsgegenstände möglichen Verfahren bleibt überschaubar, wenn man sie nach bestimmten Gesichtspunkten ordnet. Eine solche Systematik erleichtert die Auswahl geeigneter Verfahren zur Fertigung bestimmter Werkstücke. Außerdem erleichtert ein einheitliches System von Be-

griffen die Verständigung zwischen den an der Herstellung eines Erzeugnisses beteiligten verschiedenartigen Produktionsbetrieben. Deshalb wurden alle Fertigungsverfahren in einem Standard (TGL 21 639) systematisch geordnet. Die folgende Übersicht lehnt sich in ihrer Systematik an diesen Standard an.

Übersicht

Fertigungsverfahren zum Formen, Verbinden und Beschichten geometrisch bestimmter fester Körper

- 1. Urformen:** Aus formlosem Stoff entstehen durch *Schaffen des Stoffzusammenhalts* in gewünschter Form Körper.
Zum Urformen aus dem flüssigen oder breiigen Zustand gehört
das *Gießen* – es entstehen geformte Körper aus Metall, Glas, Beton, Gips, Porzellan.
Zum Urformen aus dem pulvrigen, körnigen oder breiigen Zustand gehört
das *Pressen* – es entstehen geformte Körper aus Metall, Plast, Gummi, Braunkohle, Stroh, Heu, Filz, Pappe, Lehm und Ton sowie Nahrungs- und Genußmittel.
- 2. Umformen:** Ein fester Körper wird in eine andere Form überführt. Dabei bleiben der *Zusammenhalt* der *Stoffteilchen* untereinander und das *Volumen* der Körper *erhalten*.
Zum Umformen durch Druck gehören
das *Walzen* fester Körper aus Metall, Pappe, Plast, Textilien,
das *Formpressen* fester Körper aus Metall, Plast, Pappe.
Zum Umformen durch Zug und Druck gehören
das *Strangziehen* fester Körper aus Metall,
das *Tiefziehen* fester Körper aus Metall, Plast, Pappe, Leder.
Zum Umformen durch Biegekräfte gehören
das *Abkanten* und *Biegen* fester Körper aus Metall, Plast, Holz, Glas, Papier, Pappe, Textilien.
- 3. Trennen:** Ein fester Körper erhält seine Form durch die *örtliche Aufhebung des Zusammenhalts* der Stoffteilchen.

Zum Trennen durch Zerteilen gehören

das *Ab-, Ein-, Ausschneiden, Reißen* und *Brechen* fester Körper aus Metall, Glas, Textilien, Leder, Papier, Pappe, Plast, Gummi sowie von Nahrungs- und Genußmitteln.

Zum Trennen durch Spanen gehört

das *Hobeln, Sägen, Bohren* und *Drehen* fester Körper aus Metall, Holz, Plast, Keramik, Glas, Beton.

Zum Trennen durch Abtragen gehören

das *Brennschneiden* und das *elektroerosive Abtragen* fester Körper aus Stahl oder Nicht-eisenmetallen.

4. Fügen: Zwei oder mehrere feste Körper werden miteinander verbunden.

Zum Fügen durch Anpressen gehören

die *Keilverbindung* – Teile aus Metall, Holz,
die *Schraubverbindung* – Teile aus Metall, Holz, Plast.

Zum Fügen durch Zusammenlegen gehört

die *Federverbindung* – Teile aus Metall.

Zum Fügen durch Stoffverbinden gehören

die *Schweißverbindung* – Teile aus Metall, Plast,
die *Klebeverbindung* – Teile aus Metall, Holz, Plast, Pappe, Papier, Leder, Textilien, Glas, Gummi.

5. Beschichten: Durch Aufbringen einer haftenden Schicht formlosen Stoffes auf einen festen Körper werden dessen Oberflächeneigenschaften verbessert.

Zum Beschichten aus dem flüssigen oder breiigen Zustand gehören

das *Anstreichen* und *Auftragen*
– Schichten aus Lacken und Farben auf Metall, Holz, Plast, Textilien, Papier, Pappe, Leder, Mauerwerk,
– Schichten aus Fetten, Ölen, Wachsen auf Metall, Holz, Textilien, Papier, Leder, das *Tauchen*
– Schichten aus Lacken und Farben auf Metall, Textilien,
– Schichten aus Metall auf Metall,
– Schichten aus Plasten auf Metall, Textilien,
– Schichten aus Emaille auf Metall,
das *Aufspritzen*
– Schichten aus Lacken und Farben auf Metall, Holz, Pappe, Papier, Mauerwerk,
– Schichten aus Plasten auf Metall, Mauerwerk, Textilien,
– Schichten aus Putz auf Mauerwerk,
– Schichten aus Öl auf Metall.

Zum Beschichten durch chemische Abscheidung aus Lösungen gehört

das *Galvanisieren*
– Schichten aus Metall auf Metall.

Aufgaben

1. Ermittle Beispiele fester Körper aus den genannten Stoffen, die ihre Form durch die Verfahren der Gruppen 1 bis 3 erhalten haben!
2. Nenne Maschinenteile, die durch Verfahren der Gruppe 4 verbunden wurden!
3. Suche Maschinenteile und Gebrauchsgegenstände, deren Oberfläche durch Beschichten mit einem der genannten formlosen Stoffe in ihren Eigenschaften verbessert wurde!
4. Erfrage, durch welche Verfahren der Gruppe 5 diese Schichten aufgebracht sein könnten!

Die Qualität eines Werkstücks bzw. eines Fertigerzeugnisses ist durch die technischen Forderungen (technische Kennziffern) bestimmt, die den vorgesehenen Gebrauchszweck (Funktion, Lebensdauer) gewährleisten. Dementsprechend muß jedes Werkstück bestimmte Festigkeitseigenschaften, die notwendige Genauigkeit und Oberflächengüte aufweisen. Um die von den Kombinat und Betrieben unserer Republik hergestellten Erzeugnisse mit einem günstigen Preis verkaufen zu können und einen hohen Gewinn zu erzielen, muß man sich bemühen, die notwendige hohe technische Qualität mit geringstem Aufwand an Arbeitskraft, Material und Arbeitsmitteln (Maschinen und Werkzeuge) zu erreichen. Deshalb stellen die Partei der Arbeiterklasse und die Regierung der DDR die Forderung: „Weltniveau in der technischen Qualität und in den Kosten“ in den Mittelpunkt der Weiterentwicklung und Modernisierung der Produktion.

Zur Vorbereitung der wirtschaftlichen Fertigung von Werkstücken muß bereits der Konstrukteur beitragen. Er legt nach zahlreichen Berechnungen und Erprobungen und nach Beratung mit dem Technologen in einer technischen Zeichnung fest, welche Formen, Maße und Eigenschaften die Werkstücke besitzen müssen, damit sie den vorgesehenen Verwendungszwecken entsprechen. Hieraus ergeben sich bestimmte Forderungen nach den Formen, Maßen und Qualitäten der Flächen an den Werkstücken. Die Fertigung eines Werkstücks ist um so wirtschaftlicher, je einfacher sie in der Produktion zu verwirklichen ist, das heißt, je weniger Verfahren und Arbeitsgänge erforderlich sind, um den Rohzustand in den Fertigzustand zu überführen. Besonders wichtig für eine wirtschaftliche Herstellung ist der Grad der Genauigkeit, mit dem ein Werkstück gefertigt werden muß. Je höher die geforderte Genauigkeit ist, um so höher sind meist auch die Kosten für die Fertigung der Werkstücke. Deshalb gilt der Grundsatz: „Nicht so genau wie möglich, sondern so genau wie nötig fertigen!“



61/1 Schraubenschlüssel

Beispiel: Ein Schraubenschlüssel dient zum Anziehen und Lösen von Schrauben (Bild 61/1). Das Maul des Schlüssels muß dazu den Schraubenkopf oder die Mutter eng umschließen. Maul und Länge des Schraubenschlüssels müssen deshalb der Form und den Maßen der Schraube sowie einer zweckmäßigen Handhabung angepaßt sein. Damit der Schlüssel leicht und sicher angesetzt werden kann, ist ferner eine glatte und saubere Oberfläche in der Maulöffnung erforderlich. Alle übrigen Flächen benötigen nicht diese hohe Genauigkeit. Die Brauchbarkeit des Schraubenschlüssels ist dann noch gewährleistet, wenn geringe Form- und Maßabweichungen auftreten oder die Oberfläche nicht ganz glatt ist.

Die erreichbare Genauigkeit der Formen und Maße sowie die Beschaffenheit der Oberflächen sind bei den einzelnen Fertigungsverfahren unterschiedlich. Im allgemeinen sind sie beim Trennen größer als beim Umformen. Für viele Zwecke werden jedoch die Werkstücke durch Formpressen oder Walzen so genau gefertigt, daß eine Nacharbeit nicht erforderlich ist.

Aber nicht nur die dem Verwendungszweck entsprechenden Eigenschaften des Werkstücks sind bei einer wirtschaftlichen Fertigung zu berücksichtigen.

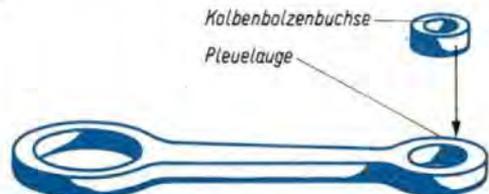
Soll das Werkstück nach seiner Formung als Teil innerhalb einer Maschine oder eines Gerätes funktionieren, so ist gleichzeitig zu gewährleisten, daß es mit geringstem Aufwand an Zeit und Vorrichtungen leicht montiert werden kann. Auch diese Forderung einer wirtschaftlichen Fertigung muß schon bei der Konstruktion des Produkts beachtet werden.

In einem Produktionsbetrieb werden die Fertigungsverfahren zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses von der Abteilung *Technologie*

Fertigungsablauf bei der Herstellung einer Pleuelstange¹⁾

Arbeitsgänge	Urformen	Umformen	Trennen	Fügen	Beschichten
1. Mit einer formlosen Metallschmelze wird ein Block gegossen	Gießen				
2. Der Block wird zu einer Stange ausgewalzt		Walzen			
3. Von der Stange wird ein Rohling der erforderlichen Länge abgeschnitten			Schneiden		
4. Der Rohling wird erwärmt, in eine Form gepreßt und erhält die Rohform einer Pleuelstange		Formpressen			
5. Das Pleuelauge wird bearbeitet				z.B. Bohren	
6. Das Pleuelauge wird mit einer Kolbenbolzenbuchse versehen				Einpressen	
7. Der Grat wird abgearbeitet			Schleifen, Feilen		
8. Die geformte Pleuelstange wird eingefettet und ist zum Einbau fertig					Einfetten

¹⁾ Notwendige Prüfverfahren nach den Arbeitsgängen wurden nicht berücksichtigt



62/1a Beispiel für die Anwendung verschiedener Fertigungsverfahren zur Herstellung eines Bauteils für den Wartburgmotor (Pleuelstange)

62/1b Aufgeschnittener Wartburgmotor

im Rahmen der *Fertigungsvorbereitung* festgelegt. Dabei stehen meist mehrere Fertigungsverfahren zur Auswahl. So kann zum Beispiel als formgebendes Verfahren zur Herstellung einer Kurbelwelle das Schmieden gewählt werden. Zum gleichen Endprodukt gelangt man auch durch das Fertigungsverfahren Gießen.

Schließlich kann die gleiche Kurbelwelle auch aus mehreren Einzelteilen, die vornehmlich spanend gefertigt wurden, gefügt werden. Es besteht demnach hier die Möglichkeit der Auswahl zwischen Verfahren der Gruppen Umformen, Urformen und Fügen.

Zur Herstellung von Turbinenschaufeln lassen sich zum Beispiel Verfahren der Gruppen Umformen, Urformen und Trennen einsetzen. So können die Schaufeln durch Formpressen, Gießen oder Spanen gefertigt werden.

Die vom Konstrukteur geforderte Bohrung in einem Werkstück kann man mit einer Bohrmaschine oder mit einer Drehmaschine herstellen.

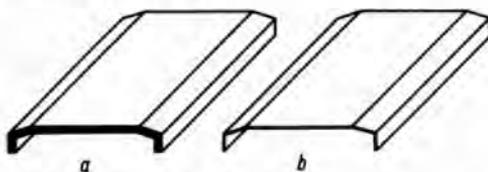
Für den Technologen ist deshalb wichtig, die Vorteile und Grenzen der einzelnen Fertigungsverfahren genau zu kennen. Nur dann kann er für den jeweiligen Werkstoff und die zu fertigende Stückzahl das wirtschaftlichste Verfahren auswählen.

Abgesehen von relativ einfach gestalteten Werkstücken erfordern die meisten Einzelteile zu ihrer Herstellung die Anwendung mehrerer Fertigungsverfahren, die in der Reihenfolge der notwendigen Form- oder Eigenschaftsänderungen in einem technologischen Prozeß miteinander kombiniert werden (Bild 62/1).

Dabei muß man davon ausgehen, daß in den vorhandenen Betrieben bereits ein vollständiger technologischer Prozeß mit einer Vielzahl von verschiedenen Fertigungsverfahren mit den entsprechenden Maschinen, Vorrichtungen, Werkzeugen vorhanden ist. Obgleich auch in diesen Betrieben eine fortwährende Vervollkommnung und Modernisierung stattfindet, kann nicht jeder Betrieb für alle Arbeiten zur Herstellung eines Produkts die wirtschaftlich günstigsten Verfahren anwenden. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn die geforderten Stückzahlen die Anschaffung moder-

ner Maschinen und Anlagen nicht rechtfertigen. Man wird dann diese Arbeiten im Rahmen der Kooperation in einem anderen Betrieb ausführen lassen, der die entsprechenden Voraussetzungen dazu besitzt.

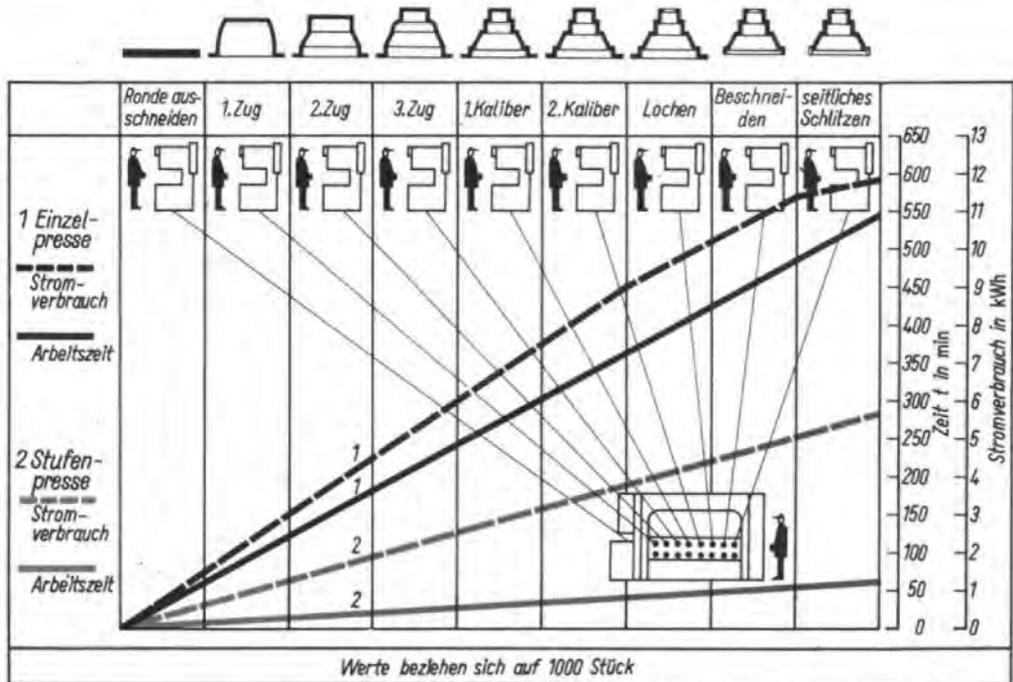
Wie bereits dargelegt wurde, ist die Anwendung der Verfahren zur Fertigung eines bestimmten Produkts von vielen Faktoren abhängig. Der Technologe muß nun die für den Verwendungszweck möglichen Verfahren auf ihre Wirtschaftlichkeit hin untersuchen. Dazu vergleicht er den notwendigen Aufwand an Material, Arbeitszeit und Arbeitsmitteln bei den einzelnen Verfahren. So wird zum Beispiel durch die Umformverfahren das Werkstück meist gleichzeitig in der gesamten Ausdehnung seiner Flächen mit hoher Arbeitsgeschwindigkeit geformt. In der Zeiteinheit ist hier also die Fertigung großer Stückzahlen möglich. Damit bietet das Umformen wirtschaftlich günstige Voraussetzungen für die Großserien- und Massenfertigung. Die hohen Kosten für die Herstellung der Umformwerkzeuge werden durch die erzeugten Stückzahlen ausgeglichen. Wirtschaftliche Vorteile des Umformens sind vor allem der geringe Werkstoffabfall, die oft vorteilhafte Verfestigung des Werkstoffs und die geringe Masse der durch Umformen gefertigten Bauteile (Bild 63/1).



63/1 Vergleich von Arbeitszeit und Masse zwischen Urformen und Umformen bei Verkleidungshauben

- a) Konstruktion aus Grauguß
Masse: 17,5 kg, Arbeitszeit: 211 min
- b) Konstruktion aus Stahlblech
Masse: 3,1 kg, Arbeitszeit: 42 min

Mit Spezialmaschinen für das Umformen wird häufig bei jedem Hub der Maschine ein Stück fertig. Bild 64/1 zeigt die Vorteile sehr anschaulich:



64/1 Einsparung an Zeit, Energie, Arbeitskräften und Maschinenkapazität durch Einsatz einer Stufenpresse

Die Flammplatte ist ein Einzelteil zu zwei Sturmlaternen-typen, die im VEB Sturmlaternen in Beierfeld gefertigt werden. Durch den Einsatz einer Stufenpresse anstelle von neun Einzelmaschinen werden außer der verkürzten Fertigungszeit und der Energieeinsparung vor allem acht Maschinenarbeiter eingespart. Darüber hinaus werden noch fünf Arbeiter durch weniger Transport- und Einrichtarbeiten frei. Durch diese Einsparungen verursacht der Fertigungsprozess wesentlich weniger Kosten.

Der Genauigkeitsgrad, der mit den meisten Umformverfahren erreicht werden kann, liegt unter dem der spanenden Verfahren. Jedoch lassen sich durch Genauipressen heute Maßgenauigkeiten erreichen, die eine weitere Bearbeitung der Erzeugnisse überflüssig machen, oder nur eine spanende Feinbearbeitung (Nacharbeit) erfordern.

Mit den spanenden und den abtragenden Verfahren sind bis auf wenige Ausnahmen kleinste Maßabweichungen und hohe Oberflächengüte zu erreichen. Typisch für spanende Verfahren ist das zeitliche Nacheinander in der Bearbeitung der Flächen. Damit ist hoher Energie- und Zeitauf-

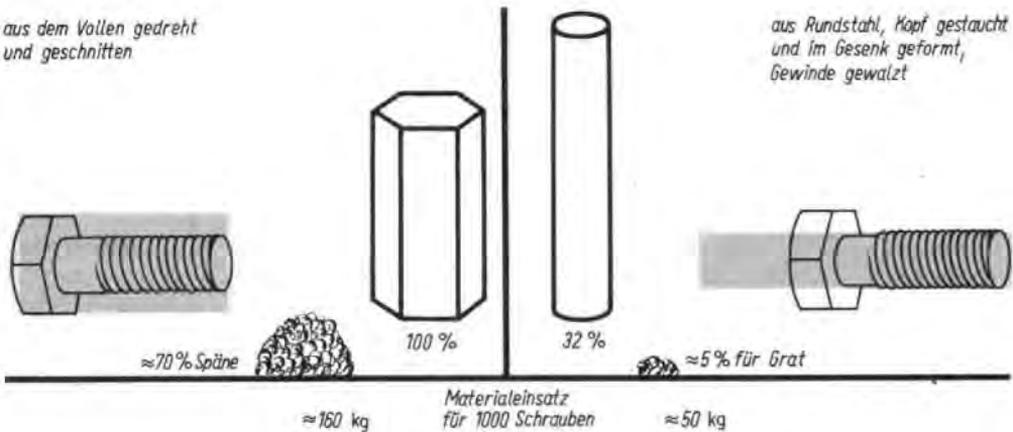
wand verbunden. Gleichzeitig verlangen diese Verfahren einen umfangreichen Maschinenpark. Vielfach fallen erhebliche Mengen Späne an (Bild 65/1).

In unserer Republik werden im Jahr noch etwa 358000 t Werkstoffe zerspant. Die Werkstoffverluste beim Einsatz der spanenden Fertigungsverfahren können bis zu 70% der Masse des Ausgangswerkstoffs betragen. Wertvolles Material, das mit einem hohen Aufwand an Kosten hergestellt oder für Devisen im Ausland gekauft wurde, geht dadurch zunächst unserer Wirtschaft verloren.

Noch immer ist die Fertigung in vielen unserer Produktionsbetriebe stark auf den Einsatz spanender Verfahren orientiert. Im Rahmen der weiteren sozialistischen Rationalisierung unserer Fertigung in der metallverarbeitenden Industrie wird jedoch angestrebt, für Vorarbeiten verstärkt die Ur- und Umformverfahren einzusetzen. Das bedeutet bereits eine erhebliche Einsparung an Arbeitszeit und Werkstoff. Erst wenn mit diesen

aus dem Vollen gedreht
und geschnitten

aus Rundstahl, Kopf gestaut
und im Gesenk geformt,
Gewinde gewalzt



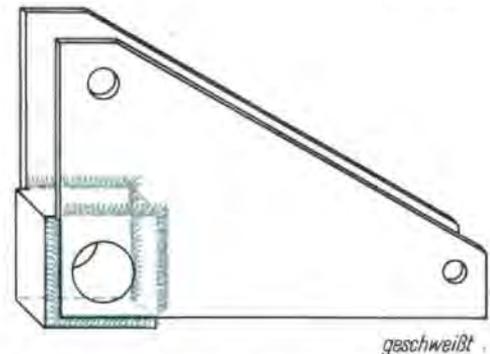
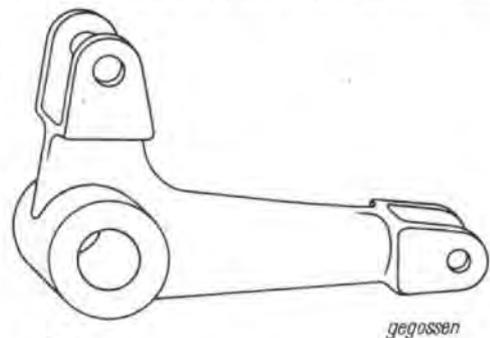
65/1 Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen Spanen und Umformen am Beispiel einer Schraube M 10 × 70

Verfahren die geforderte Genauigkeit der Werkstücke nicht zu erreichen ist, werden spanende Verfahren zur Fein- und Fertigbearbeitung eingesetzt. Für die Kleinserienfertigung und für Werkstücke mit höchster Genauigkeit und Oberflächengüte behalten die spanenden Verfahren jedoch nach wie vor ihre Bedeutung, da sich mit ihnen hier wirtschaftlicher arbeiten läßt als mit anderen Verfahren.

Aus der Gruppe der Urformverfahren ist besonders der herkömmliche Sandguß sehr arbeits-, material- und zeitaufwendig. Für jedes Gußstück muß mit einem Modell eine Form gefertigt werden, die beim Entformen zerbricht und nicht wieder verwendet werden kann. Die in der modernen Technik üblichen hohen Maßgenauigkeiten der Teile müssen vielfach noch durch nachträgliche spanende Bearbeitung erzielt werden. Diese Nacharbeit versucht man durch die breitere Einführung von Präzisionsgußverfahren einzuschränken. Trotz dieser Nachteile des Gießens ist das Verfahren für die Herstellung kompliziert gestalteter Werkstücke in größeren Stückzahlen durchaus wirtschaftlich. Gegenüber anderen Verfahren (Formpressen oder Spanen) können Werkstoffe und Arbeitszeit eingespart werden.

Durch konstruktive Änderungen lassen sich jedoch manche schweren Gußteile auch durch Blechkonstruktionen oder Schweißkonstruktionen

ersetzen. Damit verringern sich die Kosten, und die Erzeugnisse werden leichter (Bild 65/2). Aus der Gruppe der Fügeverfahren sind das Schweißen und das Kleben besonders wirtschaft-



65/2 Gegenüberstellung eines Winkelhebels in Schweiß- und Gußkonstruktion. Ersparnis beim Schweißen: Werkstoff 65%, Fertigungszeit 75%

lich (vgl. S. 57). Arbeitsabläufe können hierdurch weitgehend mechanisiert und automatisiert werden (Schweißautomaten).

Eine solche Entwicklung zur Mechanisierung und Automatisierung zeichnet sich bei vielen Fertigungsverfahren ab. Dabei werden die stoffformenden Vorgänge wie auch das Zuführen, Einlegen, Spannen und Abführen der Teile automatisiert. Letztere Arbeiten übernehmen Förder-, Spann- und Transporteinrichtungen. Die Fertigungsergebnisse werden automatisch gemessen; bei Maßabweichungen stellen sich die Werkzeuge selbst auf den geforderten Wert ein, bei Störungen wird die Maschine automatisch abgeschaltet.

Dadurch können mehrere Maschinen gleichzeitig von einem Arbeiter bedient werden. Er richtet sie ein und überwacht den Fertigungsablauf.

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Fertigung mit solchen Maschinen sind hohe Stückzahlen der herzustellenden Werkstücke. Sie können durch weitgehende Standardisierung der Teile und durch die Abstimmung unserer Produktion mit der der anderen sozialistischen Länder erreicht werden.

► **Hohe Stückzahlen der Erzeugnisse gestatten den Einsatz hochproduktiver Fertigungsverfahren und Maschinen. Solche Maschinen, sowie die richtige Auswahl der Fertigungsverfahren und ihre sinnvolle Kombination im technologischen Prozeß sind die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Produktion.**

Aufgaben

1. Warum kämpfen wir darum, daß in unserem sozialistischen Staat die Produktion besonders wirtschaftlich ist?
2. Weshalb bedeutet Materialeinsparung durch den Einsatz materialsparender Fertigungsverfahren gleichzeitig Einsparung an Arbeit?
3. Ermittle im Betrieb einige Beispiele für die Einsparung an Arbeitszeit und für den Leichtbau durch die Verwendung von Urformteilen!
4. Weshalb bildet die Produktionsabstimmung mit den sozialistischen Ländern eine Voraussetzung für wirtschaftliches Fertigen?

AUFBAU UND FUNKTION DER MASCHINEN

In einem modernen Industriebetrieb stehen eine Vielzahl von Maschinen und Anlagen, die teils gleichartig oder ähnlich aussehen, die aber auch ganz unterschiedliches Aussehen und unterschiedliche Größe haben können. Der Aufbau der Maschinen ist von der Arbeitsaufgabe abhängig, die mit ihr erfüllt werden soll. Maschinen, auf denen Werkstücke spanend bearbeitet werden sollen, unterscheiden sich von Umformmaschinen. Bei den Maschinen zum Spanen unterscheiden sich die zum Bearbeiten ebener Flächen von denen zum Bearbeiten rotationssymmetrischer Körper. Andere Maschinen finden wir in einem Druckerei- oder Webereibetrieb oder im Maschinenpark einer LPG bzw. KAP (Bilder 67/1 und 67/2).

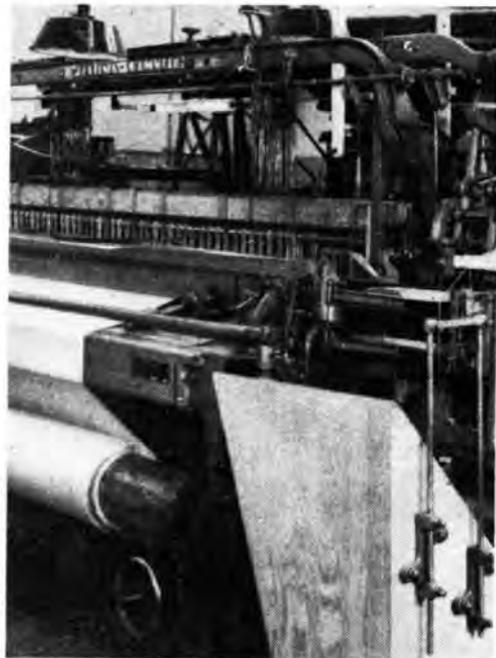
So unterschiedlich alle diese Maschinen auch sein mögen, eines haben sie alle gemeinsam: Mit ihnen wird eine bestimmte Arbeit verrichtet. Die Drehmaschine formt das Werkstück, die Webmaschine verbindet Fäden zu einem Gewebe, Druckmaschinen drucken Buchstaben und Bilder auf Papier, der Mähdrescher mäht und drischt das Getreide. Alle hier genannten Maschinen gehören deshalb zu der großen Gruppe der *Arbeitsmaschinen*.

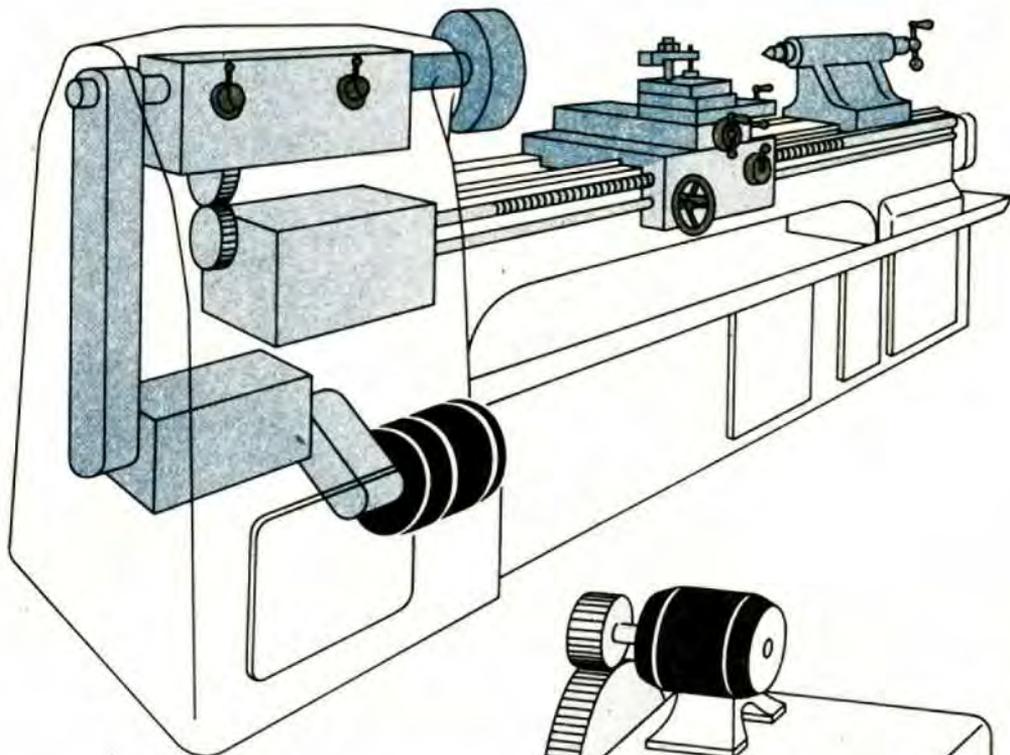
An allen diesen Maschinen kommen bestimmte Einzelteile und Teilgruppen (Baugruppen) in gleicher oder ähnlicher Form vor. Die Maschinen haben Arbeitselemente, mit denen sie die vorgeschriebene Arbeitsaufgabe verrichten, Antriebs-elemente, die den Arbeitselementen die notwendige Energie zuführen, und Übertragungselemente, die die Energie von den Antriebs-elementen zu den Arbeitselementen weiterleiten (Bilder 68/1 bis 69/1 und hintere innere Umschlagseite).



67/1 Mähdrescher

67/2 Webmaschine





68/1 Grundaufbau einer Leit- und Zugspindeldrehmaschine



Antriebselemente



Übertragungselemente



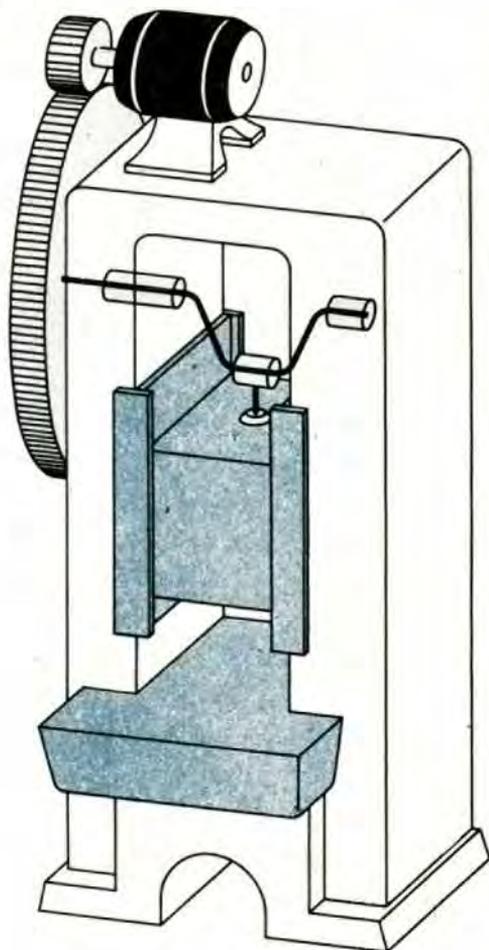
Arbeitselemente sowie diejenigen Übertragungselemente und Trägerelemente, die eng mit den Arbeitselementen verbunden sind



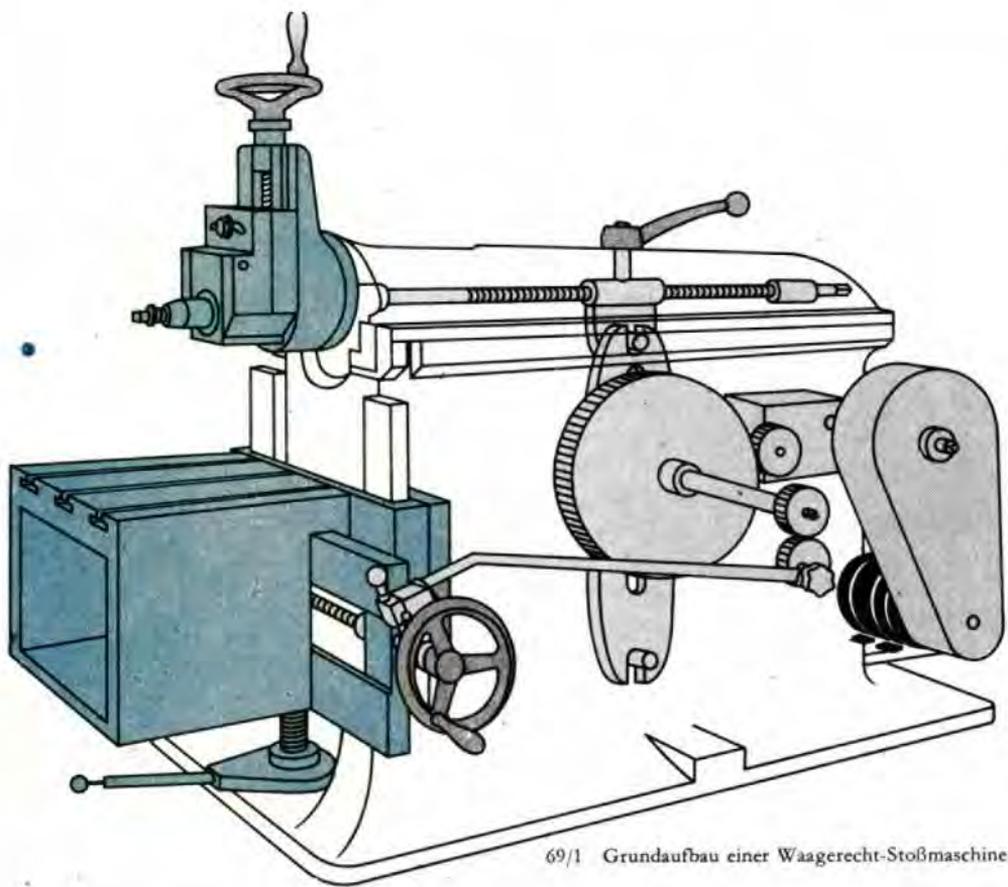
Steuerelemente



Trägerelemente



68/2 Grundaufbau einer Kurbelpresse



69/1 Grundaufbau einer Waagrecht-Stoßmaschine

Um mit einer Maschine die vorgesehene Arbeit verrichten zu können, muß ihr Energie zugeführt werden. Die Energie für die Bewegung liefert zum Beispiel ein Elektromotor. Er ist ein *Antriebsselement*. Die Teile der Maschine, die die Arbeit verrichten, sind die *Arbeitselemente*. Sie führen die unterschiedlichsten Bewegungen in festgelegten Bahnen und mit bestimmter Geschwindigkeit aus. Da sich die Motorwelle meist mit gleichbleibender Drehzahl in einer bestimmten Richtung dreht, müssen Elemente vorhanden sein, die diese Drehbewegung auf die Arbeitselemente übertragen und, wenn nötig, in eine andere Bewegung umformen. Diese Elemente sind die *Übertragungselemente*. Wenn die Arbeitselemente einer Maschine mehrere unterschiedliche Bewegungen in festgelegter Reihenfolge auszuführen haben, werden zusätzlich *Steuerelemente* benötigt, die den Einsatz der einzelnen Bewegungen steuern. Alle diese Elemente sind auf Maschinengestellen

befestigt und in Gehäusen eingebaut. Gestelle und Gehäuse tragen diese Elemente und halten sie in ihrer gegenseitigen Lage fest. Man nennt sie deshalb *Trägerelemente*.

Grundbaugruppen der Werkzeugmaschinen

Die Arbeitsmaschinen, die je nach ihrer Arbeitsaufgabe mit Werkzeugen wie Bohrern, Meißeln, Sägen oder Preßformen ausgerüstet sind, werden auch Werkzeugmaschinen genannt.

Aus Betriebsbesichtigungen, der Arbeit in der Produktion und der vorangegangenen Behandlung der Fertigungsverfahren sind bereits eine Reihe von Werkzeugmaschinen bekannt. Deshalb soll im folgenden der Grundaufbau der Arbeitsmaschinen an drei typischen Werkzeugmaschinen, der Drehmaschine, der Waagrecht-Stoßmaschine und der Presse, dargestellt werden.

Arbeitselemente

Bei den Werkzeugmaschinen werden die entsprechend der Arbeitsaufgabe notwendigen Bewegungen vom Werkzeug oder Werkstück oder von beiden ausgeführt.

- *Wiederhole, was du über die Arbeitsbewegungen (Schnitt-, Zustell-, Vorschubbewegung) beim Hobeln gehört hast!*

Betrachte nochmals Bild 19/1 und erlautere die Unterschiede zwischen den Arbeitsbewegungen beim Hobeln, Drehen und Bohren!

- *Erläutere die Bewegungen am Bild 70/1!*

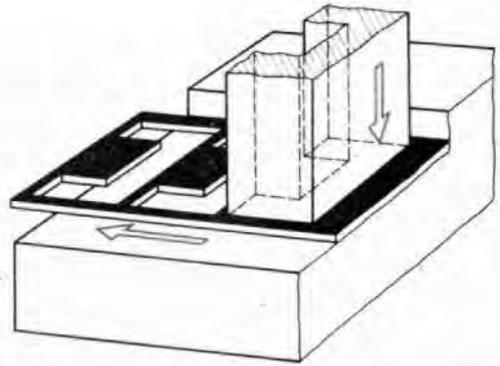
▶ **Schnittbewegungen werden Hauptbewegungen, Vorschub- und Zustellbewegungen werden Nebenbewegungen genannt.**

Damit Werkzeug und Werkstück bei Maschinen zum Trennen die notwendigen Bewegungen gegeneinander einwandfrei ausführen können, müssen sie fest eingespannt sein. Dazu dienen die *Werkzeug- und Werkstückspanneinrichtungen*.

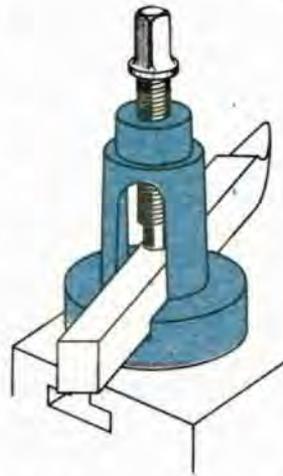
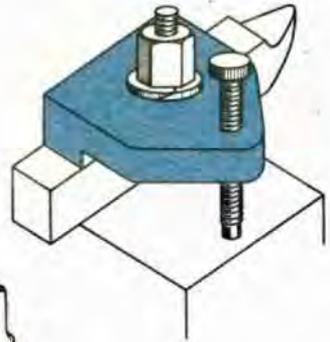
▶ **Die Arbeitselemente der Werkzeugmaschinen sind die Werkzeuge. Eng verbunden mit ihnen sind die Werkzeug- und Werkstückspanneinrichtungen, die Werkzeug und Werkstück Halt und Führung geben, und entsprechende Bewegungseinrichtungen, mit deren Hilfe die Spanneinrichtungen bewegt werden.**

Werkzeugspann- und -bewegungseinrichtungen. Trifft die Werkzeugschneide auf die Werkstückoberfläche, so wirken Kräfte, die das Werkzeug aus seiner Lage verrücken, wenn es nicht dagegen gesichert ist. Damit die Arbeitsaufgabe ausgeführt werden kann, muß die Werkzeugspanneinrichtung das Werkzeug fest halten. Die Form der Spanneinrichtung hängt von den einzuspannenden Werkzeugen und den auszuführenden Bewegungen ab.

Das Werkzeug der Drehmaschine ist der Drehmeißel. Er wird in den Drehmeißelhalter (Bild 70/2) gespannt, der auf dem Werkzeugschlitten befestigt ist. Damit der Drehmeißel seine Zustell- und Vorschubbewegungen ausführen kann, muß der Werkzeugschlitten in mehreren Richtungen beweglich sein. Er besteht grundsätzlich aus zwei



70/1 Haupt- und Nebenbewegung an einem Schneidwerkzeug einer Presse

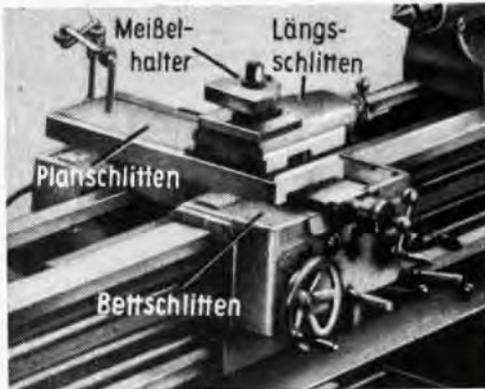


70/2 Spanneinrichtungen für Drehwerkzeuge

kreuzweise übereinander angeordneten Teilschlitten, dem Planschlitten und dem Längsschlitten (Bild 71/1). (An manchen Maschinen wird dieser Längsschlitten – auch Oberschlitten genannt – längsverschiebbar auf einem ebenfalls längsverschiebbaren Bettschlitten angeordnet.)

Da der Längsschlitten schwenkbar auf dem Planschlitten befestigt ist, können durch die Bewegung des Längsschlittens auch kurze kegelförmige Körper hergestellt werden.

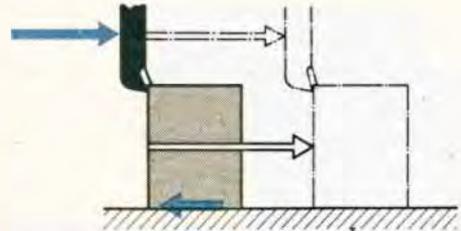
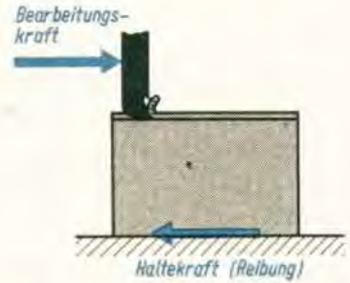
Das Werkzeug der Waagrecht-Stoßmaschine ist der Hobelmeißel. Damit er bei der Schnittbewegung Zerspanungsarbeit leisten kann, wird er in den Meißelhalter gespannt, der an einer beweglichen Klappe am Kopf des geradlinig geführten Stößels befestigt ist (Bild 71/2).



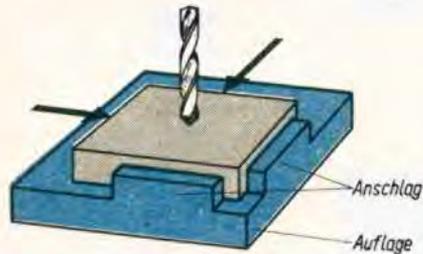
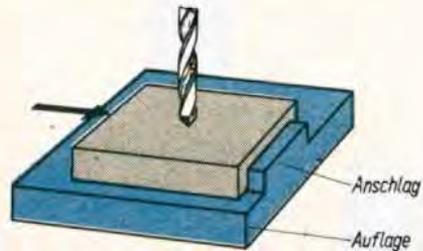
71/1 Werkzeugschlitten einer Drehmaschine



71/2 Stößel einer Waagrecht-Stoßmaschine



71/3 a Arbeitskraft = bzw. < Haltekraft
b Bearbeitungskraft > Haltekraft



71/4 Lagebestimmung an einer Spanneinrichtung

- *Vergleiche die Meißelhalter von Drehmaschine und Waagrecht-Stoßmaschine! Was stellst du fest?*
Zum Einstellen der Schnitttiefe (Zustellbewegung) hat der Stößel, ähnlich wie der Werkzeugschlitten der Drehmaschine, eine Spindel mit Führung. Bei der Presse besteht das Werkzeug aus einem

Ober- und einem Unterteil. Während das Unterteil des Werkzeugs auf dem Pressentisch befestigt ist, führt das Oberteil die Bewegung aus. Dazu wird es mittels Zapfen in den Pressenstößel eingespannt. Große Preßwerkzeuge kann man auch am Stößel festschrauben.

Das Unterteil des Werkzeugs wird meist mittels Schrauben in T-Nuten auf den Tisch befestigt.

► **Werkzeugspanneinrichtungen halten die Werkzeuge bei der Bearbeitung in ihrer Lage fest.**

Werkstückspann- und -bewegungseinrichtungen. Auch das Werkstück muß fest eingespannt sein, damit es die Kräfte, die beim Bearbeiten wirken, nicht in eine andere Lage drücken (Bild 71/3). Die Spanneinrichtungen müssen die Lage der Werkstücke so festlegen, daß das Werkzeug maßhaltig arbeiten kann (Bild 71/4).

An der Drehmaschine führt das Werkstück eine rotierende Bewegung (Hauptbewegung) aus. Deshalb wird hier die Werkstückspanneinrichtung von der *Arbeitsspindel* aufgenommen.

Entsprechend den unterschiedlichen Werkstückformen gibt es verschiedene Arten von Werkstückspanneinrichtungen. Eine Spanneinrichtung, die für viele Dreharbeiten verwendet werden kann, ist das *Dreibackenfutter* (Bild 72/1).

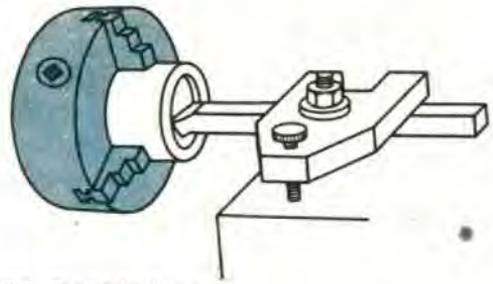
Große flache Werkstücke werden auf *Planscheiben* gespannt, die mit vier, im Gegensatz zum Dreibackenfutter einzeln radial verstellbaren Backen ausgerüstet sind (Bild 72/2).

Lange Werkstücke, wie Achsen und Wellen, spannt man auf der Drehmaschine zwischen *Spitzen* (Bild 72/3).

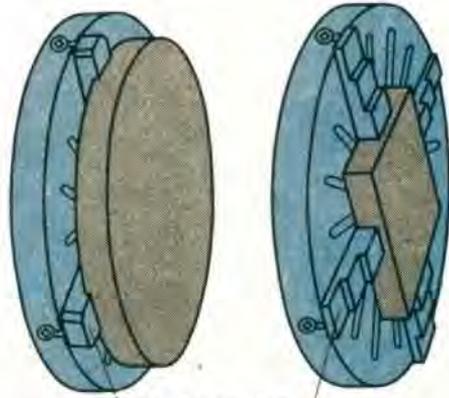
An der Waagrecht-Stoßmaschine führt das Werkstück eine waagerechte Vorschubbewegung aus. Außerdem muß es vor Beginn der Arbeit in senkrechter Richtung auf die entsprechende Höhe gestellt werden. Zu diesem Zweck wird das Werkstück mittels *Schraubstock* (Bild 72/4) oder *Spanneisen* (Bild 73/1) auf dem Maschinentisch festgespannt, der mit einem am Gestell geführten Schlitten verbunden ist.

- *Vergleiche den Stoßelkopf der Waagrecht-Stoßmaschine mit dem Werkzeugschlitten der Drehmaschine! Welche Gemeinsamkeiten stellst du fest?*
- *Erläutere anhand des Bildes 73/1, wie die Spanneisen auf dem Maschinentisch befestigt sind! Vergleiche diese Befestigungen mit der Befestigung des Presswerkzeugs am Presentisch.*

In Automaten werden zum Spannen häufig pneumatisch betätigte Spannzyylinder eingesetzt.

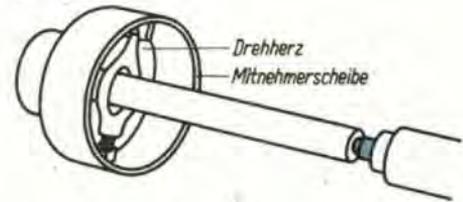


72/1 Dreibackenfutter

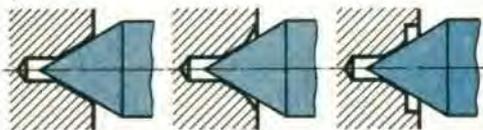


Ansätze zur Lagebestimmung

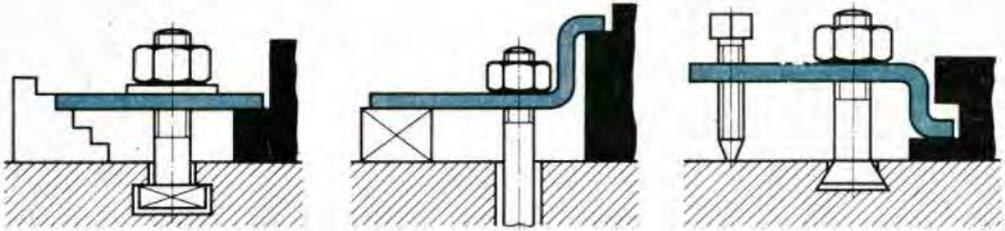
72/2 Planscheibe



72/3 Spitzen zum Einspannen



72/4 Maschinenschraubstock

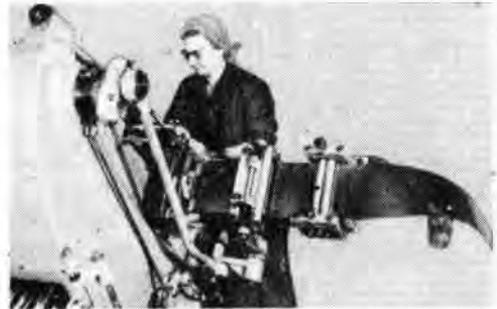


73/1 Spannmöglichkeiten mit dem Spanneisen

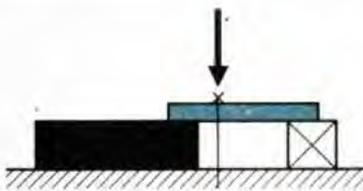
Übersicht: Spannprinzipien

Spannart	Anwendung
Bild 73/2 einseitiges Spannen durch Spanneisen	bei geringer Spanabnahme und geringen Bearbeitungskräften; Spannkräfte gering
Bild 73/3 doppelseitiges Spannen durch Spanneisen	bei großer Spanabnahme und großen Bearbeitungskräften; Spannkräfte groß
s. Bild 72/1 zentrisches Spannen zwischen drei Backen	bei kreisrunden Werkstücken; Spannkräfte mittel bis groß
s. Bild 72/3 zentrisches Spannen zwischen Spitzen	

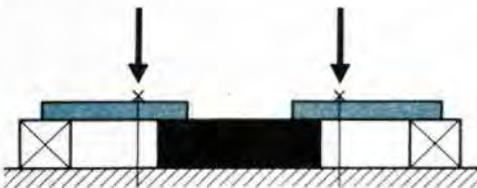
An Pressen erhalten das Werkstück oder der Werkstoff ebenfalls einen Vorschub, wenn Teile aus einem Werkstoffstreifen ausgeschnitten werden. Das Werkstück wird hier jedoch nicht eingespannt, sondern lediglich zwischen *Führungsleisten* aufgenommen und mittels Greifern, Bändern, Rollen und anderen Fördereinrichtungen transportiert (Bild 73/4).



73/4 Fördereinrichtung an einer Presse



73/2 Einseitiges Spannen

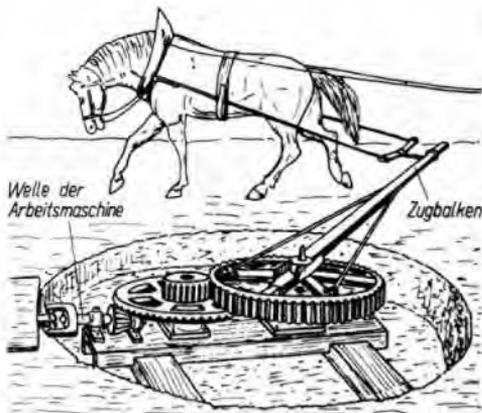


73/3 Doppelseitiges Spannen

Antriebs Elemente

Maschinen wurden früher durch die Muskelkraft von Menschen und Tieren angetrieben. In der Landwirtschaft war es beispielsweise üblich, an Brunnen das Wasser in Eimern durch Göpel zu fördern (Bild 74/1). Hier waren es Pferde, die die Antriebsenergie lieferten.

Andere Maschinen, wie zum Beispiel Pressen, Schleifmaschinen, Spinnmaschinen, Pumpen usw. mußte der Mensch durch Hand- oder Fußantrieb selbst betätigen. Um sich diese schwere Arbeit zu erleichtern, begann man schon früh mechanische Antriebe einzusetzen (Wasserräder, Windräder, Dampfmaschinen). Diese hielten jedoch den steigenden Anforderungen der Industrie bald nicht



74/1 Göpeltrieb

mehr stand. Sie wurden seit Anfang des 20. Jahrhunderts vornehmlich durch Verbrennungskraftmaschinen und Elektromotoren abgelöst. Heute sind diese Maschinen selbst Teil der Arbeitsmaschine, das Antriebsselement.

► **Antriebsselemente liefern die notwendige mechanische Energie zur Ausführung aller Arbeitsbewegungen der Maschine.**

Antrieb durch Elektromotor. Der Elektromotor (Bild 74/2) ist heute der häufigste Antrieb für Arbeitsmaschinen aller Art. Mit seiner Hilfe wird elektrische Energie in mechanische umgewandelt. Für den Antrieb von Werkzeugmaschinen werden heute fast ausschließlich Elektromotoren eingesetzt. Neuzzeitliche Büromaschinen, Haushaltsmaschinen und Geräte der Meß- und Steuerungstechnik sind mit kleinen Elektromotoren ausgerüstet. Leistungsstarke Elektromotoren haben



74/2 Einzelantrieb einer Werkzeugmaschine

ein großes Anwendungsgebiet im Transportwesen. Sie sind in Lokomotiven, Schnelltriebwagen, Obussen, Elektrokarren usw. eingebaut.

Einzelantrieb. Beim Einzelantrieb ist jede Maschine mit einem Antrieb ausgerüstet (Bild 74/2). Im Maschinenbau sind es vor allem Werkzeugmaschinen und Transporteinrichtungen, wie Förderbänder, die mit Einzelantrieb arbeiten. Aber auch in anderen Zweigen unserer Volkswirtschaft ist der Einzelantrieb vorherrschend. Nähmaschinen, Landmaschinen, Baumaschinen, Büromaschinen werden auf diese Weise angetrieben.

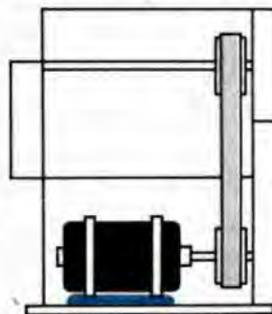
Die Vorteile des Einzelantriebs sind:

- leichtes Bedienen durch Druckknopf,
- kein unnötiger Leerlauf,
- geringe Unfallgefahren,
- beliebiger Standort der Maschine,
- durch Auswahl des geeigneten Motors Ausnutzung des höchsten Motorwirkungsgrades.

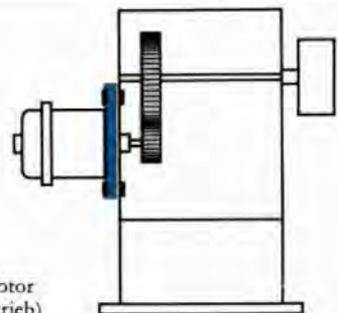
Der Nachteil liegt vor allem in den hohen Anschaffungskosten.

● *Was weißt du aus dem Physikunterricht über den Wirkungsgrad?*

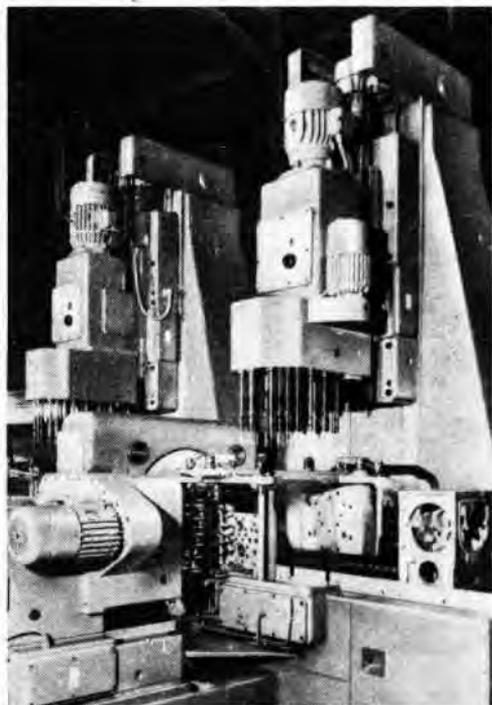
Der Motor kann verschiedenartig angeordnet sein (Bilder 74/3 und 74/4).



74/3 Fußmotor (Riementrieb)



74/4 Flanschmotor (Zahnradtrieb)

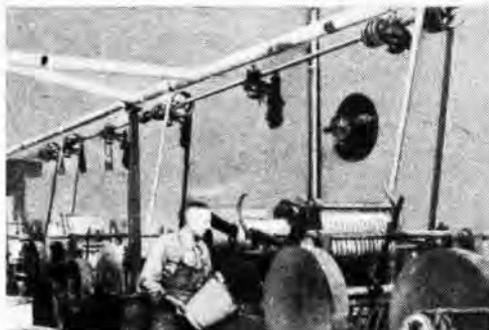


75/1 Mehrmotorenantrieb einer Sechswege-Sonderbohrmaschine

Mehrmotorenantrieb. Um den komplizierten Übertragungsmechanismus zu vereinfachen, werden zum Beispiel an modernen Werkzeugmaschinen der Antrieb für die Schnittbewegung von einem Motor (Hauptantrieb) und der Antrieb für Vorschub, Einstellbewegung, Kühl- und Schmiermittelförderung und andere Zusatzeinrichtungen von jeweils anderen Motoren übernommen (Bild 75/1).

Gruppenantrieb. Beim früher üblichen Gruppenantrieb wurden mehrere Produktionsmaschinen von nur einer Antriebsmaschine angetrieben (Bild 75/2). Zu diesem Zweck waren an der Decke oder an den Wänden der Werkstatt Transmissionen angebaut. Diese Antriebsart ist jedoch heute wegen ihrer Nachteile in der Produktion nicht mehr anzutreffen.

Antrieb durch Verbrennungskraftmaschine. Das Prinzip der Verbrennungskraftmaschinen besteht in der Umwandlung der chemischen Energie der Kraftstoffe (Leichtöl, Benzol, Benzin u. a.)



75/2 Gruppenantrieb, der heute nicht mehr verwendet wird



75/3 Großdieselmotor zum Antrieb von Schiffen und Schienenfahrzeugen

in Wärmeenergie, die wiederum im Arbeitszylinder in mechanische Energie umgewandelt wird. Die mechanische Energie dieser Motoren dient zum Antrieb von Kraftfahrzeugen, Schiffen (Bild 75/3), Schienenfahrzeugen, Flugzeugen, Elektrizitätserzeugungsanlagen, Pumpen und Kompressoren.

Die Wahl des Motortyps für bestimmte Antriebszwecke richtet sich immer nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten und technischen Möglichkeiten. Wirkungsgrade, Energiepreise, Baukosten, Masse und Platzbedarf spielen eine wesentliche Rolle.

Übertragungselemente

Die von den Antriebsselementen ausgehenden Bewegungen müssen zu den Arbeitselementen übertragen werden. Die heute gebräuchlichen Antriebe liefern eine Drehbewegung als Antriebsbewegung. Werkzeuge und Werkstücke dagegen

müssen oftmals unterschiedliche Bewegungen ausführen. Bei Drehmaschinen müssen beispielsweise die Werkstücke eine Drehbewegung, die Werkzeuge geradlinige Bewegungen ausführen. Bei Waagrecht-Stoßmaschinen dagegen führen Werkzeug und Werkstück geradlinige Bewegungen aus. Beide Maschinen jedoch werden durch einen Elektromotor angetrieben, dessen Welle die Antriebsbewegung als Drehbewegung ausführt.

► **Die Übertragungselemente dienen zum Fortleiten der Antriebsenergie und passen sie den Kraft- und Bewegungsforderungen an.**

Sind Antriebs- und Arbeitsbewegung Drehbewegungen, benutzt man Räder zur Bewegungsfortleitung. Am einfachsten sind Riemengetriebe (Bild 76/1). Hierbei wird der Riemen über zwei Riemenscheiben gespannt. Durch die Reibung wird er von der angetriebenen Scheibe mitgenommen. Seine Festigkeit reicht aus, um die Kräfte auf die andere Scheibe zu übertragen und diese wiederum anzutreiben. Ist die treibende Scheibe größer als die getriebene, wird die Drehzahl vergrößert, im umgekehrten Fall wird sie verringert.

● *Was hast du im Werkunterricht über die Drehzahländerung bei Riemengetrieben erfahren?*

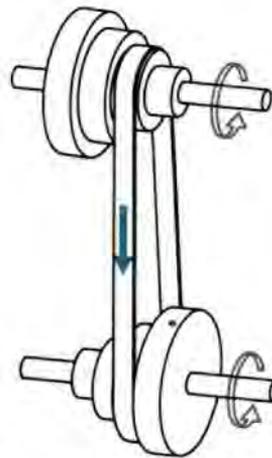
● *Überprüfe diese Feststellung am Kettenantrieb deines Fahrrades!*

► **Durch Übertragungselemente kann die vom Antriebsmoment abgegebene Drehzahl verändert werden.**

Oft werden jedoch von den Arbeitselementen wechselnde Drehzahlen gefordert.

Dieser Forderung kann zum Beispiel durch den Einsatz von Stufenscheiben entsprochen werden. Hierbei sitzen mehrere Scheiben mit unterschiedlichem Durchmesser nebeneinander auf einer Welle, und der Riemen wird zur Veränderung der Drehzahl von einer Scheibe auf die andere geführt. (vgl. Bild 76/1). Stufenscheiben sind zum Beispiel auch bei der Dreigangschaltung am Fahrrad zu finden.

An Drehmaschinen werden je nach dem zu bearbeitenden Werkstoff unterschiedliche Drehzahlen der Arbeitsspindel benötigt. Dazu können Zahnradgetriebe eingesetzt werden.

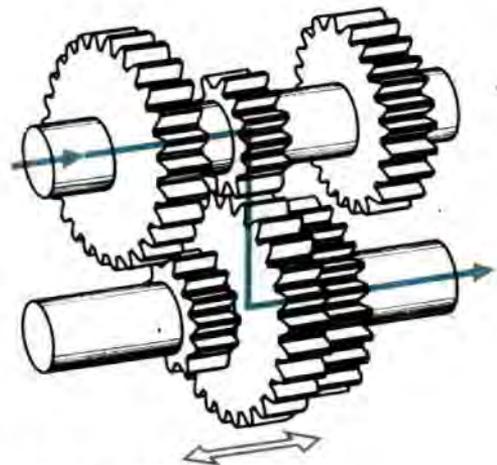


76/1 Riemengetriebe mit Flachriemen

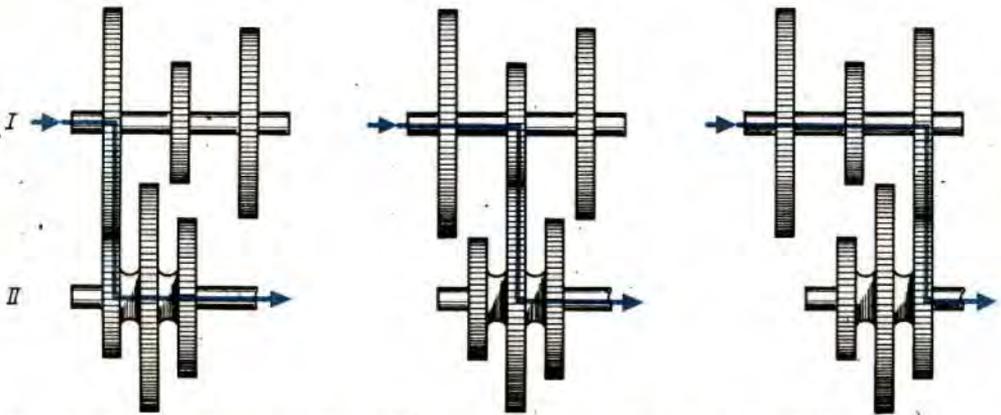
Die verschiedenen Übersetzungsstufen können – durch axiale Verschiebung der Räder auf einer Welle (Bilder 76/2 und 77/1), – durch Einschwenken von Zwischenrädern in die verschiedenen Schaltstufen (Bild 77/2) oder – durch wahlweises Kuppeln der Räder mit der Welle geschaltet werden (Bild 77/3).

● *Überlege, wieviel Schaltmöglichkeiten sich ergeben, wenn sich im Bild 77/5 die gekennzeichneten Räder der II. und der III. Welle axial verschieben lassen!*

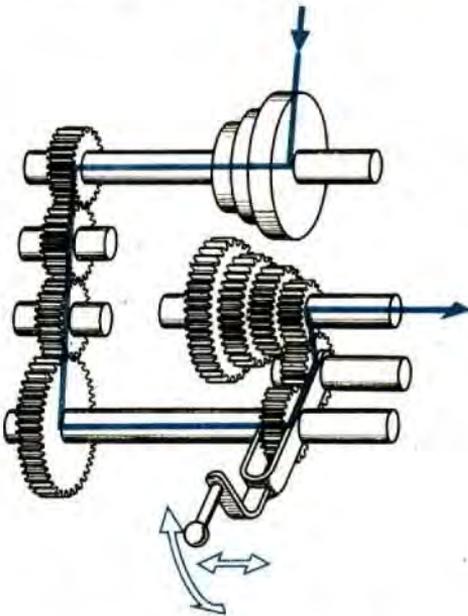
Mit Hilfe von Zahnradgetrieben kann zum Beispiel auch die Drehrichtung verändert werden.



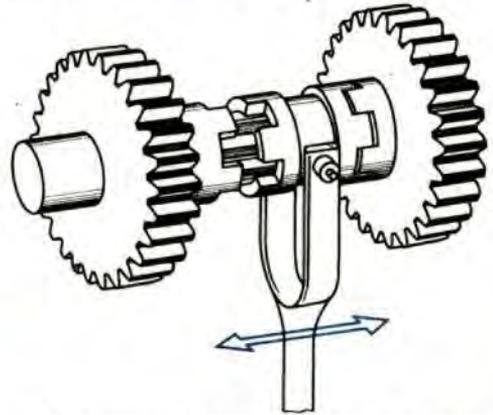
76/2 Zweiwellengetriebe



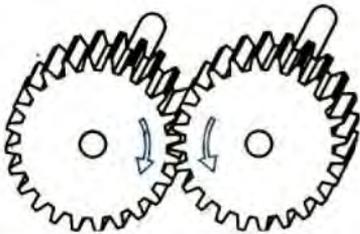
77/1 Schaltmöglichkeiten beim Zweiwellengetriebe durch axiale Verschiebung der Räder



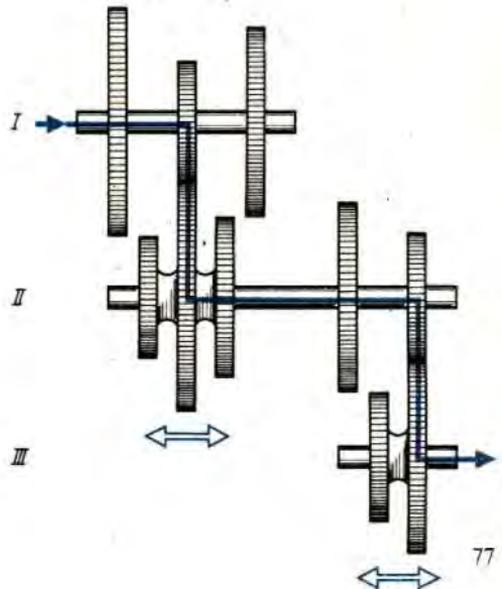
77/2 Einschwenken von Zwischenrädern



77/3 Wahlweises Kuppeln der Räder mit der Welle



77/4 Ändern der Drehrichtung durch Zahnradgetriebe



77/5 Dreiwellengetriebe

Zahnräder übertragen eine Drehbewegung, indem die Zähne des einen in die Zahn­lücken des anderen Rades eingreifen. Dabei dreht sich das getriebene Rad stets dem treibenden entgegengesetzt (Bild 77/4).

• *Überprüfe diese Feststellung mit Hilfe eines Zahnrad­paares!*

► **Durch Übertragungselemente kann die Drehrichtung des Antriebselements verändert werden.**

Wird als Arbeitsbewegung eine geradlinige Bewegung (wie bei Waagrecht-Stößmaschinen oder Pressen) benötigt, so muß die Drehbewegung bei der Weiterleitung zum Arbeitselement entsprechend umgeformt werden.

In der Waagrecht-Stößmaschine wird diese Aufgabe durch eine schwingende Kurbelschleife gelöst (Bild 78/1).

Sie besteht aus einer Kurbel, die mit einem Zapfen in den Schlitz einer Schwin­ge greift.

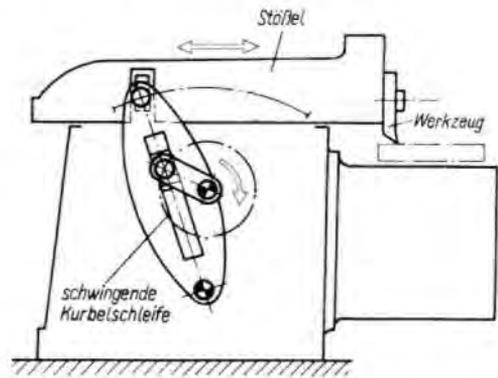
Während die Kurbel mit gleichförmiger Drehbewegung umläuft, führt der Kurbelzapfen die unterhalb der Kurbel drehbar befestigte Schwin­ge wie ein Pendel hin und her. Das obere Ende der Schwin­ge ist mit einem Gleitschuh versehen, durch den der Stößel geradlinig hin- und herbewegt wird.

► **Durch Übertragungselemente kann eine Drehbewegung in eine hin- und hergehende Bewegung geändert werden.**

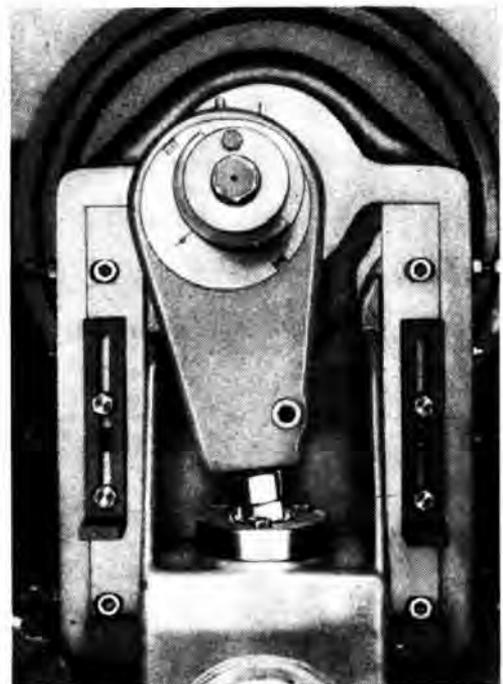
Die Übertragungselemente von Pressen müssen die Drehbewegung des Antriebs ebenfalls in eine geradlinige Arbeitsbewegung umwandeln. Hier wird der Pressenstößel durch eine Schub­kurbel oder einen Exzenter angetrieben (Bild 78/2). (Moderne Pressen können ebenso wie Waagrecht-Stößmaschinen auch hydraulisch angetrieben werden.)

• *Überprüfe die Bewegungsumwandlung durch Schub­kurbel und Exzenter mit Hilfe deines Metallbaukastens!*

Beim Gewindeschneiden muß der Werkzeug­schlitten eine geradlinige Bewegung ausführen, während sich die Arbeitsspindel dreht. Deshalb wird die Drehbewegung der Arbeitsspindel durch ein Zahnradgetriebe auf eine Gewindespindel,



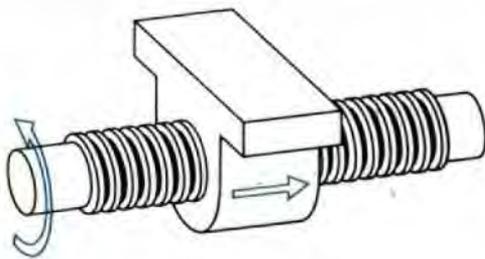
78/1 Antrieb der Waagrecht-Stößmaschine durch schwingende Kurbelschleife



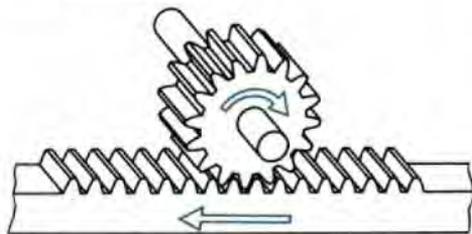
78/2 Antrieb eines Pressenstößels durch Exzenter

genannt Leitspindel, übertragen. Auf der Leitspindel befindet sich eine Mutter, die mit dem Werkzeugschlitten fest verbunden ist. • Bewegt sich die Leitspindel, dann folgt die Mutter und damit der Werkzeugschlitten dieser Bewegung (Bild 79/1).

Auf gleiche Weise wird auch der Vorschub einer Waagrecht-Stößmaschine betätigt.



79/1 Schraubengetriebe



79/2 Zahnstangengetriebe

- Überlege, wo dir ein ähnliches Getriebe bereits begegnet ist!

Eine andere Möglichkeit, die Drehbewegung in eine geradlinige umzuformen, bietet das Zahnstangengetriebe, wie es ebenfalls an vielen Drehmaschinen vorhanden ist (Bild 79/2).

- Beschreibe nach Bild 79/2 die Funktion des Zahnstangengetriebes!

Wirkungsgrad. Bei der Bewegung aller dieser Übertragungselemente entsteht in den Lagerstellen, zwischen den Zahnflanken, durch den Schlupf des Riemens auf der Riemenscheibe, zwischen Gewindespindel und Mutter trotz besten Schmierens eine Reibung, die einen Teil der Antriebsenergie in Wärme verwandelt. Diese Antriebsenergie geht damit der Arbeitsaufgabe verloren, das heißt, daß zwischen der Leistung an den Antriebselementen und der Leistung an den Arbeitselementen eine Differenz besteht, deren Größe hauptsächlich von der Güte der Übertragungselemente abhängt. Das Verhältnis der Leistung an den Arbeitselementen zur Leistung an den Antriebselementen nennt man *Wirkungsgrad*. Er liegt bei modernen Werkzeugmaschinen etwa bei 0,6 bis 0,8.

- Begründe, warum der Wirkungsgrad stets kleiner als 1 sein muß!

Steuerelemente

Beim Fertigen von Werkstücken mit Maschinen muß die bedienende Person die Arbeitsgänge steuern. So müssen zum Beispiel an der Drehmaschine die richtige Drehzahl ausgewählt und die Zustellung sowie der Vorschub der Werkzeuge eingestellt werden. Ebenso muß die Weglänge bestimmt werden, die das Werkstück zurückzulegen hat, um die Werkstückoberfläche, zum Beispiel beim Drehen, abzuspänen.

Drehzahl, Vorschub, Weglänge des Werkzeugs bezeichnet man auch als Daten, die in die Maschine einzugeben sind. Der Mensch gibt also Daten in die Maschine ein und steuert damit die Arbeitsgänge.

Handsteuerung. Die Zustellbewegung des Werkzeugs, der Vorschub von Werkzeug oder Werkstück sowie die benötigte Drehzahl werden an Werkzeugmaschinen mit Hilfe von Schalthebeln, Schaltknöpfen oder Schalträdern eingestellt (Bild 79/3). Man nennt sie Bedienelemente.

Mit ihrer Hilfe werden Stelleinrichtungen betätigt, die die eingestellten Daten (Drehzahl, Vorschub, Spantiefe) der Maschine übermitteln. Solch einen Vorgang nennt man Handsteuerung.

- ▶ Schalthebel, Schalträder und Schaltknöpfe sind Bedienelemente von Stelleinrichtungen einer Handsteuerung.



79/3 Bedienelemente einer Revolverdrehmaschine

- Stelle an dir bekannten Maschinen Stelleinrichtungen und deren Aufgaben in einer Tabelle zusammen!

Trägerelemente

Von den vielfältigen Möglichkeiten werden im folgenden einige typische vorgestellt (Bilder 80/1 bis 80/3).

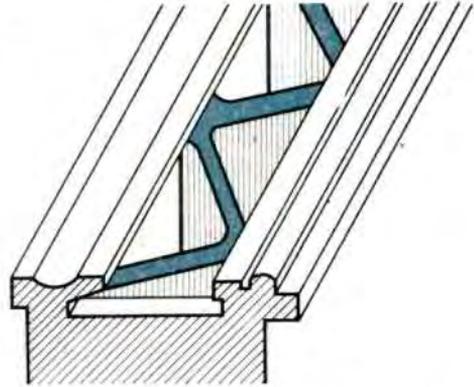
Sehr gebräuchlich ist die Kastenform, die in ihrem Inneren Übertragungselemente oder den Antrieb aufnehmen kann (Bild 80/1). Sie gewährleistet nicht nur ausreichende Festigkeit, sondern schützt gleichzeitig die Teile vor Verschmutzung und Beschädigung.

Häufig sind die Trägerelemente trägerförmig und haben zur Versteifung Rippen und Stege (Bild 80/2).

Oft sind die Trägerelemente auch säulenförmig (Bild 80/3).

Bei der spanenden Bearbeitung entstehen Schwingungen an Werkzeug und Werkstück. Sind die Trägerelemente aus Grauguß hergestellt, so können sich die Schwingungen nur zum Teil ausbreiten. Das Graugußgefüge hat gute schwingungsdämpfende Eigenschaften. Ständer und Kästen können aber auch in Schweißkonstruktion aus Stahl hergestellt werden.

Obwohl Stahl die Schwingungen besser als Grauguß leitet, werden diese hier durch die Art der Verbindung abgefangen. In der Schweißver-



80/2 Drehmaschinenbett mit Verstärkungsrippen



80/1 Spindelkasten einer Drehmaschine



80/3 Hydraulikpresse mit Säulengestell

bindung entstehen bei geeigneter Gestaltung Scheuerflächen, durch die ein Teil der Schwingungen gedämpft wird (Bild 81/1).

► **Material und Form der Trägerelemente müssen eine ausreichende Festigkeit gewährleisten und entstehende Schwingungen dämpfen.**

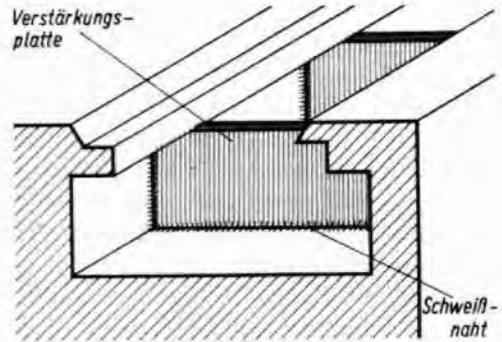
Führungen. Zum Teil sind an den Trägerelementen Führungen, mit deren Hilfe die einzelnen Bauteile gegeneinander bewegt werden können. Die Führungen haben unterschiedliche Formen. Sie können zylinderförmig (Bild 80/3), prismenförmig, schwalbenschwanzförmig oder leistenförmig sein (Bild 81/2a bis d).

● *Bezeichne an einigen Maschinen deines Betriebes die Trägerelemente, und versuche die Gestaltung dieser Elemente zu begründen!*

► **Jede Arbeitsmaschine setzt sich aus folgenden Elementen zusammen: Antriebs-elemente, Arbeitselemente, Übertragungselemente, Steuerelemente, Trägerelemente.**

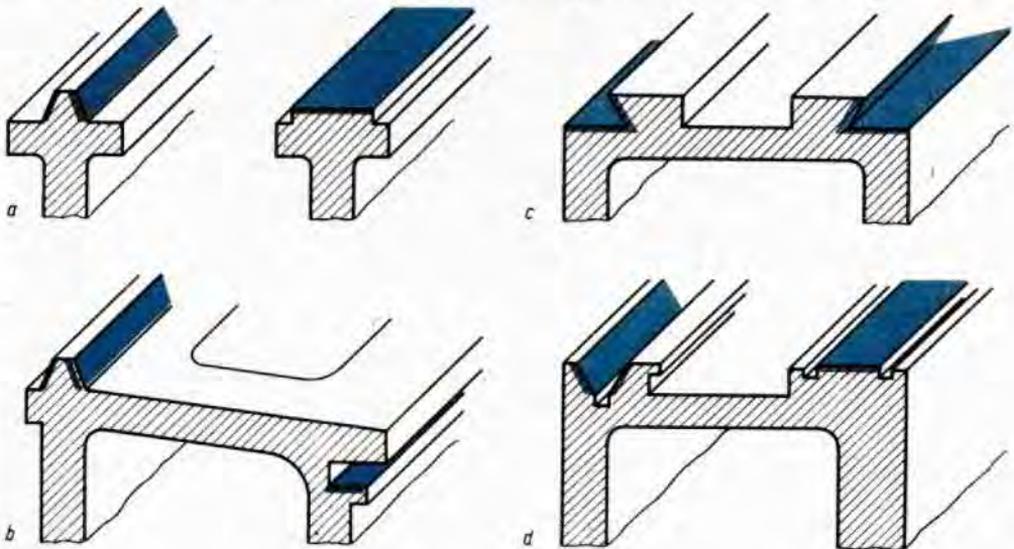
Einteilung der Maschinen

Außer den Werkzeugmaschinen sind in allen Industriezweigen und in der Landwirtschaft Transport-



81/1 In Schweißkonstruktion hergestellter Träger (Plattenbauweise)

maschinen erforderlich. Das sind Förderbänder, Hebezeuge, Kräne, Gabelstapler und Fahrzeuge. Alle diese hier genannten und zum Teil bereits einleitend erwähnten Maschinen gehören zur Gruppe der *Arbeitsmaschinen*. Zu den Arbeitsmaschinen gehören außer den Maschinen, die Gegenstände be- oder verarbeiten oder die Gegenstände transportieren, auch noch die Informationen verarbeitenden Maschinen: Rechen- und Datenverarbeitungs-maschinen, die zum überwiegenden Teil aus elektronischen Bauelementen zusammengesetzt sind. Alle diese Maschinen benötigen zum Antrieb Energie. Diese wird von den Energiemaschinen

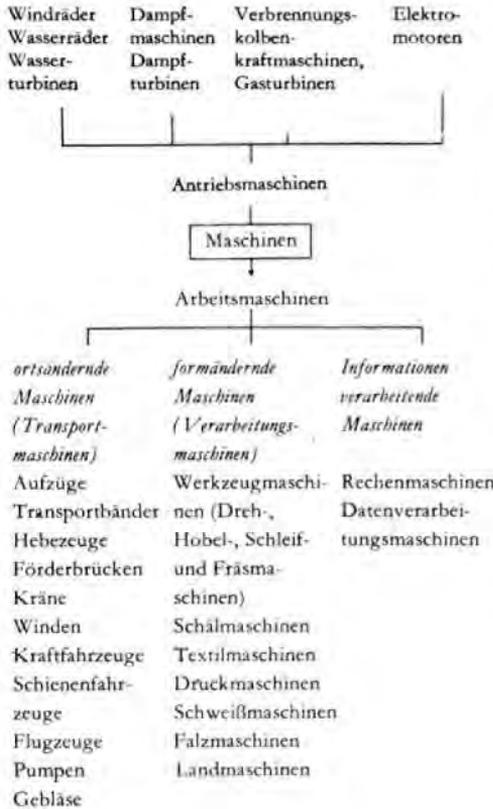


81/2 Formen von Führungen an Werkzeugmaschinen

über die Umwandlung von Naturkräften gewonnen.

- **Man unterscheidet bei den Maschinen Arbeitsmaschinen und Energiemaschinen.**
 Zu den **Arbeitsmaschinen** gehören: **ortsändernde Maschinen (Transportmaschinen), formändernde Maschinen (Bearbeitungsmaschinen) und Informationen verarbeitende Maschinen.**

Übersicht 82.1: Einteilung der Maschinen



Maschinen und Arbeitsproduktivität

Immer häufiger werden zur Herstellung von Industriewaren und landwirtschaftlichen Erzeugnissen *hochleistungsfähige* Maschinen und Automaten eingesetzt. Der Einsatz von Maschinen und Automaten ermöglicht es, den Zeitaufwand für die

Herstellung der Erzeugnisse zu verkürzen und damit die *Arbeitsproduktivität zu steigern.*

- **Die Arbeitsproduktivität ist der Nutzeffekt der produktiven Arbeit. Sie zeigt an, wieviel Erzeugnisse in einer bestimmten Zeit hergestellt werden.**

Die Höhe der Arbeitsproduktivität drückt sich aus in dem Verhältnis: Menge der hergestellten Erzeugnisse zur aufgewandten Arbeitszeit. Die Grundformel für die Bestimmung der Arbeitsproduktivität lautet daher:

$$\text{Arbeitsproduktivität} = \frac{\text{Menge der hergestellten Erzeugnisse}}{\text{aufgewandte Arbeitszeit}}$$

Beispiel:

Der Dreher A fertigt auf einer Drehmaschine in 8 Stunden 120 Bolzen. Dem Dreher B gelingt es, durch die Anwendung eines neuen Werkzeugs die Schnittgeschwindigkeit zu erhöhen. Dadurch schafft er in der gleichen Zeit bei gleichbleibender Qualität 160 Bolzen.

Es ergibt sich:

$$\text{Dreher A} \quad \frac{120 \text{ Teile}}{8 \text{ Stunden}} = 15 \text{ Teile je Arbeitsstd.}$$

$$\text{Dreher B} \quad \frac{160 \text{ Teile}}{8 \text{ Stunden}} = 20 \text{ Teile je Arbeitsstd.}$$

Die Arbeitsproduktivität des Drehers B liegt also um ein Drittel, beziehungsweise um 33,3 Prozent, höher als die des Drehers A. Nicht immer läßt sich das Ergebnis sofort überschauen. Man kann es folgendermaßen errechnen:

Die Arbeitsproduktivität des Drehers A wird gleich 100 Prozent gesetzt. Es ergibt sich folgende Proportion:

$$\begin{aligned} 120 &\cong 100\% \\ 160 &\cong x\% \\ 120 : 100 &= 160 : x \\ x &= \frac{100 \cdot 160}{120} \\ x &= 133,3\% \end{aligned}$$

Die Arbeitsproduktivität des Drehers B beträgt 133,3 Prozent.

Die Arbeitsproduktivität steigt, wenn

1. mit der gleichen Menge Arbeit bei gleichbleibender Qualität mehr Erzeugnisse hergestellt werden oder
2. die gleiche Menge Erzeugnisse bei gleicher Qualität in kürzerer Zeit hergestellt wird.

Wir hatten eingangs festgestellt, daß eine Steigerung der Arbeitsproduktivität vor allem durch den Einsatz hochleistungsfähiger Maschinen erreicht werden kann. Dabei muß man beachten, daß zur Herstellung der Maschinen, Anlagen und Automaten bereits menschliche Arbeit erforderlich war, die, wie die Ökonomen sagen, in diesen Arbeitsmitteln *vergegenständlicht* ist. Auch in dem Material, was verarbeitet wird, ist bereits menschliche Arbeit vergegenständlicht. Die Arbeit, die ein Werkträger zur Herstellung eines bestimmten Erzeugnisses aufwendet, wird im Unterschied dazu als *lebendige Arbeit* bezeichnet.

Beispiel:

Eine Welle entsteht, indem der Dreher ein Werkstück auf der Drehmaschine bearbeitet. Die Drehmaschine und das Werkstück verkörpern vergegenständlichte Arbeit, die in früheren Produktionsprozessen zu ihrer Herstellung verausgabt wurde. Die Arbeit, die der Dreher aufwendet, um die Welle herzustellen, ist dagegen lebendige Arbeit.

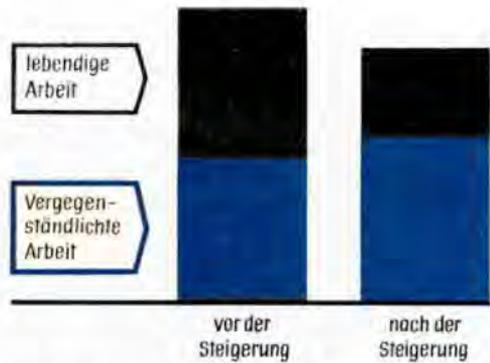
► **Bei jeder Produktion wird stets vergegenständlichte und lebendige Arbeit verausgabt.**

Durch den Einsatz neuer Maschinen, Anlagen oder Automaten erhöht sich der Anteil der vergegenständlichten Arbeit, weil die Herstellung dieser Maschinen mit einem größeren Arbeitsaufwand verbunden ist. Infolge der höheren Leistungsfähigkeit der Maschine verringert sich die lebendige Arbeit (Bild 83/1). Dabei muß die lebendige Arbeit um mehr abnehmen, als die vergegenständlichte Arbeit zunimmt. Nur wenn die Gesamtmenge an aufgewandter Arbeit je Erzeugnis sinkt, kann man von einer Steigerung der Arbeitsproduktivität sprechen.

Beispiel:

Für die Herstellung eines Erzeugnisses wurden aufgewandt:

	lebendige Arbeit	vergegenständlichte Arbeit	Gesamtarbeit
Vor der Steigerung der Ap	100	100	200
Nach der Steigerung der Ap	75	105	180



83/1 Veränderung des Anteils von lebendiger und vergegenständlichter Arbeit bei der Steigerung der Arbeitsproduktivität

Die Arbeitsproduktivität ständig zu steigern, ist die Grundforderung einer wirtschaftlichen Produktion.

Um dieser Grundforderung gerecht zu werden, kommt es darauf an, die hochproduktiven Maschinen, Anlagen und Automaten rationell auszunutzen.

► **Durch die rationelle Ausnutzung der Maschinen kann in der gleichen Zeit mehr hergestellt werden; die Arbeitsproduktivität steigt, die Herstellungskosten sinken.**

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Arbeitsproduktivität ist die Standardisierung. Sie vermindert die Vielzahl verschiedener Teile, die für einen bestimmten Zweck verwendet werden. Das gleiche gilt auch für Baugruppen, Erzeugnisse und Herstellungsverfahren.

► **Standardisierung heißt: Erzeugnisse und Verfahren vereinheitlichen, technisch und ökonomisch beste Lösungen ausarbeiten und sie in die Produktion einführen.**

Durch die Standardisierung werden die Voraussetzungen für die moderne Großproduktion geschaffen, die Produktion kann spezialisiert und die Stückzahlen können erheblich gesteigert werden.

Da Standards in sozialistischer Gemeinschaftsarbeit entstehen, sind sie Ergebnis der besten Erfahrungen vieler Menschen.

Die Standardisierung wird noch wirkungsvoller, wenn auf diesem Gebiet viele Länder zusammenarbeiten. Das beweist der Rat für gegenseitige

Wirtschaftshilfe (RGW). Außerdem fördert diese Zusammenarbeit die wirtschaftlichen Beziehungen der Länder untereinander.

Hohe Stückzahlen ersparen das fortwährende Neueinrichten der Maschinen, sie gestatten den Übergang zu einer fließenden Fertigungsorganisation.

Beispiel:

Bei Drehautomaten beispielsweise beträgt die Zeit für das Einrichten (Vorbereitungs- und Abschlußzeit) ein Vielfaches gegenüber einer einfachen Drehmaschine. Aber die Fertigungszeit je Stück (Stückzeit) beträgt nur einen Bruchteil der Fertigungszeit, die auf einer einfachen Drehmaschine gebraucht wird. Beträgt die Vorbereitungs- und Abschlußzeit bei einer Drehmaschine eine Minute und bei einem Drehautomaten 10 Minuten, beträgt ferner die Stückzeit bei der Drehmaschine 0,5 Minuten und bei dem Drehautomaten 0,05 Minuten, so ergibt sich als Gesamtaufwand und als Zeitaufwand je Stück:

Produktionsmenge in Stück	Aufwand insgesamt in Minuten		Aufwand je Stück in Minuten	
	Drehmasch.	Drehaut.	Drehmasch.	Drehaut.
1	1,5	10,05	1,5	10,05
100	51,0	15,0	0,51	0,15
10000	5001,0	510,0	0,5001	0,051

► **Die Standardisierung fördert die Mechanisierung und Automatisierung sowie die rationelle Ausnutzung der Technik. Sie führt damit zur Steigerung der Arbeitsproduktivität.**

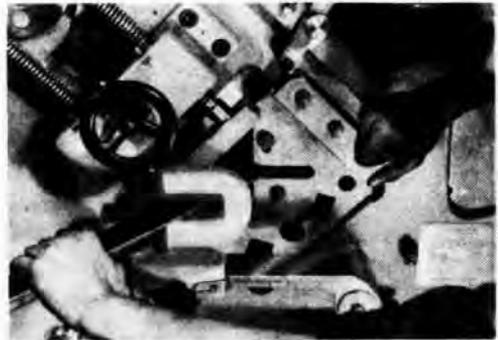
Aufgaben

1. Erkläre die Wirkungsweise eines Arbeitselements oder Übertragungselements mit Hilfe einer bestimmten physikalischen Erscheinung wie zum Beispiel der Reibung!
2. Begründe, warum der Elektromotor in der Regel das günstigste Antriebsmittel für Werkzeugmaschinen ist!
3. Stelle eine Merkregel auf, nach der die Drehrichtung eines Zahnrades in Abhängigkeit von der Anzahl der Zahnräder zwischen antreibendem und angetriebenem Zahnrad bestimmt werden kann!
4. Welcher Maschinenart ist ein Tischventilator zuzuordnen?
5. Was versteht man unter dem Begriff Arbeitsproduktivität?
6. In einem Betrieb wurden vor der Einführung eines rationellen Fertigungsverfahrens von 17 Werk tätigen in 51 Stunden 194 Werkstücke hergestellt.
Nach Einführen des neuen Verfahrens konnten von 8 Werk tätigen in 85 Stunden 434 Werkstücke hergestellt werden. Um wieviel Prozent ist die Arbeitsproduktivität verändert worden?
7. Untersuche die im Betrieb vorhandenen Maschinen, und bestimme die Antriebs-, Übertragungselemente!
8. Wann kann man von einer Steigerung der Arbeitsproduktivität sprechen?
9. Ermittle, wie durch den Einsatz von Maschinen oder Automaten die Arbeitsproduktivität gesteigert wurde!

EINSATZ VON MASCHINEN UND FERTIGUNGSORGANI- SATION

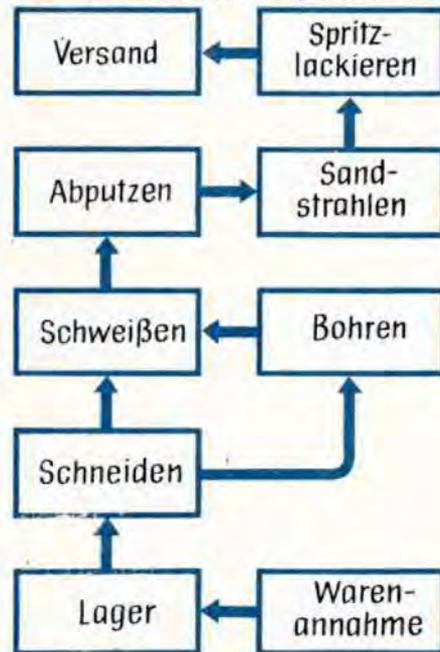
Wenn man zum ersten Mal einen Industriebetrieb, zum Beispiel der metallverarbeitenden Industrie, betritt, dann ist ein solcher Betrieb kaum durchschaubar. Es scheint, als gäbe es oftmals ein großes Durcheinander, bei dem nicht jeder genau weiß, was er zu welcher Zeit zu machen hätte. Nach einer geraumen Zeit merkt man jedoch, daß hier eine ganz straffe Organisation herrscht, mit deren Hilfe von der Warenannahme, bei der zum Beispiel die Halbzeuge eintreffen, bis zum Versand der fertigen Erzeugnisse jeder Weg und jeder Arbeitsgang genau festgelegt ist.

Stellvertretend für viele andere Beispiele soll der Weg verfolgt werden, den ein Winkelstahl und ein Flachstahl (Profilstähle) in einem Betrieb durchwandern, bis im Versand die fertigen Gestelle stehen, die ein anderer Betrieb für den Bau von Vermittlungsanlagen für den Fernspreerverkehr benötigt. Die etwa 15 m langen Profilstähle werden von der Warenannahme zum Lager geleitet. Von dort aus wird die für einen Arbeitstag notwendige Menge zu den Profilscheren transportiert, die die Stähle auf die geforderten Längen schneiden. Hier teilt sich der Weg: Ein Teil der geschnittenen Profilstähle wandert sofort in die Schweißerei, ein anderer erst in die Bohrerei. Hier müssen Löcher gebohrt und entgratet werden. In der Schweißerei treffen dann alle Teile zusammen und werden zu den Gestellen verschweißt. Die Gestelle nehmen den Weg zur Abputzerei, wo mit schnell rotierenden Schmirgelscheiben die Schweißnähte geebnet werden. Die nächste Station ist die Sandstrahlerei: Mit starkem Druck wird feinkörniger Sand gegen das Gestell gestrahlt,



85/1 Schneiden der Profilstähle

85/2 Schematischer Durchlaufplan der Profilstähle



bis es eine saubere Oberfläche hat. Nun kann das Gestell in die Spritzlackiererei gebracht werden; hier wird eine Rostschutzfarbe mit Spritzpistolen aufgebracht. Der letzte Weg der Gestelle in diesem Betrieb steht bevor: Sie werden zum Versand transportiert.

Wie dieses Beispiel zeigt, entsteht ein Erzeugnis durch eine ganz bestimmte Folge von Arbeitsgängen. Eine solche Folge bezeichnet man als *technologischen Prozeß*.

Organisation des Produktionsprozesses

Das Ziel der Organisation des Produktionsprozesses besteht darin, das Zusammenwirken der Hauptproduktivkraft Mensch mit den Produktionsmitteln (*Arbeitsmittel* und *Arbeitsgegenstand*, Bilder 86/1 und 86/2) so ökonomisch wie möglich zu gestalten, um mit geringstem Aufwand den höchsten volkswirtschaftlichen Nutzen zu erzielen. Wichtige Zusammenhänge, die zwischen der Fertigungsorganisation und dem Einsatz der Maschinen bestehen und beachtet werden müssen, sollen in den folgenden Abschnitten näher betrachtet werden.

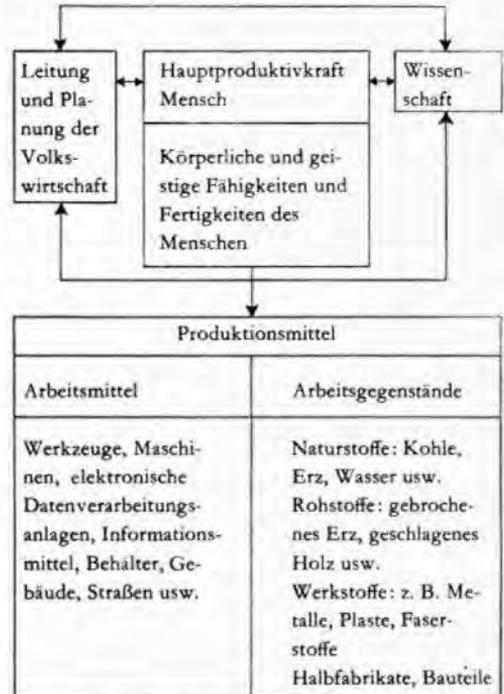
Die Fertigungsarten

Wie ein Produktionsprozeß zu organisieren ist, hängt wesentlich davon ab, wieviel gleichartige Erzeugnisse in einem Zeitabschnitt (meist ein Jahr) herzustellen sind. So verlangt die Fertigung einzelner Erzeugnisse, wie beispielsweise Spezialschiffe, Förderbrücken, eine andere Organisationsform als die Produktion von Massenerzeugnissen, wie Kraftfahrzeuge, Kühlschränke und Fernsehgeräte.

Nach der Menge der in einem Betrieb zu produzierenden gleichartigen Erzeugnisse werden folgende Fertigungsarten unterschieden:

- Einzelfertigung,
- Serienfertigung,
- Massenfertigung.

Die **Einzelfertigung** ist die Herstellung einzelner Erzeugnisse, deren Produktion sich nicht oder nur



86/1 Die Produktivkräfte des Sozialismus



86/2 Der Mensch als Hauptproduktivkraft (1) wirkt mit seinem Arbeitsmittel (2) auf den Arbeitsgegenstand (3) ein

in längeren, nicht genau benennbaren Zeitabständen wiederholt. Dadurch sind an den einzelnen Arbeitsplätzen ständig wechselnde Aufträge zu bewältigen. Die Einzelfertigung ist gegenwärtig noch in den Betrieben des Schwermaschinenbaus weit verbreitet. Hier werden nach den Wünschen der Auftraggeber besonders große Maschinen, wie Generatoren, Förderbrücken, Bagger, Druckmaschinen, und komplette Anlagen für die Hüttenindustrie und die Zementherstellung in Einzelfertigung produziert (Bild 87/1).

Eine andere Form der Einzelfertigung ist die *Entwicklung* von Maschinen und Geräten, die dann später in Serienfertigung produziert werden.

Die Einzelfertigung schließt nicht aus, daß häufig benötigte Teile an einzelnen Arbeitsplätzen in Serien gefertigt werden. Das ändert nichts am Charakter der Produktion dieses Betriebes.

Merkmale der Einzelfertigung sind:

– Für ein einzelnes Erzeugnis bzw. für eine geringe Anzahl von Produkten müssen umfang-

reiche konstruktive und technische Vorbereitungen getroffen werden. Die Vorbereitungszeiten sind im Verhältnis zu den Produktionszeiten sehr lang. Das wirkt sich auf die Kosten des Endprodukts aus.

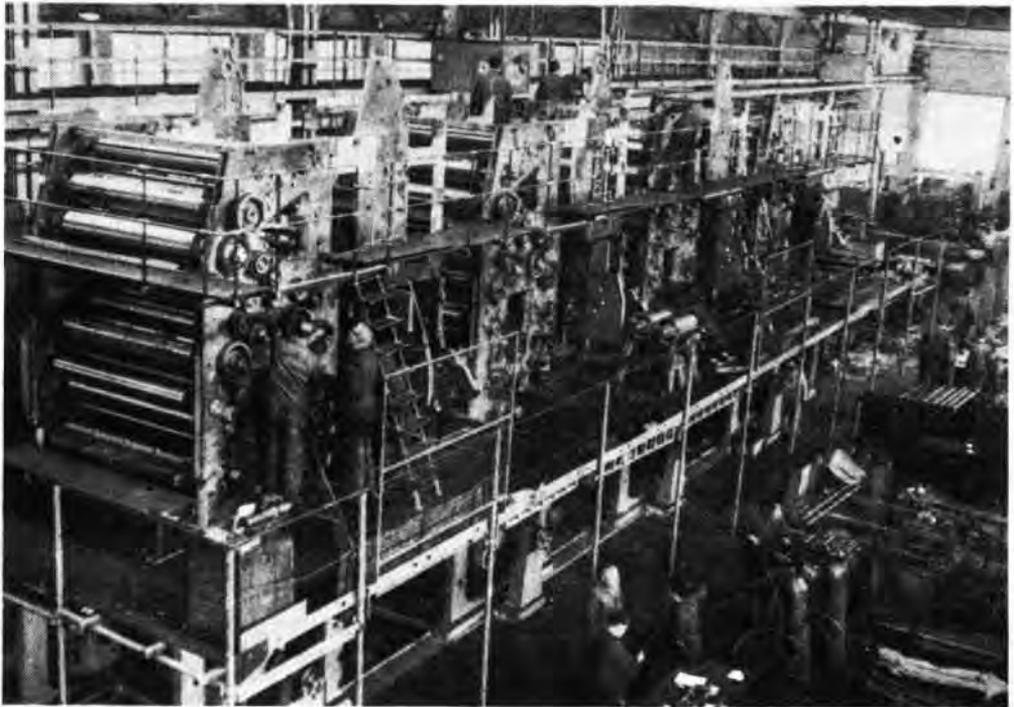
– Die Vielfalt der auszuführenden Arbeiten verlangt hochqualifizierte Arbeitskräfte, die in vielen Bereichen ihres Faches eine gute Arbeit leisten müssen. Dadurch entstehen hohe Lohnkosten.

– Die ständig wechselnden Arbeitsoperationen verlangen teure, universelle Maschinen, Werkzeuge und Meßzeuge, die oft nicht voll ausgelastet sind.

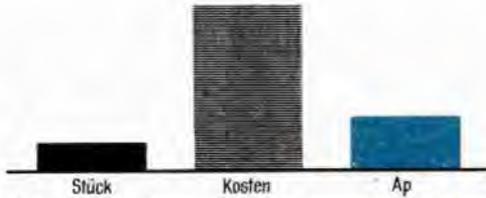
– Der Betrieb muß sich relativ große Materialvorräte anlegen. Eine genaue Materialplanung ist durch die wechselnde Produktion erschwert.

– Der Steigerung der Arbeitsproduktivität sind enge Grenzen gesetzt (Bild 88/1).

► **Einzelfertigung ist die Herstellung einzelner oder weniger gleicher Produkte in**



87/1 Montage einer Rotationsdruckmaschine in Einzelfertigung



88/1 Das Verhältnis von Stück, Kosten und Arbeitsproduktivität bei Einzelanfertigung (schematisch)



88/2 Endmontage von in Serien gefertigten Bonbonverpackungsmaschinen



88/3 Das Verhältnis von Stück, Kosten und Arbeitsproduktivität bei Serienfertigung (schematisch)

einem bestimmten Zeitabschnitt. Sie ist teuer und muß deshalb auf die Entwicklung, auf Sonderanfertigungen und den Großmaschinenbau beschränkt bleiben.

Unter **Serienfertigung** versteht man die gleichzeitige oder unmittelbar aufeinanderfolgende Herstellung einer bestimmten Menge (Serie) gleichartiger Erzeugnisse.

- *Erkundige dich über die Serienfertigung von Teilen, die für verschiedenartige Endprodukte verwendet werden können!*

Entsprechend der Seriengröße unterscheidet man zwischen *Klein-, Mittel- und Großserien*.

Die Serienfertigung ist in der Mehrzahl der Industriebetriebe anzutreffen, weil von den meisten Produkten (Arbeitsmaschinen, Waggons, Schaltgeräte) eine größere Anzahl benötigt wird (Bild 88/2).

In zahlreichen Betrieben der metallverarbeitenden Industrie der DDR herrscht noch die Klein- und Mittelserienfertigung vor. Durch weitere Spezialisierung und Standardisierung ist es möglich, die Vielfalt der zu produzierenden Teile weiter einzuschränken und zu der vorteilhaften Großserienfertigung überzugehen. Die Serienfertigung ist gegenüber der Einzelfertigung die höhere Fertigungsart. Ihre Merkmale sind:

- Die konstruktiven und technischen Vorbereitungen müssen nur einmal für eine ganze Serie von Erzeugnissen geleistet werden. Dadurch sinkt dieser Aufwand je Produkt.
- Die sich wiederholenden Arbeiten führen zu höheren Arbeitsfertigkeiten, zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Senkung der Lohnkosten.
- Anstelle von Universalmaschinen lassen sich leistungsfähigere und billigere Spezialmaschinen sowie automatisierte Zusatzeinrichtungen oder Automaten einsetzen. Die Maschinen können besser ausgelastet werden.
- Die Arbeitsplätze lassen sich teilweise nach der Fertigungsfolge ordnen. Der Transport der Teile kann mechanisiert, die Transportkosten können gesenkt werden.
- Bei Serienfertigung wird die Vielfalt der Materialvorräte eingeschränkt (Bild 88/3).

► **In der Serienfertigung werden an den Arbeitsplätzen nacheinander verschiedene Operationen an Serien von Werkstücken ausgeführt. Serienfertigung bedeutet gegenüber der Einzelfertigung: Arbeitserleichterungen, eine erhöhte Arbeitsproduktivität und niedrigere Kosten.**

Massenfertigung ist die über einen längeren Zeitraum fortgeführte oder ständige Herstellung gleichartiger Erzeugnisse, wie Briketts, Zement, synthetische Fasern, Glühlampen, Schrauben,

Wälzlager, Teigwaren (Bild 89/1). Das entscheidende Merkmal der Massenfertigung ist nicht so sehr die große Stückzahl, sondern die kontinuierliche (gleichbleibende) Fertigung.

Bei der Massenfertigung werden die technischen und ökonomischen Vorteile der Serienfertigung gegenüber der Einzelfertigung in noch größerem Maße wirksam (Bild 89/2). Die technische Ausrüstung ist weitgehend spezialisiert. Einzellmaschinen sowie spezielle Werkzeuge, Vorrichtungen und Meßgeräte herrschen vor. Die Massenfertigung bietet die besten Voraussetzungen für die fließende Fertigung und die Automatisierung der Produktion.

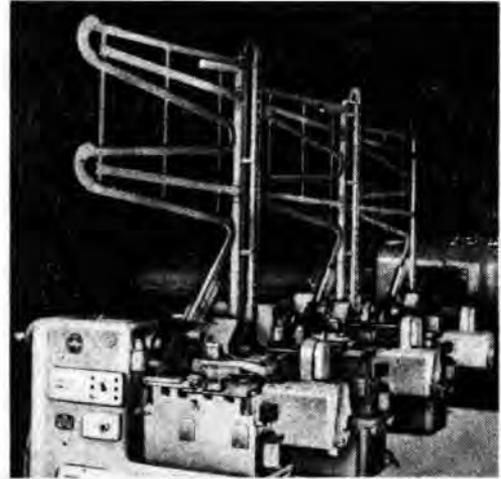
► In der Massenfertigung werden fortlaufend größere Mengen gleichartiger Erzeugnisse hergestellt. An den einzelnen Arbeitsplätzen wiederholt sich ständig eine eng begrenzte Anzahl von Arbeitsoperationen. Die Massenfertigung zeichnet sich durch eine hohe Arbeitsproduktivität aus.

In vielen Betrieben findet man mehrere Fertigungsarten nebeneinander. Das trifft besonders auf den Maschinenbau zu. Betriebe mit typischer Serienfertigung können einzelne Teile, die in großen Mengen gebraucht werden, in Massenfertigung herstellen. Umgekehrt wenden Betriebe mit Massenfertigung für die Teilproduktion die Serienfertigung an. Das ist oft notwendig, da der Arbeitsaufwand für Einzelteile eine entsprechende Maschine mit den erforderlichen Stückzahlen nicht auslastet. An diesem Arbeitsplatz müssen dann verschiedene Teile in Losen gefertigt werden.

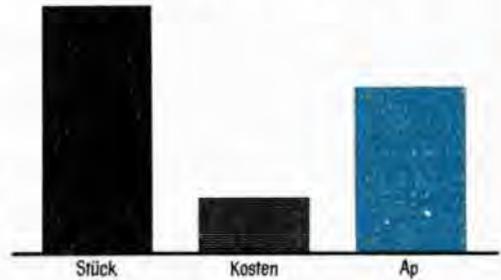
Bestimmend für den Fertigungscharakter eines Betriebes ist seine Gesamtproduktion.

- Erkundige dich in deinem Betrieb, was man unter Losfertigung versteht!
- Fasse die wichtigsten Merkmale der Einzel-, Serien- und Massenfertigung nach folgendem Muster zusammen!

Ferti- gungs- art	konstruktiver und techni- scher Auf- wand je Erzeugnis	benötigte Maschinen, Werkzeuge usw.	Kosten je Erzeug- nis	Höhe der Arbeits- produkt- ivität
-------------------------	--	--	--------------------------------	--



89/1 Massenfertigung von Wälzlageringen



89/2 Das Verhältnis von Stück, Kosten und Arbeitsproduktivität bei Massenfertigung (schematisch)

Die Fertigungsprinzipien

Man unterscheidet zwei Fertigungsprinzipien:

verfahrensspezialisierte Fertigung (Werkstattprinzip) erzeugnisspezialisierte Fertigung (Erzeugnisprinzip)

Anwendung:

- bei niedrigen Stückzahlen (Einzelfertigung, Klein- und Mittelserien)
- bei häufigem Wechsel der Arbeitsfolgen
- bei hohen Stückzahlen (Großserien und Massenfertigung)
- bei über einen längeren Zeitraum gleichen bzw. gleichartigen Erzeugnissen
- bei ständiger Aufeinanderfolge gleicher Arbeitsgänge

Bei der **verfahrensspezialisierten Fertigung** (Werkstattprinzip) sind alle gleichartigen Maschinen und Einrichtungen räumlich (in Werkstätten) zusammengefaßt. In der Hauptabteilung „Mechanische Fertigung“ sind beispielsweise Dreherei, Bohrerei, Fräserei und Schleiferei vereint (Bild 90/1). Bei diesem Fertigungsprinzip ist der Betrieb in Abteilungen gegliedert, die auf bestimmte technologische Verfahren, wie Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen, spezialisiert sind.

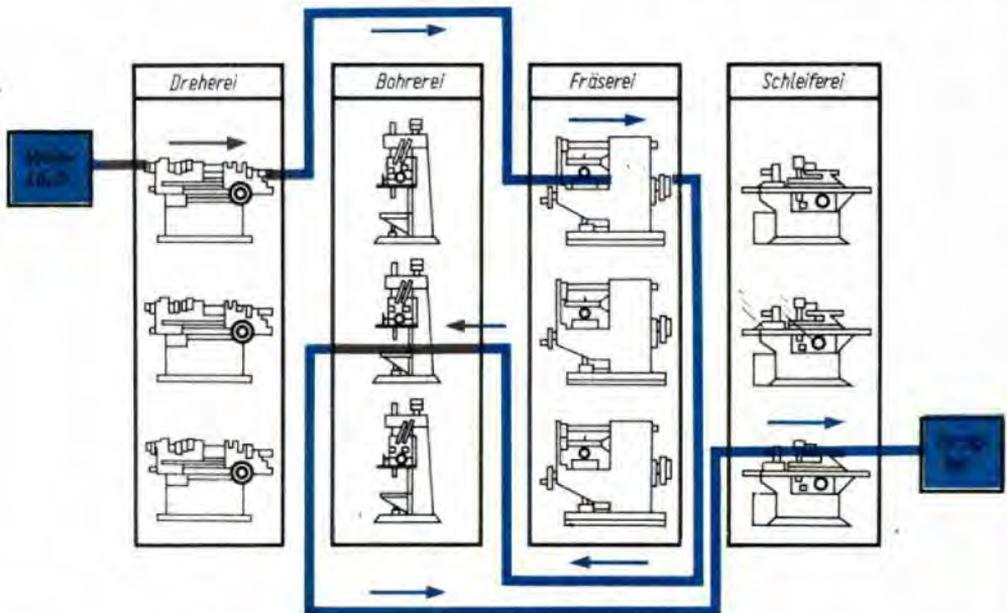
Die verfahrensspezialisierte Fertigung ist *nur* bei Einzel- und Kleinserienfertigung vorteilhaft. Die verschiedenen Erzeugnisse können nacheinander und nebeneinander hergestellt werden, ohne daß Veränderungen der Produktionseinrichtungen notwendig sind. Da alle gleichartigen Maschinen räumlich zusammengefaßt sind und von einem verantwortlichen Leiter eingesetzt werden, ist ein schnelleres Umdisponieren bei Terminschwierigkeiten, Materialstockungen, Ausfall von Maschinen und Arbeitskräften ohne größere Schwierigkeiten möglich. Jedoch muß bei diesem Fertigungsprinzip folgendes in Kauf genommen werden:

- Es entstehen lange Transportwege (vgl. Bild 90/1).
- Die Werkstücke liegen verhältnismäßig lange an den Arbeitsplätzen. Dadurch erhöhen sich die Bestände an unvollendeter Produktion.

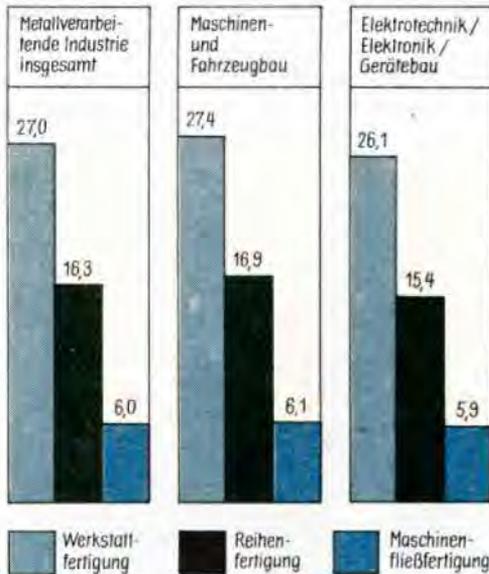
Infolge der Sortimentsbreite ist das Werkstattprinzip in der metallverarbeitenden Industrie noch weit verbreitet (Bild 91/1).

In dem Maße, in dem es gelang, die Produktion dieser Betriebe von der Einzel- und Kleinserienfertigung durch eine wohlgedachte Standardisierung und eine genaue Bedarfsermittlung auf eine ergebnisspezialisierte Fertigung umzustellen, wurde eine entsprechende Steigerung der Arbeitsproduktivität und damit eine Verbesserung unseres Lebensstandards erreicht. In Bild 91/2 ist die Entwicklung der Fertigungsorganisation in der metallverarbeitenden Industrie bis 1975 aufgezeigt.

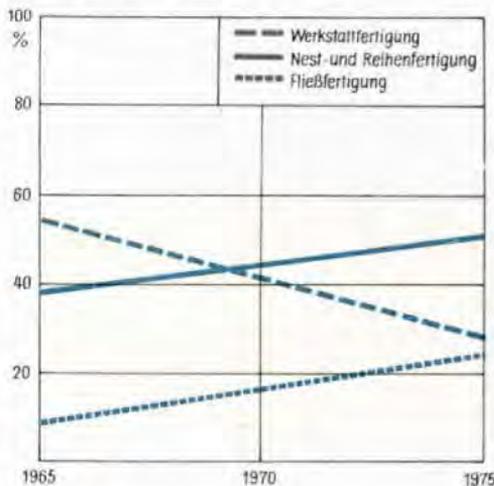
- Die verfahrensspezialisierte Fertigung ist eine Fertigungsorganisation nach den technologischen Verfahren. Lange Transportwege, hohe Bestände an unvollendeten Produkten, geringe Möglichkeit der Spe-



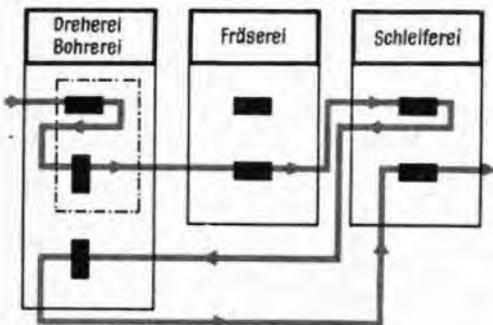
90/1 Verfahrensspezialisierte Fertigung (Werkstattprinzip)



91/1 Anteil von Fertigungsprinzipien in ausgewählten Zweigen der metallverarbeitenden Industrie 1974



91/2 Entwicklung der Fertigungsorganisation in der metallverarbeitenden Industrie der DDR



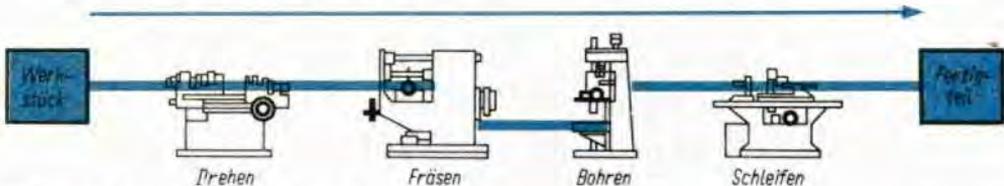
91/4 Schema einer Abschnittsfertigung (Nestfertigung)

zialisierung und geringe Arbeitsproduktivität verlangen die weitgehende Einschränkung dieses Fertigungsprinzips.

Bei der **erzeugnisspezialisierten Fertigung** (Erzeugnisprinzip) werden die Maschinen und Einrichtungen im allgemeinen so angeordnet, daß sie der Aufeinanderfolge der Arbeitsgänge bei der Fertigung des jeweiligen Erzeugnisses entsprechen (Bild 91/3). Bei der erzeugnisspezialisierten Fertigung unterscheidet man *Abschnitts-, Reihen- und Fließfertigung*.

Die Abschnittsfertigung (Nestfertigung) ist eine Übergangsform von der verfahrens- zur erzeugnisspezialisierten Fertigung. Neben Werkstätten, in denen gleiche Maschinen zusammengefaßt sind, gibt es Fertigungsabschnitte (Nester), in denen die Maschinen und Einrichtungen nach der Aufeinanderfolge der Arbeitsgänge angeordnet sind, so daß innerhalb des Abschnitts (Bild 91/4) eine bestimmte Bearbeitungsphase abgeschlossen werden kann. Die Abschnittsfertigung gestattet eine fließende Fertigung bei einigen Arbeitsgängen. Die zu bearbeitenden Teile müssen die Arbeitsplätze nicht in regelmäßiger Folge durchlaufen.

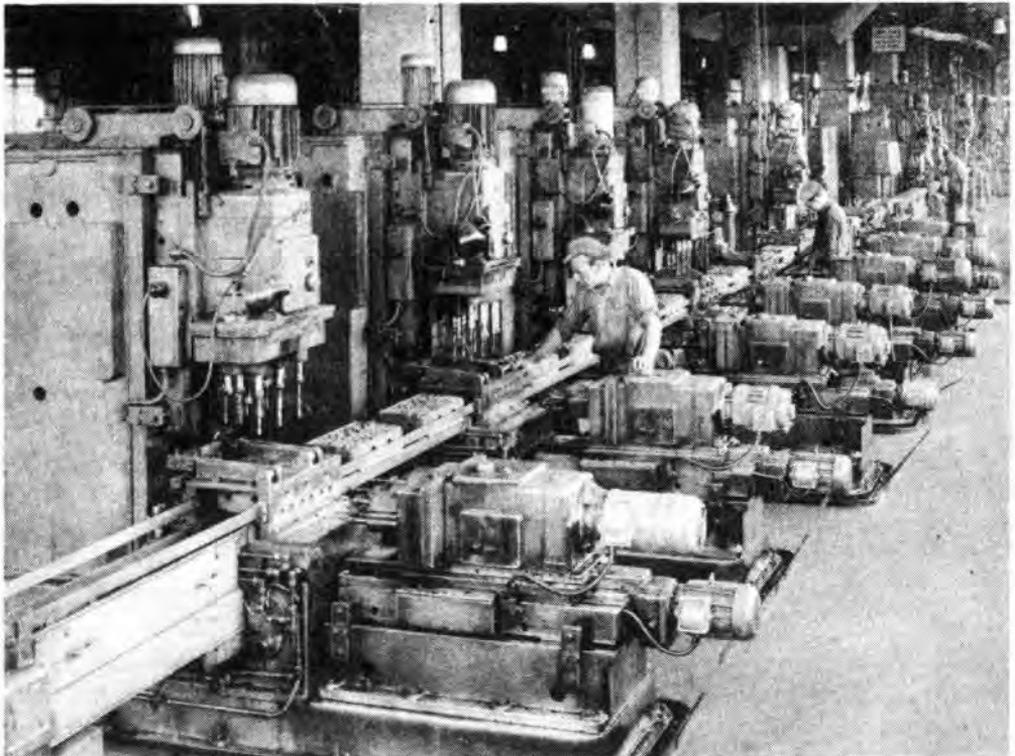
Es besteht noch kein geradliniger Durchlauf.



91/3 Erzeugnisspezialisierte Fertigung (Erzeugnisprinzip)



92/1 Fließstraße zur Trabantfertigung. Vorwiegend Handarbeit



92/2 Fließstraße zur Bearbeitung von Zylinderköpfen für Dieselmotoren. Automatisierte Maschinenarbeit

Die Vorteile der Abschnittfertigung bestehen in der Verkürzung der Transportwege und im schnelleren Durchlauf der Erzeugnisse.

Die *Reihenfertigung* ist durch einen geradlinigen Durchlauf der Werkstücke gekennzeichnet. Maschinen und Arbeitsplätze sind in der Reihenfolge der Arbeitsgänge angeordnet. Eine zeitliche Bindung zwischen den aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen besteht jedoch nicht. Darin unterscheidet sie sich von der *Fließfertigung*, bei der die Werkstücke in regelmäßigem Rhythmus von einem Arbeitsplatz zum anderen weiterbefördert werden. Der Ausstoß des fertigen Produkts erfolgt somit auch in gleichen Abständen.

Nach dem Stand der technischen Ausrüstung unterscheidet man bei der Fließfertigung zwischen Handfließreihen (Bild 92/1), Maschinenfließreihen und automatisierten Maschinenfließreihen (Bild 92/2).

Die Fließfertigung ist jedoch nur dann wirtschaftlich, wenn eine ausreichend große Stückzahl hergestellt werden kann, wie das bei Großserien und Massenfertigung der Fall ist.

Die Fließfertigung ist gekennzeichnet durch:

- weitgehende Aufgliederung der auszuführenden Arbeiten, Einsatz von Spezialmaschinen, speziellen Werkzeugen und Vorrichtungen;
- verkürzte Produktionszeit;
- kürzesten Transport der Werkstücke. Die lange Zwischenlagerung der Teile entfällt;
- beste Voraussetzungen für die Mechanisierung und Automatisierung der Fertigungs- und Transportvorgänge;
- steigende Arbeitsproduktivität;
- sinkende Kosten, weil sich der Arbeitsaufwand und der Aufwand für Maschinen und Werkzeuge je Stück verringern.

► **Die erzeugnis-spezialisierte Fertigung ist eine Fertigungsorganisation nach dem technologischen Ablauf. Die höchste Stufe ist die Fließfertigung. Sie führt bei entsprechend großen Stückzahlen zu einer hohen Arbeitsproduktivität und zu niedrigen Kosten je Erzeugnis.**

In den bisherigen Ausführungen wurde deutlich, daß zwischen der Fertigungsart und dem Ferti-

gungsprinzip ein enger Zusammenhang besteht. Schematisch lassen sich diese Beziehungen folgendermaßen darstellen:



- *Erkundige dich, welche Produkte deines Betriebes bereits nach dem Erzeugnisprinzip hergestellt werden!*
- *Welche Überlegungen gibt es, um zu höheren Formen der Fertigungsorganisation überzugehen?*

Vergleich einiger Fertigungsmöglichkeiten

Wie bedeutsam die Höhe der Stückzahl für die Wahl der Technologie ist, soll an dem folgenden Beispiel verdeutlicht werden: Ein Zählergehäuse, wie es in jedem Haushalt zu finden ist, kann auf verschiedene Art und Weise hergestellt werden (Bild 94/1).

1. Möglichkeit:

Die Blechabwicklung wird mittels Blechschere aus dem Material herausgeschnitten. Durch Abkanten entsteht aus dem ebenen Blech die Kastenform. Punktschweißen oder auch Nietverbindet die Nähte. Zuletzt wird das Fenster ausgeschnitten. Diese Möglichkeit der Fertigung erfordert nur einfache Werkzeuge. Die Arbeitszeit je Stück beträgt etwa 30 Minuten. Diese Art zu fertigen ist nur bei sehr geringen Stückzahlen zu empfehlen.

2. Möglichkeit:

Aus der Blechtafel wird der „Zuschnitt“ herausgetrennt. Durch Tiefziehen wird der ebene „Zuschnitt“ zu dem gewünschten Kasten ausgeformt. Nach dem Umformen wird das Fenster mittels eines Schnittwerkzeugs herausgetrennt.

Für diese Möglichkeit der Fertigung sind ein Tiefzieh- und ein Schnittwerkzeug erforderlich. Beide Werkzeuge müssen speziell für diesen Zweck hergestellt werden. Das verteuert die Fertigung der Gehäuse. So zu fertigen lohnt sich deshalb erst für etwa 5000 Gehäuse. Die Arbeitszeit beträgt dazu etwa 8 Minuten je Teil.

3. Möglichkeit:

Das kombinierte Schnitt- und Tiefziehwerkzeug trennt und formt um. Zuschnitt, Formen des Kastens und Heraustrennen des Fensters erfolgen in einem Arbeitsgang. So zu fertigen setzt ein sehr teures Werkzeug voraus und ist daher erst von etwa 20000 Stück an vorteilhaft. Die Arbeitszeit beträgt je Teil etwa 3 Sekunden. In der gleichen Zeit kann somit die 600fache Menge gegenüber der ersten Möglichkeit hergestellt werden.

Die Gegenüberstellung der drei Fertigungsmöglichkeiten zeigt, daß mit zunehmender Stückzahl vorteilhafter produziert werden kann und somit eine gewaltige Steigerung der Arbeitsproduktivität und starke Senkung der Kosten erreicht wird.

Aufgaben

1. Begründe; warum die Einzel- und Kleinserienfertigung weitgehend überwunden werden muß!
2. Untersuche und skizziere den Weg eines Werkstücks, das in deinem Betrieb nach der verfahrensspezialisierten Fertigung hergestellt wird!
3. Skizziere und erläutere die Anordnung der Maschinen und Arbeitsplätze bei Herstellung eines Werkstücks nach dem Prinzip der erzeugnispezialisierten Fertigung in deinem Betrieb!
4. Warum ist die Reihen- bzw. Fließfertigung nur bei Großserien- und Massenfertigung ökonomisch vorteilhaft?
5. Erläutere an einem Beispiel aus deinem Betrieb das Prinzip der Abschnittsfertigung! Fertige dazu eine Skizze an!

Anpassung der Maschinen an den technologischen Prozeß

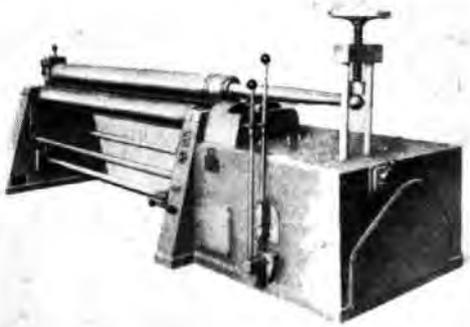
Nicht bei allen Erzeugnissen werden so hohe Stückzahlen benötigt, wie das beispielsweise bei Zählergehäusen, Kugellagern, Schrauben, Kolben für Verbrennungsmotoren der Fall ist. So sind zum Beispiel bei der Klein- und Mittelserienfertigung Umstellungen in der Produktion unvermeidlich. Aus diesem Grund werden Maschinen bzw. Automaten bevorzugt, die dem jeweiligen technologischen Prozeß angepaßt werden können. Die Maschinen bzw. Automaten müssen also so beschaffen sein, daß sie bei Produktionsumstellungen entsprechend verwendet und kombiniert werden können.

Eine zweite Forderung besteht darin, daß die Maschinen *maximal zweckgebunden* und *minimal werkstückgebunden* sein sollen. Die Maschinen müssen dem Arbeitsvorgang so angepaßt sein, daß sie ihn mit hoher Arbeitsproduktivität ausführen. Dieser Forderung können nur Spezialmaschinen voll gerecht werden. Deshalb geht man heute auch im Klein- und Mittelserienbau von der dort bisher üblichen Universalmaschine immer mehr zur Spezialmaschine über, die so aufgebaut sein soll, daß sie auch für die Bearbeitung anderer Werkstücke geeignet ist. In diesem Zusammenhang sind die Begriffe *Baukastenbauweise* und *Aufbaumaschinen* geprägt worden.

Die **Baukastenbauweise** (Bild 96/1) wurde von den Maschinenbaubetrieben eingeführt, um von jeder Baugröße ihrer Typenreihen mehrere Maschinenvarianten, die dem Verwendungszweck am wirtschaftlichsten angepaßt sind, zu erhalten. Bei jeder Maschinenvariante wiederholen sich viele Einzelteile und Baugruppen, die in größeren Stückzahlen produziert werden können.

Die konsequente Weiterführung dieses Systems führte zur **Aufbaumaschine**. Sie ist eine aus Baueinheiten für die jeweilige Aufgabe zusammengestellte Maschine (Bild 96/2).

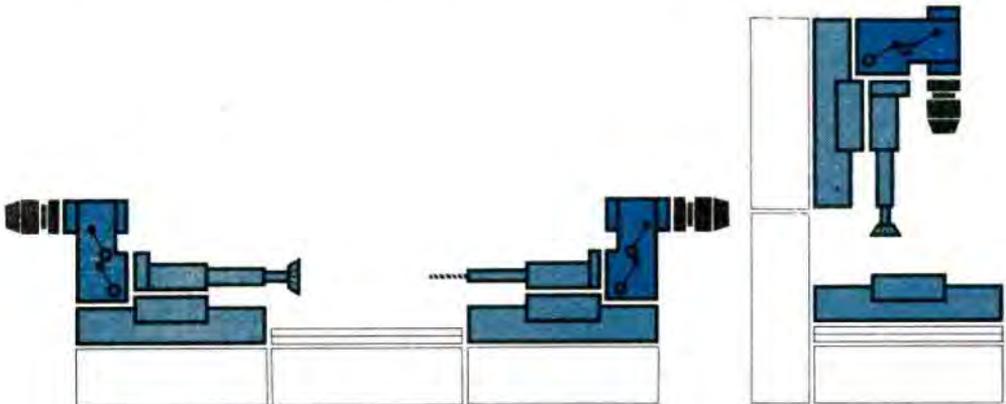
Aufbaumaschinen sind maximal zweckgebunden und minimal werkstückgebunden. Durch die Verwendung vorgefertigter Baueinheiten lassen sie sich besonders kostensparend herstellen.



96/1 Dreiwalzen-Blechbiegemaschine im Baukasten-system

- a) Ansicht der Maschine
 b) Übersicht zu den wiederkehrenden Baugruppen im Gesamtprogramm
 Mit fünf Getriebe-, sechs Walzen- und Ständergrößen entstehen 18 verschiedene Maschinen. Die Zahlen geben die zulässige Materialdicke und die Nutzlänge an

		Nutzlänge			
		1600	2000	2500	3150
Getriebegröße	I	gleiche Walzendurchmesser gleiche Ständer			
	II	11 x 1600	10 x 2000	9 x 2500	8 x 3150
	III	14 x 1600	12 x 2000	11 x 2500	10 x 3150
	IV	18 x 1600	16 x 2000	14 x 2500	12 x 3150
	V	22 x 1600	20 x 2000	18 x 2500	



96/2 Waagrecht-Bohr- und Fräsmaschine, Senkrecht-Fräsmaschine aus Aufbaueinheiten zusammengesetzt

Aufbaumaschinen können zu automatischen Fertigungsstraßen zusammengefügt werden (Bild 97/1). Bei notwendig werdenden Umstellungen des Maschinensystems auf andere Arbeitsprozesse ist jede Baugruppe wieder verwendbar. Diese Maschinen verlieren mit Veränderungen in der Produktion nicht wie die zweckgebundenen Spezialmaschinen ihren Wert.

- ▶ In der Baukastenbauweise können verschiedene Maschinenvarianten eines Typs unter weitgehender Verwendung gleichartiger Bauteile hergestellt werden.
- ▶ Aufbaumaschinen entstehen aus Aufbaueinheiten, die maximal zweckgebunden und minimal werkstückgebunden sind. Sie sichern eine hohe Arbeitsproduktivität und sind vielfältig kombinierbar.
- *Ermittle, ob und wo in deinem Betrieb Aufbaumaschinen eingesetzt werden! Überzeuge dich von ihren ökonomischen Vorteilen!*

Ökonomischer Einsatz von Maschinen

Die Steigerung der Arbeitsproduktivität hängt außer von der Wahl des zweckmäßigsten technologischen Verfahrens auch vom richtigen Einsatz und der rationellen Ausnutzung der Maschinen ab.

Die größten Möglichkeiten zur Steigerung der Produktion bieten zwar Mechanisierung und Automatisierung (s. S. 102), das heißt die Ausrüstung der Betriebe mit modernen Maschinen und mit Automaten, die viele Arbeitsgänge selbsttätig ausführen können. Aber keine Volkswirtschaft verfügt über so große materielle und finanzielle Mittel, daß sie alle Produktionsstätten gleichzeitig mit modernster Technik ausrüsten kann. Immer muß ein Teil der Arbeiter oder Betriebe mit Maschinen arbeiten, die nicht mehr dem neuesten Stand der Technik entsprechen.

Jedoch gibt es auch hier eine Reihe von Möglichkeiten, zu einer höheren Arbeitsproduktivität zu gelangen. Voraussetzung dafür ist, daß die Werk tätigen diese Möglichkeiten kennen und sie richtig zu nutzen verstehen.

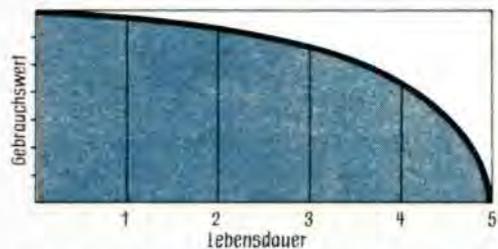


97/1 Automatische Fertigungsstraße aus Aufbaueinheiten

Der Verschleiß der Maschinen und Anlagen

Die Maschinen und Anlagen werden in der Regel mehrere Jahre in der Produktion eingesetzt. Sie nutzen sich im Laufe der Zeit ab, verlieren ihre Leistungsfähigkeit, arbeiten ungenau, werden reparaturbedürftig und schließlich völlig unbrauchbar (Bild 97/2). Man sagt, die Maschinen und Anlagen verschleißen.

Um ständig produzieren zu können, muß jede unbrauchbar gewordene Maschine oder Anlage durch eine neue ersetzt werden. In der Praxis geht das wie folgt vor sich. Jährlich wird vom Anschaffungswert der Maschinen und Anlagen ein bestimmter Betrag abgeschrieben und auf die Kosten der mit ihrer Hilfe hergestellten Produkte aufgeschlagen. Beim Verkauf der Erzeugnisse fließt das Geld an den Betrieb zurück. Nach Ab-



97/2 Verminderung des Gebrauchswerts einer Maschine durch Verschleiß innerhalb von 5 Jahren

lauf der Nutzungsdauer ist der gesamte Anschaffungswert zurückgeflossen, die Ökonomen sagen, daß sich die Maschinen und Anlagen *amortisiert* haben. Auf diese Weise stehen die erforderlichen Mittel wieder zur Verfügung, wenn die unbrauchbar gewordene Maschine durch eine neue ersetzt werden muß.

Beispiel :

Eine Maschine hat einen Anschaffungswert von 20000 M. Es ist damit zu rechnen, daß sie fünf Jahre genutzt werden kann, bevor sie unbrauchbar oder verschlissen ist. Das bedeutet, jährlich müssen 4000 M auf die Kosten der Erzeugnisse aufgeschlagen werden, damit nach fünf Jahren wieder 20000 M für den Kauf einer neuen Maschine zur Verfügung stehen (Bild 99/1).

► **Der Verschleiß der Maschinen und Anlagen wird durch Abschreibungen in den Preis der Erzeugnisse einbezogen. Aus den Verkaufserlösen werden während der Nutzungsdauer Mittel angesammelt, um neue Maschinen und Anlagen zu kaufen.**

Die stürmische Entwicklung von Wissenschaft und Technik bewirkt, daß viele Maschinen und Anlagen technisch und ökonomisch überholt sind, bevor sie verschlissen sind. Das heißt, es wird inzwischen eine gleiche Maschine *billiger* hergestellt, oder eine weiterentwickelte Maschine bringt eine *höhere Leistung* hervor. In beiden Fällen verliert die erste Maschine an Wert, weil die Produktion mit ihr teurer ist.

Beispiel 1 : Produktion mit der billigeren Maschine
Einem Herstellerbetrieb ist es gelungen, durch Steigerung der Arbeitsproduktivität und durch den Einsatz neuer Werkstoffe die Kosten so zu senken, daß die Maschine statt 20000 M (vgl. das Beispiel weiter oben!) nur noch 18000 M kostet. Bei gleicher Nutzungsdauer müssen jetzt jährlich nur noch 3600 M auf die Erzeugnisse aufgeschlagen werden. Der Betrieb, der mit der neuen Maschine produziert, kann seine Erzeugnisse jährlich um 400 M billiger herstellen.

Beispiel 2 : Produktion mit der leistungsfähigeren Maschine

Mit einer neuen Maschine, die zum Preis von 100000 M angeschafft wurde, können zum Bei-

spiel im Jahr statt 4000 Stück 25000 Stück hergestellt werden. Welche Vorteile ergeben sich?

- Mit der gleichen Anzahl Arbeitskräfte können jährlich 21000 Stück mehr produziert werden.
- Der für die Abnutzung der Maschine abzuschreibende Betrag von 20000 M im Jahr verteilt sich auf 25000 Stück. Dadurch brauchen nur noch 0,80 M (20000 : 25000) statt 1,00 M je Erzeugnis aufgeschlagen zu werden. Die Kosten je Erzeugnis sinken.
- Es werden weniger Maschinen benötigt, um die erforderliche Stückzahl herzustellen.

► **Infolge der Entwicklung von Wissenschaft und Technik veralten Maschinen und Anlagen recht schnell.**

Die Produktion mit veralteten Maschinen und Anlagen bedingt eine geringere Arbeitsproduktivität und vor allem höhere Kosten.

Bei chemischen Anlagen wird damit gerechnet, daß sie in fünf bis sechs Jahren veraltet sind. Bei Werkzeugmaschinen verkürzt sich diese Zeitspanne immer mehr (s. Übersicht 99.1).

Dazu kommt, daß die Ausstattung der Betriebe mit Anlagen, Maschinen, Ausrüstungen und Gebäuden (Grundfonds) immer kostspieliger wird (Bild 99/2). 1974 betrug der durchschnittliche Grundmittelbestand in den produzierenden Bereichen der Volkswirtschaft rund 346 Milliarden Mark; das sind je Berufstätiger über 54000 Mark. Schnelles Veralten von Maschinen und Anlagen und immer kostspieliger werdende Ausstattung der Betriebe erfordern, daß besonders die teuren und hochproduktiven Maschinen und Anlagen rationell ausgelastet werden.

Möglichkeiten zur rationellen Auslastung der Maschinen und Anlagen

Eine rationelle Ausnutzung der vorhandenen Technik wird dann erreicht, wenn Leerlaufzeiten verkürzt werden und die durchschnittliche tägliche Betriebsdauer der Maschinen und Anlagen verlängert wird. Das kann geschehen durch:

- mehrschichtige Auslastung der Maschinen und Anlagen,

Übersicht 99.1:

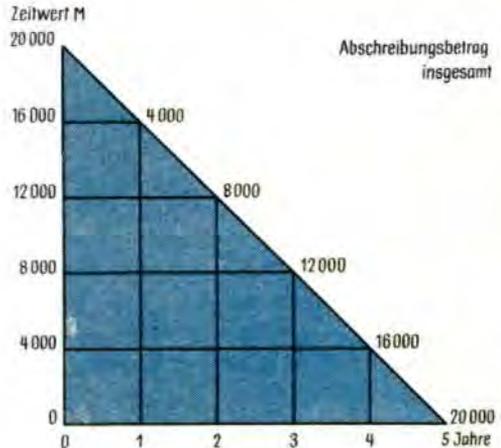
Jahr:	veraltet nach:
1940	10 Jahren
1950	8 Jahren
1960	5 Jahren

– Senkung der Warte- und Stillstandszeiten.
 Außerdem kommt es darauf an, den Produktionsausstoß je Zeiteinheit zu erhöhen.

Die **mehrschichtige Auslastung** der Maschinen und Anlagen gewinnt in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung, weil moderne, hochproduktive Maschinen und Anlagen einerseits sehr teuer sind und andererseits recht schnell veralten. Sie müssen daher Tag und Nacht eingesetzt werden, um praktisch damit die Einsatzzeit zu verlängern. In vielen Betrieben arbeiten die Werk tätigen darum in zwei bzw. drei Schichten (Bild 99/3).

In den meisten Betrieben der Grundstoffindustrie wird die Arbeit nicht einmal an Sonn- und Feiertagen unterbrochen. Vorteile der mehrschichtigen Auslastung der Maschinen und Anlagen;

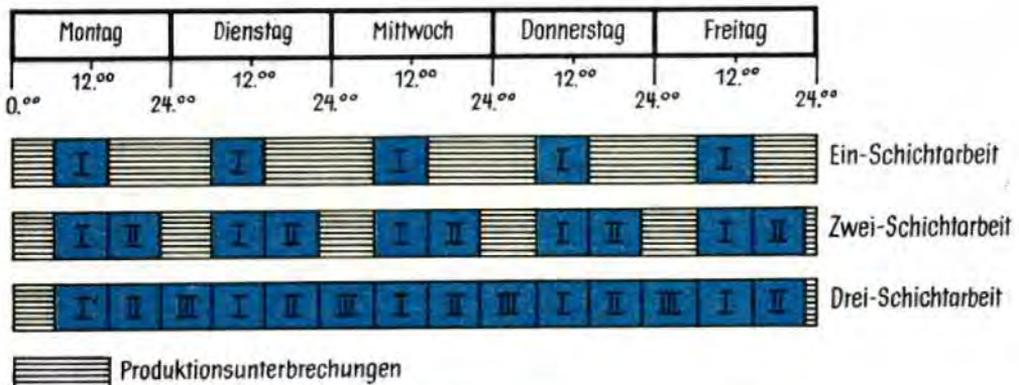
- Mit einer Maschine kann innerhalb von 24 Stunden die doppelte bzw. dreifache Menge an Erzeugnissen hergestellt werden als bei einschichtiger Auslastung.
- Die Maschinen und Anlagen amortisieren sich bei mehrschichtiger Auslastung schneller und können dadurch eher durch neue ersetzt werden.



99/1 Verhältnis des Zeitwerts einer Maschine zum Abschreibungsbetrag

	Energie- und Brennstoffindustrie	232 821	260 404
	Chemische Industrie	98 530	125 698
	Maschinen- und Fahrzeugbau	30 301	38 066
	Textilindustrie	32 355	41 047
	Lebensmittelindustrie	55 356	63 391
		19 7 0	19 7 4

99/2 Entwicklung des durchschnittlichen Grundmittelbestandes je Berufstätiger in ausgewählten Industrie-bereichen in Mark



99/3 Ein-, Zwei- und Dreischichtarbeit mit Sonntagsruhe

Die Arbeit in mehreren Schichten, besonders im Dreischichtsystem, bringt für die Werk­ tätigen eine Reihe von Erschwernissen mit sich. Sie müssen jede dritte Woche nachts sowie teilweise an Sonn- und Feiertagen arbeiten. Sie erhalten dafür andere Ruhetage, aber es bedeutet doch eine Umstellung.

Um die Bereitschaft zur Dreischichtarbeit zu fördern und die Erschwernisse materiell anzuerkennen, hat unser Staat für die Werk­ tätigen im Dreischichtbetrieb eine Reihe von Vergünstigungen geschaffen. Ihre Arbeitszeit beträgt 40 bzw. 42 Wochenstunden, und je Nachtschicht werden außer dem Verdienst 7 M Prämie gezahlt.

Die Betriebsleitungen sorgen dafür, daß die Arbeiter auch während der Nachtschicht mit Getränken und Speisen versorgt werden. Sie sichern ferner, daß genügend leitende Kräfte zur Stelle sind, um auftretende Schwierigkeiten zu beheben, die der einzelne Arbeiter nicht meistern kann.

Die Senkung der Warte- und Stillstandszeiten ist eine wesentliche Möglichkeit zur rationellen Auslastung der Maschinen und Anlagen. Warte- und Stillstandszeiten treten vor allem bei schlechter Arbeitsorganisation, bei Stockungen in der Materialbereitstellung sowie bei Ausfällen der Maschinen und Anlagen auf.

Besonders störanfällig für Warte- und Stillstandszeiten sind Betriebe, in denen infolge Einzel- und Kleinserienfertigung noch die verfahrensspezialisierte Fertigung (Werkstattprinzip) vorherrscht. Damit die Produktion nicht stockt, werden ständig umfangreiche Vorräte an den verschiedensten Materialien und Einzelteilen gebraucht, deren Beschaffung und Lagerung einen großen Aufwand erfordert. Oft treten Wartezeiten auf, weil es an Material fehlt oder weil die fertigen Teile nicht abtransportiert werden.

Beträchtliche Stillstandszeiten können durch den Ausfall von Maschinen und Anlagen entstehen. Sie können gesenkt werden durch:

- gewissenhafte Pflege und Wartung,
- = vorbeugende Instandhaltung,
- Senkung der Reparaturzeiten.

Es sollte selbstverständlich sein, daß die Werk­ tätigen ihre Arbeitsmittel gewissenhaft pflegen.



100/1 Vorteile einer gewissenhaften Pflege und Wartung der Arbeitsmittel

Sie kennen ihre Maschinen am besten und wissen genau, wann einzelne Teile ausgewechselt werden müssen. Kleine Reparaturen werden selbst ausgeführt und damit der Gesellschaft viele Mittel gespart (Bild 100/1).

Manche Arbeiter gehen jedoch mit den ihnen anvertrauten Arbeitsmitteln noch nicht sorgfältig genug um. Sie nehmen die Verantwortung, die sie für das gesellschaftliche Eigentum tragen, nicht ernst genug. Es kommt vor, daß die Maschinen vor Beginn der Arbeit nicht genau überprüft werden, daß sie nicht geschmiert oder geölt sind. Wenn sich dann Schäden einstellen, gibt es zu­ meist längere Ausfälle.

Beispiel:

Kurz vor Schichtwechsel lief in einem Tagebau­ betrieb eine Rolle am Band der Abraumförder­ brücke heiß. Der bisher diensttuende Schicht­ meister hatte sie nicht auswechseln lassen, er wollte pünktlich nach Hause. Er informierte den ihn ablösenden Kollegen nur kurz im Vorbeigehen. Dieser ließ das Band wieder anlaufen, ohne die defekte Rolle auswechseln zu lassen. Eine Stunde später war es geschehen. Das Band entzündete sich. Ein Großgerät im Werte von 27 Millionen M mit einer täglichen Förderleistung von 90 000 m³ Abraum stand in Flammen.

Durch das schnelle Eingreifen der Feuerwehr konnte das Feuer rasch unter Kontrolle gebracht und gelöscht werden. Trotzdem entstand ein Schaden von 555 000 M.

Wäre die Rolle ausgewechselt worden, so hätte die Brücke etwa 20 Minuten gestanden. Über eine halbe Million Mark wären unserem Staat erhalten geblieben.

Trotz gewissenhafter Pflege und Wartung lassen sich Ausfälle von Maschinen und Anlagen nicht völlig vermeiden. Durch planmäßige vorbeugende Reparaturen müssen aber unvorhergesehene Ausfälle auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Die Aufgabe besteht darin, die Reparatur so gründlich vorzubereiten und mit so hoher Produktivität auszuführen, daß die Reparaturzeiten verkürzt und die Maschinen oder Anlagen möglichst schnell wieder eingesetzt werden können. Das ist vor allem bei hochproduktiven Ausrüstungen sowie bei Fließstraßen dringend erforderlich.

Durch den Einsatz funktionssicherer und wartungsarmer Technik sowie durch ihre planmäßige und vorbeugende Instandhaltung könnte die zeitliche Auslastung der Grundmittel um etwa drei Prozent verbessert werden. Würde es darüber hinaus gelingen, die planmäßigen Reparaturen um ein Drittel zu verkürzen, käme ein weiteres Prozent dazu. Das entspräche einer jährlichen Warenproduktion von vier Milliarden M.

Noch nicht alle Werkstätigen haben die Notwendigkeit der Senkung der Warte- und Stillstandszeiten erkannt. Sie glauben, ein Ausfall von einer halben oder einer Stunde fällt nicht weiter ins Gewicht. Sie sehen dieses Problem nur aus ihrer Sicht und nicht im volkswirtschaftlichen Zusammenhang. Welche Reserven hier erschlossen werden können, soll folgendes *Beispiel* belegen:

Die in der sozialistischen Industrie vorhandenen Arbeitsplätze werden im Durchschnitt 10,5 Stunden täglich genutzt. Ein Prozent mehr – das sind rund sechs Minuten – würden etwa drei Viertel Milliarden Zuwachs an Nationaleinkommen bedeuten.

Außer der Erhöhung der täglichen Betriebsdauer der Maschinen und Anlagen kommt es bei ihrer rationellen Auslastung auch darauf an, den **Produktionsausstoß je Zeiteinheit** zu erhöhen. Das kann geschehen durch:

- Anwendung von Neuerermethoden,
- Anwendung der rationellsten Technologie und Produktionsorganisation,
- Modernisierung der Maschinen,
- Einsatz von Vorrichtungen.

Der Nutzen der erhöhten Ausnutzung der vor-

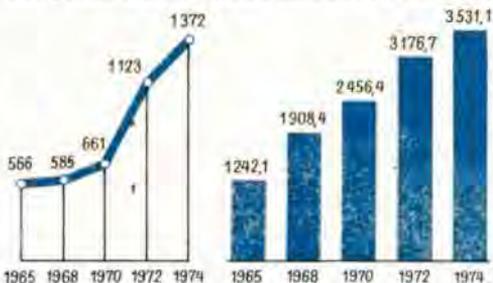
handenen Technik soll an einem *Beispiel* veranschaulicht werden.

Im VEB CARL ZEISS JENA entwickelte ein Ingenieurkollektiv in enger Zusammenarbeit mit dem Schleifer Gotthold Heidrich ein neues Meßverfahren bei einer Flächenschleifmaschine für optische Körper. Die Schleifschalen werden jetzt direkt an der Maschine gemessen. Die früheren Transporte zur Brausestelle entfallen. Jetzt können allein an einer Flächenschleifmaschine jährlich mindestens 1000 Produktionsstunden eingespart werden.

In der sozialistischen Wirtschaft der DDR gibt es Hunderttausende Neuerer (Bild 101/1). Allein im Jahre 1974 betrug der gesellschaftliche Nutzen der realisierten Vorschläge 3531 Millionen M.

Die Modernisierung der Maschinen und Anlagen erspart der Gesellschaft erhebliche Kosten. Die Arbeitsmittel veralten nach einigen Jahren, weil neue und bessere Maschinen konstruiert und produziert werden. Durch kleine technische Verbesserungen, durch Nutzung von Vorrichtungen und Spezialwerkzeugen kann die Leistungsfähigkeit älterer Maschinen erhöht werden. Die Modernisierung der Arbeitsmittel ist ein ständiger Prozeß. Jeder Werkstätige, der die Entwicklung der Technik verfolgt, kann durch Neuerungen die Leistungsfähigkeit seiner Maschine erhöhen.

Im Plan „Wissenschaft und Technik“ jedes Betriebes sind auch Maßnahmen zur Modernisierung der Maschinen enthalten. Viele Neuererkollektive und sozialistische Arbeitsgemeinschaften haben sich gerade diese Aufgaben zum Ziel gesetzt.



101/1 Entwicklung des Vorschlags- und Erfindungswesens in der sozialistischen Wirtschaft der DDR links: Anzahl der Neuerer in 1000 rechts: gesellschaftlicher Nutzen in Mio M

- **Durch die rationelle Ausnutzung der vorhandenen Technik steigt die Produktion mit den vorhandenen Maschinen und Anlagen. Neuanschaffungen erübrigen sich teilweise, die Arbeitsproduktivität erhöht sich, und die Kosten je Erzeugnis sinken.**

Aufgaben

1. Begründe die Notwendigkeit der rationellen Auslastung der Maschinen und Anlagen!
2. Nenne und erläutere Möglichkeiten zur rationellen Ausnutzung der Maschinen und Anlagen!
3. Untersuche in einer Betriebsabteilung, ob und wie die vorhandenen Möglichkeiten genutzt werden!
 - a) Gibt es hochwertige Maschinen, die ungenügend ausgelastet werden? Welche Ursachen hat das?
 - b) Wodurch könnte eine bessere Ausnutzung erreicht werden?
4. Erkläre den Zusammenhang zwischen der rationellen Ausnutzung der Maschinen und Anlagen, der Höhe der Arbeitsproduktivität und der Höhe der Kosten!

Mechanisierung und Automatisierung der Fertigungsprozesse

Um immer mehr, besser und billiger produzieren zu können und um die Arbeit der Menschen zu erleichtern, müssen die Betriebe mit neuen, leistungsfähigen Maschinen und Automaten ausgestattet werden. Man bezeichnet diesen Prozeß als *Mechanisierung* und *Automatisierung* der Produktion.

Die Mechanisierung

Unter Mechanisierung versteht man die teilweise oder vollständige Ablösung der Handarbeit durch Maschinen.

Bei mechanisierter Produktion muß der Mensch die Arbeitsvorgänge der Maschine steuern und kontrollieren. Er muß beispielsweise Drehzahl und Vorschub bestimmen, die Maschinen ein-

stellen, Werkstücke einspannen und ausspannen, messen, die Einstellung überprüfen und korrigieren. Durch Mechanisierung wird die körperliche Arbeit eingeschränkt und erleichtert.

Die Automatisierung

Bei der Automatisierung übernehmen die Automaten nicht nur die Arbeitsvorgänge, sondern auch die Meß-, Steuer- und Regelvorgänge.

Bild 102/1 zeigt ein Beispiel für den Übergang von der Handarbeit über die Mechanisierung zur Automatisierung.

Bei der *Handarbeit* muß der Mensch zum Beispiel mittels einer Schaufel das Erdreich bewegen. Das



102/1 Vom Hantieren zum Automatisieren

erfordert von ihm in erster Linie körperliche Arbeit.

Bei der *Mechanisierung* bedient er sich statt dessen des Baggers, der das Erdreich aufnimmt und in die gewünschte Richtung transportiert. Der Mensch steuert den Bagger. Er setzt durch Bedienen von Hebeln und Knöpfen den Mechanismus in Bewegung, senkt und hebt das Schaufelrad, fährt entsprechend den Erfordernissen vor- und rückwärts. Die Arbeit wird erleichtert. Sie beschränkt sich auf das Überwachen und Steuern dieses Prozesses.

Bei der *Automatisierung* gibt der Mensch einem Automaten ein Programm ein, das sich zum Beispiel in Form unterschiedlich angeordneter Löcher auf einer Lochkarte befindet. Danach steuert, kontrolliert und regelt der Automat den Ablauf der Arbeitsvorgänge selbsttätig.

Durch die Automatisierung ändert sich die Arbeit des Menschen grundlegend. Er braucht nicht mehr unmittelbar in den Produktionsprozeß einzugreifen. Er kann sich darauf beschränken, Programme auszuarbeiten und vorzugeben, Schalttafeln zu bedienen, die Arbeit des automatischen

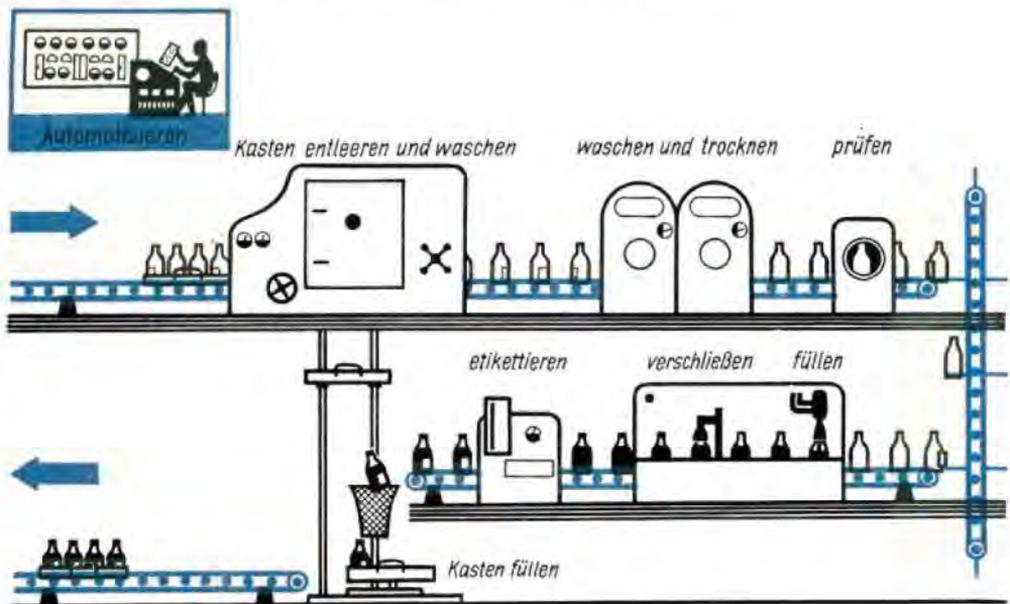
Systems zu überwachen und Störungen zu beseitigen.

Infolge der Automatisierung entfernt sich der Mensch auch räumlich von den Maschinen. Er tritt, wie es Marx ausdrückte, aus dem unmittelbaren Produktionsprozeß heraus (Bild 103/1).

Die Automaten nehmen den Menschen die körperliche Arbeit und die eintönige geistige Arbeit ab. Die Menschen üben vorwiegend schöpferische produktive Tätigkeiten aus.

► Bei der *Mechanisierung* übernimmt die Maschine die Arbeitsvorgänge, während der Mensch Meß-, Steuer-, Regel- und Kontrollfunktionen ausübt. Der Mensch muß noch in den Arbeitsprozeß eingreifen: Werkstücke zuführen, schalten, messen, Werkstücke abnehmen.

Bei der *Automatisierung* überträgt der Mensch neben den Arbeitsvorgängen auch die Steuerung und Regelung des Fertigungsprozesses den Maschinen. Dadurch wird er von manueller und eintöniger geistiger Arbeit befreit. Er wird frei für schöpferische Arbeit.



Die Auswirkungen der Mechanisierung und Automatisierung

Der Prozeß der Mechanisierung und Automatisierung vollzieht sich sowohl im Sozialismus als auch im Kapitalismus. Vom technischen Standpunkt aus gesehen bestehen keine wesentlichen Unterschiede. *Die Ziele und die sozialen Auswirkungen sind jedoch in beiden Gesellschaftsordnungen grundverschieden.*

Unter kapitalistischen Bedingungen führt die Automatisierung zur verschärften Ausbeutung der Werktätigen. Für wenige wird die Arbeit leichter. Für viele bringt sie Existenzangst und Arbeitslosigkeit.

Seit 1953, dem Jahr, in dem die Automatisierung in den USA in größerem Maßstab einsetzte, steigt auch die Anzahl der Arbeitslosen. Sie betrug nach offiziellen Angaben 1953 1,9 Millionen, 1964 bereits 4,6 Millionen und erreichte Anfang 1975 mit 8,1 Millionen den höchsten Stand seit Jahren. Bereits 1964 wies der damalige USA-Präsident Johnson den amerikanischen Kongreß darauf hin, daß mehr als 30 Millionen Amerikaner in Armut leben und auch nicht die Möglichkeit haben, ihre Lage zu verbessern. Seitdem sind Jahre vergangen, die Präsidenten haben gewechselt, aber die Lage dieser Menschen hat sich nicht verändert. Der Präsident des amerikanischen Gewerkschaftsbundes AFL/CIO, GEORGE MEANY, stellte fest, daß die Automatisierung im Kapitalismus „kein bißchen Segen“ bringt.

An den ökonomischen und sozialen Folgen der technischen Revolution in den USA wird offenbar, daß die Automatisierung im Kapitalismus – trotz hoher Arbeitsproduktivität, wachsender Fülle von Gütern und des hohen materiellen Lebensstandards für bestimmte Gruppen von Werktätigen – zu erhöhter Unsicherheit, Arbeitslosigkeit und Armut für einen wesentlichen Teil der Bevölkerung führt, der von Arbeitslosenunterstützung und Wohlfahrtsgeldern leben muß.

Ähnlich ist die Situation in anderen kapitalistischen Ländern.* Im 1. Halbjahr 1975 waren in Großbritannien 839000, in Italien 1,1 Millionen,

in Japan 1 Million und in der BRD 1,1 Millionen Menschen als erwerbslos registriert.

Kapitalisten behaupten, an diesem Zustand sei die Entwicklung von Wissenschaft und Technik schuld. Das stimmt jedoch nicht. Schuld ist das Profitstreben der Unternehmer, sind die kapitalistischen Produktionsverhältnisse.

Daß es auch anders geht, wird in der Deutschen Demokratischen Republik und in den anderen sozialistischen Ländern ständig aufs neue unter Beweis gestellt.

Auch bei uns setzt die neue Technik Arbeitskräfte frei. Die Automatisierung erzeugt aber keine Erwerbslosigkeit, keine Existenzangst. Der sozialistische Staat weist frei werdenden Arbeitskräften einen neuen Arbeitsplatz zu. Alle damit zusammenhängenden Fragen werden mit den Werktätigen gemeinsam beraten und unter Berücksichtigung ihrer Interessen gelöst. Unser einheitliches sozialistisches Bildungssystem gestattet es den Werktätigen, sich systematisch auf eine neue Tätigkeit vorzubereiten.

Im Sozialismus vollzieht sich die wissenschaftlich-technische Entwicklung im Interesse und zum Nutzen des gesamten Volkes. Wenn wir in unserer Republik neue Chemie Giganten errichten, Produktionsprozesse mechanisieren und automatisieren, elektronische Rechenautomaten und Datenverarbeitungsanlagen einsetzen, Betriebe modernisieren, die Arbeitsproduktivität und die Produktion steigern, haben wir immer das Ziel vor Augen, das Leben der Menschen zu verbessern, den Wohlstand zu erhöhen.

Aufgaben

1. Welche Formen der Mechanisierung lassen sich in deinem Betrieb erkennen?
2. Warum verlangt die Automatisierung eine höhere Qualifikation der Werktätigen?
3. Was wird in deinem Betrieb getan, um die Werktätigen auf den Einsatz der neuen Technik vorzubereiten?
4. Informiere dich darüber, welche Probleme in deinem Betrieb bei der Mechanisierung und Automatisierung aufgetreten sind! Wie werden sie gelöst?

WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN UND IHRE VERÄNDERUNGEN

In der modernen Technik werden viele Werkstoffe verwendet. Man unterscheidet *metallische Werkstoffe* und *nichtmetallische Werkstoffe*. Zu den metallischen Werkstoffen gehören zum Beispiel Stahl, Grauguß, Aluminium, Kupfer.

- *Welche nichtmetallischen Werkstoffe hast du im Werkunterricht kennengelernt?*

Die Verwendungsmöglichkeit eines Werkstoffs ist im wesentlichen von seinen Eigenschaften abhängig. Einige dieser Eigenschaften sind beispielsweise Dichte, Härte, Festigkeit, chemische Beständigkeit, Zähigkeit und Klang.

- *Welche Eigenschaften von Papier, Holz und Plast hast du im Werkunterricht kennengelernt, und wie hast du sie ausgenutzt?*

In der Praxis werden jedoch nicht nur die natürlichen Eigenschaften der Werkstoffe ausgenutzt, sondern man bemüht sich, die Eigenschaften der Werkstoffe so zu verändern, daß der Verwendungsbereich dieser Stoffe vergrößert werden kann. Das ist jedoch nur in bestimmten Grenzen möglich; so können zum Beispiel Holz, Plast und Glas gefärbt werden. Durch Trocknen oder Pressen läßt sich die Dichte einiger Werkstoffe (Holz, Pulvermetall) verändern. Durch Zusetzen (Legieren) von anderen Metallen kann die Festigkeit oder Härte des Grundmetalls verändert werden. Derzeitig werden zur Herstellung von Werkzeugen, Maschinen und Geräten noch vorwiegend Metalle verarbeitet (Bild 105/2); außerdem tritt Plast als neuer Werkstoff immer stärker hinzu (Bild 105/1).

Jedoch sind auch in Zukunft die Metalle für unsere Produktion wichtig.



105/1 Trabant 601

105/2 Löffelbagger



	Werkstoff	Eigenschaften	Verwendung
Metalle	Eisenmetalle	Stahl Kalt und warm formbar (Pressen, Walzen, Schmieden), anfällig gegenüber Korrosion, alle Eigenschaften abhängig von Kohlenstoffgehalt, Legierung und Zustand des Kristallgefüges	Baustähle: Hoch-, Brücken-, Kesselbau, Drähte, Seile, Werkzeug- und Arbeitsstähle
	Leichtmetalle	Grauguß Spröde, nicht plastisch formbar, läßt sich spanend bearbeiten	Maschinenteile, die 1. geringen Beanspruchungen ausgesetzt sind, 2. eine komplizierte Form haben
		Aluminium Hohe Plastizität, geringe Zugfestigkeit, schmied-, streck- und schweißbar, guter elektrischer Leiter	Draht, Blech, Folie, Flugzeug-, Kraftfahrzeug-, Instrumentenbau, Elektrotechnik
Buntmetalle		Kupfer Weich, aber zäh, kalt und warmformbar, korrodiert leicht, danach witterungsbeständig, guter Wärme- und elektrischer Leiter	Draht, Blech, für Legierungen (Bronze, Messing, Neusilber), Elektrotechnik, Schiffbau
		Blei Hohe Plastizität, läßt sich gut gießen, walzen, pressen, schweißen, Blei und seine Verbindungen sind starke Gifte!	Elektrotechnik (Akkumulatoren, Kabelummantelung)
Plaste	Duro-Plaste	Edelkunstharz Schlechter Wärme- und elektrischer Leiter, beständig gegenüber Korrosion, läßt sich spanend bearbeiten, gießen, pressen	Als Gießharze, Klebharze, Imprägnierharze für die Elektrotechnik (Isolation), Gießerei (Modelle), im Maschinenbau (Lager), Kraftfahrzeugbau (Bremsbeläge), als Kleber und Massenbedarfsartikel
	Thermo-Plaste	PVC-weich Spanbar, hohe Abriebfestigkeit korrosionsbeständig, thermoplastisch formbar, unbrennbar, schweißbar PVC-hart Elastisch, gummiähnlich	Rohre, Isolierungen (Elektrotechnik), Behälter, Lacke, Klebstoffe und Schaumstoffe Kabelisolierungen, Verpackungsmaterial, Schläuche, Kaltschutzmittel, Fußboden- und Möbelbelag

Werkstoff Stahl

Besondere Bedeutung für unsere Industrie hat der Stahl. Er gestattet starke Veränderungen seiner Eigenschaften. Man spricht vom *Veredeln* des Stahls; das heißt, durch geeignete Verfahren lassen sich Eigenschaften erzeugen, die dem Stahl eine besondere wirtschaftliche Bedeutung geben.

- **Stahl (Kohlenstoffstahl) ist Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt bis zu 1,7 Prozent.**

Der Kohlenstoff ist dabei zum Teil in Form der Verbindung Eisen-Karbid Fe_3C enthalten.

Eigenschaften von Stahl

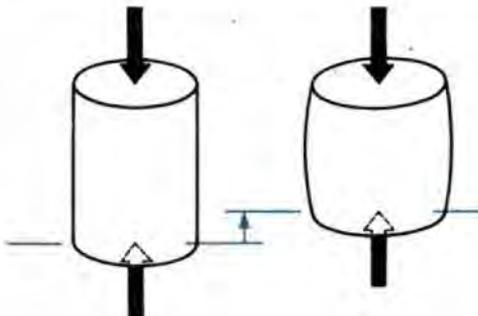
Bei einem Werkstoff werden allgemein *physikalische* und *chemische Eigenschaften* unterschieden. Die Eigenschaften, die für einen technologischen Prozeß wichtig sind, werden *technologische Eigenschaften* genannt (das können sowohl physikalische als auch chemische Eigenschaften sein).

Zu den **physikalischen Eigenschaften** gehören *Festigkeit*, *Härte* und *Zähigkeit*. Diese Eigenschaften des Stahls sind für seine Verwendung besonders wichtig.

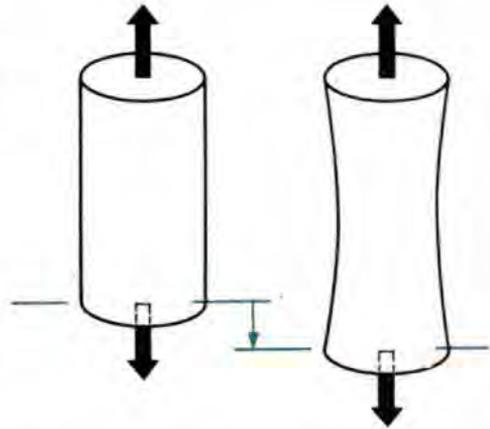
- **Die Festigkeit ist der Widerstand, den der Werkstoff der Belastung durch Biegen, Ziehen oder Drücken entgegengesetzt.**

Die Festigkeit wird durch die Zusammenhängskraft (Kohäsion) der Werkstoffteilchen bestimmt. Um einen Vergleich der Festigkeit verschiedener Werkstoffe miteinander zu ermöglichen, wählt man gleiche Flächeneinheiten des Werkstoffquerschnitts als Vergleichsgrundlage.

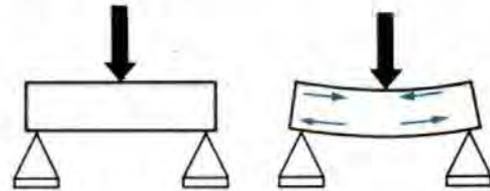
Festigkeitsarten:



Druckfestigkeit Durch die Belastung des Werkstoffs wird der Körper verkürzt. Nach dem Überschreiten der zulässigen Belastungsgrenze verändert sich der Querschnitt. Der Körper wird zerdrückt.

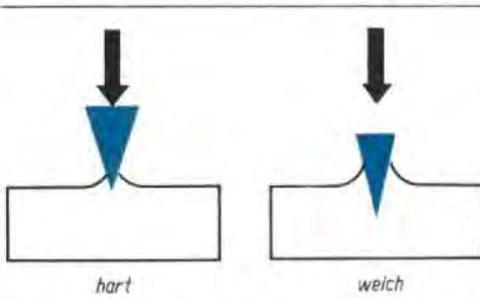


Zugfestigkeit Die Belastung des Werkstoffs führt zur Dehnung des Körpers. Nach dem Überschreiten der zulässigen Belastungsgrenze erfolgt eine Querschnittsveränderung. Der Körper zerreißt.



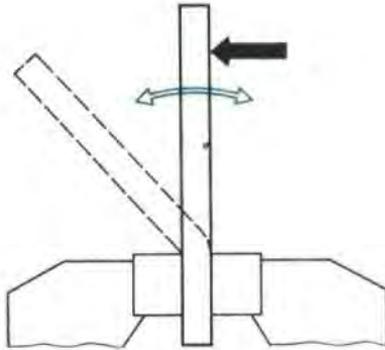
Biegefestigkeit Durch die Belastung des Werkstoffs wird der Körper gebogen. Die der Belastung naheliegenden Randschichten werden gestaucht; die entfernliegenden gestreckt. Nach dem Überschreiten der zulässigen Belastungsgrenze zerbricht der Körper.

- **Die Härte ist der Widerstand, den ein Werkstoff dem Eindringen eines anderen Körpers entgegengesetzt.**



Härte Bei harten Werkstoffen ist der Widerstand groß, bei weichen Werkstoffen klein.
Bild 108/1

► **Zähigkeit oder Dehnbarkeit ist die Eigenschaft des Werkstoffs, sich durch Druck, Zug oder Schlag umformen zu lassen, ohne daß der innere Stoffzusammenhalt zerstört wird.**



Zähigkeit Die Zähigkeit kann unterschiedlich sein. Die Größe der Beanspruchung ist daher von der Zähigkeit abhängig.
Bild 108/2

Oft werden sowohl Festigkeit als auch Zähigkeit verlangt. Dann muß der Stahl so veredelt werden, daß sich ein bestimmtes Verhältnis zwischen Festigkeit und Zähigkeit ergibt.

Chemische Eigenschaften. Wichtig für die Verwendung eines Werkstoffs ist auch sein Verhalten gegenüber *chemischen Einflüssen*, vor allem sein Verhalten gegenüber dem Sauerstoff und dem Kohlendioxid der atmosphärischen Luft.

Stahl weist im allgemeinen eine geringe chemische Beständigkeit auf; er hat die Neigung, sich mit anderen Elementen zu verbinden, er korrodiert.

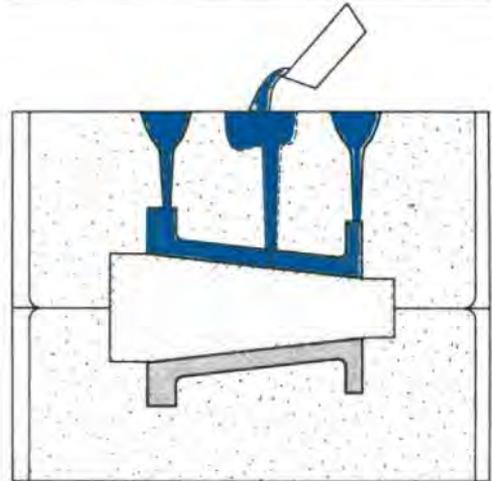
• *Wiederhole, was du beim Beschichten über die Korrosion erfahren hast!*

Außer durch Beschichten kann Stahl auch durch Legieren mit anderen Metallen vor Korrosion geschützt werden.

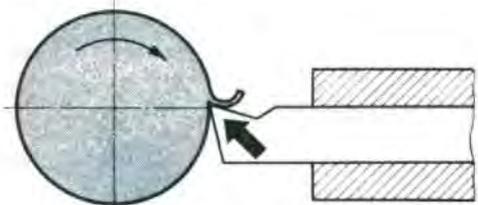
Die **technologischen Eigenschaften** des Werkstoffs bestimmen, für welche Fertigungsverfahren er geeignet ist. Die Vielfalt der Produktion erfordert Werkstoffe mit unterschiedlichen Eigenschaften. So ist zum Beispiel Stahl zum

Gießen, Schmieden und Zerspanen

geeignet. Diese technologischen Eigenschaften erklären seine große Bedeutung als Werkstoff für viele Zweige der Industrie.

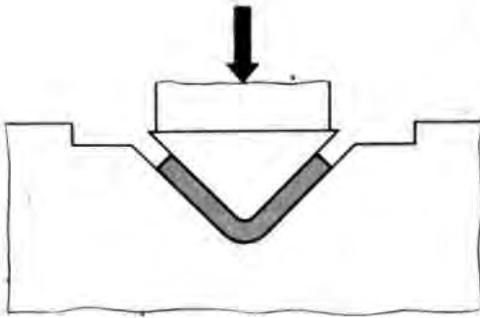


Gießen (Urformen) Da sich Stahl durch Einwirkung von Wärme verflüssigen läßt, ist ein Gießen in Formen möglich. Nach dem Erstarren soll das Werkstück gut vom Werkstoff ausgefüllt sein. Poren und Blasen dürfen sich nicht bilden.
Bild 108/3



Zerspanen
(Trennen)
Bild 108/4

Stahl weist einen Schnittwiderstand auf, der durch die Wirkung bestimmter Werkzeuge eine Zerspanung des Werkstoffs zuläßt. Der Schnittwiderstand wird durch die Härte und Zähigkeit des Werkstoffs bestimmt.



Schmieden
(Umformen)
Bild 109/1

Die Form des Stahls läßt sich in kaltem oder warmem Zustand durch Druck oder Schlag verändern, ohne daß der Werkstoff zerstört wird.

Veränderung der Eigenschaften von Stahl

Oftmals ist es nötig, die Eigenschaften des Werkstoffs nur an bestimmten Stellen des Werkstücks zu verändern. So müssen bei einer Handblechschere die Schneiden hart, die übrigen Teile dagegen zäh sein.

Nach dem Kaltwalzen von Stahl läßt sich eine Gefügeänderung feststellen, die sich nachteilig auf die Eigenschaften des Stahls auswirken kann. Durch geeignete Verfahren läßt sich das Gefüge wieder normalisieren.

Diese beiden Beispiele zeigen bereits einige Forderungen, die Eigenschaften beim Stahl zu verändern. In der Praxis gibt es noch viele andere.

Gefügeänderung bei Stahl. Stahl ist wie alle Metalle aus einer Vielzahl von sehr kleinen Kristallen aufgebaut. Man spricht vom kristallinen Gefüge des Stahls. Eine Eigenschaftsänderung des Stahls hängt immer mit einer Gefügeänderung zusammen. Sie erfolgt durch Wärmebehandlung.

Ein wichtiger Bestandteil des Stahls ist das sehr harte Eisenkarbid. Nach Überschreiten bestimmter Temperaturen (Umwandlungsgrenzen, zum Beispiel $\approx 720^\circ$) zerfällt das Eisenkarbid. Der dabei gelöste Kohlenstoff verteilt sich gleichmäßig auf das Gesamtgefüge.

Härten. Wellen und Lager müssen verschleißfeste Oberflächen haben. An Werkzeugen sollen die Berührungsstellen oder Schneiden hart sein. Um beim Stahl die gewünschten Eigenschaften zu erreichen, muß er gehärtet werden.

Vorgang: Beim Härten wird der Stahl bis zu seiner Umwandlungstemperatur erwärmt. Nach kurzem Einhalten dieser Temperatur folgt eine schnelle Abkühlung, das sogenannte Abschrecken. Je nach der Art des Stahls wird dazu meist Wasser, Luft oder Öl verwendet.

Abgeschreckter Stahl ist sehr hart und spröde. Durch erneute Erwärmung bildet sich teilweise das Normalgefüge zurück, dabei werden Härte und Sprödigkeit gemildert sowie Spannungen beseitigt. Diesen Vorgang bezeichnet man als *Anlassen*.

► **Je höher die Anlaßtemperatur ist, um so weicher wird der Stahl.**

Die Höhe der Anlaßtemperatur ist von der Art des Stahls und seiner Verwendung abhängig.

Die erreichte Anlaßtemperatur läßt sich auf der metallisch blanken Werkstückoberfläche an dem Farbton der sich bildenden Oxidschicht erkennen.

Einige Anlaßfarben:

Hellgelb	bis 220°C
Dunkelgelb	bis 240°C
Braunrot	bis 260°C
Violett	bis 280°C
Kornblumenblau	bis 300°C
Graublau	bis 320°C

Glühen. Glühen ist eine Wärmebehandlung unterhalb der Härtetemperatur. Hierdurch werden unerwünschte Eigenschaften, die bei der Bearbeitung des Stahls entstanden sind, verändert. Diese unerwünschten Eigenschaften sind zum Beispiel Spannungen, die durch Kaltumformen des Stahls eingetreten sein können.

Vorgang: Das Werkstück wird in einem Glühofen auf 500 bis 600 °C erwärmt. Danach erfolgt eine langsame Abkühlung im Glühofen oder in warmer Asche.

Wirtschaftlicher Werkstoffeinsatz

Welcher Werkstoff für ein Erzeugnis gewählt wird, hängt in erster Linie von technischen und ökonomischen Anforderungen an das Erzeugnis ab. Aber auch das gewünschte Aussehen des Werkstücks ist für die Wahl des Werkstoffs wichtig.

● *Überlege, bei welchen Gebrauchsgegenständen das Aussehen für die Wahl des Werkstoffs mitbestimmend war!*

Von einem Erzeugnis werden oft mehrere Eigenschaften gleichzeitig verlangt (Gebrauchseigenschaften). So müssen beispielsweise Träger für Hochbauten eine besondere Festigkeit und Elastizität aufweisen. Die früher für Bauten vorzugsweise verwendeten Holzträger würden diesen Anforderungen nicht gerecht werden, es müssen also Stahlträger verwendet werden.

Mit den Anforderungen an ein Erzeugnis muß gleichzeitig auch die Verarbeitbarkeit des für dieses Erzeugnis vorgesehenen Werkstoffs berücksichtigt werden. Der Werkstoff muß sich beispielsweise in die gewünschte Form bringen lassen. Diese Eigenschaften sind beim Stahl ebenfalls vorhanden. Seine gute Formbarkeit ermöglicht auch die Leichtbauweise von Stahlkonstruktionen (T-Profil, U-Profil), die bei gleichzeitiger Erhöhung der Festigkeit eine erhebliche Materialersparnis und damit gleichzeitig Kostensenkung zur Folge hat.

Daraus geht bereits hervor, daß der Werkstoffeinsatz neben den technischen Auswahlprinzipien auch von ökonomischen Überlegungen mitbestimmt wird. Die zur Verfügung stehende Menge eines Werkstoffs ist dabei genau so entscheidend wie die Kosten, die zur Herstellung beziehungsweise Beschaffung eines Werkstoffs nötig sind.

Unser Land ist nicht reich an Holz und an metallischen Rohstoffen, vor allem fehlt es uns an den

sogenannten Buntmetallen. Dazu gehören beispielsweise Kupfer, Blei und Zinn. Um diese Rohstoffe aus dem Ausland einführen zu können, müssen wertvolle Industriegüter ausgeführt werden. Deshalb wird die Verwendung dieser Metalle als Werkstoffe sehr genau überprüft. Buntmetalle werden nur für Spezialzwecke eingesetzt (vgl. Tabelle S. 106), dabei ist auf einen besonders sparsamen Umgang mit diesem Material zu achten.

Zur Herstellung der sogenannten Leichtmetalle (zum Beispiel Aluminium) werden große Mengen Elektroenergie benötigt. Die hierdurch entstehenden Mehrkosten wirken sich ebenfalls ungünstig auf das Endprodukt aus. Deshalb wird auch der Einsatz dieser Werkstoffe sehr sorgfältig geplant.

● *Erkundige dich, für welche Bauteile in der Industrie heute Aluminium verwendet wird!*

In den letzten Jahren wurden auf vielen Gebieten die Metalle durch Plaste verdrängt. Plaste können teilweise aus einheimischen Rohstoffen preisgünstig hergestellt werden. Dadurch lassen sich die teuren Einfuhren, besonders aus dem kapitalistischen Ausland, weitgehend einschränken. Plaste sind auch leichter zu bearbeiten und besitzen außerdem einige, für bestimmte Verwendungszwecke sehr vorteilhafte Eigenschaften.

So ist zum Beispiel das Plastrohr in bezug auf seine chemische Beständigkeit dem Stahlrohr überlegen und gleichzeitig billiger als das ebenfalls chemisch beständige Bleirohr.

Bei Gebrauchsgegenständen aus Plast kommt als weiterer Vorteil ihre geringe Masse hinzu.

● *Nenne Gebrauchsgegenstände im Haushalt, die heute aus Plast hergestellt werden, und erläntere deren Vorteile gegenüber den früher aus Metall hergestellten!*

Einfluß der Wissenschaft auf die Herstellung neuer Werkstoffe

Die Geschichte der Technik zeigt, daß wichtige technische Erfindungen erst viel später ihre Verwirklichung fanden, weil der notwendige Werk-

stoff noch nicht bekannt war. So konnte man zum Beispiel Gestein erst wirtschaftlich bohren, nachdem man gelernt hätte, Bohrer aus Hartmetallen herzustellen.

Umgekehrt bildet oft der bekannte Werkstoff die Grundlage zu neuen technischen Entwicklungen. Das trifft zum Beispiel für den magnetischen Werkstoff Manifer zu, der auf die Konstruktion elektromagnetischer Bauelemente für das Fernsehen Einfluß genommen hat.

Derzeitig ist man bemüht, mit der Entwicklung neuer Geräte, Maschinen und Anlagen auch neue Werkstoffe zu finden und herzustellen.

In allen sozialistischen Ländern arbeiten heute Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker gemeinsam mit den Aktivisten und Neuerern der Produktion systematisch an der Entwicklung und Herstellung dieser neuen Werkstoffe. Dabei werden im Rahmen der sozialistischen Zusammenarbeit der Länder des RGW Erfahrungen ausgetauscht und ausgewertet.

Vor allem das Raumfahrtprogramm mit seinen Einflüssen auf die Entwicklung technischer Anlagen wirkt unmittelbar auf die Neuentwicklung von Werkstoffen mit vorher bestimmten Eigenschaften.

Die Entwicklung der Elektronik, Kerntechnik und anderer Gebiete war nur möglich, weil gleich-

zeitig neue Werkstoffe geschaffen wurden. Ohne neue Werkstoffe, die durch ihre Eigenschaften die bekannten Werkstoffe übertreffen, und neue Methoden ihrer Gewinnung, ist es nicht möglich, immer bessere und leistungsfähigere Erzeugnisse herzustellen. Dieses Ziel ist nur zu erreichen, wenn die Forschung selbst in die Produktion eindringt und ein Teil des Produktionsprozesses wird.

Aufgaben

1. Ergänze durch Beispiele die physikalischen Eigenschaften von Stahl!
2. Welche Folgen hat eine zu hohe oder eine zu niedrige Anlaßtemperatur für die Härte des Werkzeugs?
3. Weshalb werden im Bootsbau anstelle der sonst üblichen Stahlholzschrauben Kupfer- beziehungsweise Messingschrauben verwendet?
4. Es gibt Blumenkästen aus Holz, Ton und Plast. Vergleiche die drei Werkstoffe im Hinblick auf ihre Witterungsbeständigkeit, Handhabbarkeit, Rohstofflage sowie Preisgestaltung, und überlege, welchem Werkstoff du den Vorzug geben würdest!
5. Nenne weitere Beispiele für die Möglichkeit, teure Werkstoffe durch billigere zu ersetzen!
6. Warum sind elektrische Freileitungen meist aus Aluminium und nicht aus Kupfer?

Quellennachweis der Bilder

Bartbel, Halle: 47/1, 47/2; Bildarchiv Verlag Technik: 44/2; Bildarchiv VVV: 5/2, 14/1, 17/2, 20/3, 22/1, 30/2, 44/1, 53/4, 57/1, 71/1, 74/2, 78/2, 79/3, 80/1; Brüggemann, Leipzig: 6/1, 85/1; Dewag-Werbung, Berlin: 25/2; Druckerei Fortschritt, Erfurt: 92/2; Eckebrecht, Berlin: 21/1; Eggert, Güstrow: 50/1; Fototechnische Werkstätten, Berlin: 73/4; Frügel, Berlin: 71/2; Kolbe, Berlin: 97/1; Krüger, Berlin: 49/2; Krüger, Halle: 67/1; Pichner, Berlin: 75/2; Reproduktion aus „Kleine Enzyklopädie Technik“: 40/2; Römer, Karl-Marx-Stadt: 28/2, 31/2, 75/1, 89/1, 96/1; Schweißtechnische Versuchs- und Lehranstalt, Berlin: 55/2; Seifert, Berlin: 15/1, 18/1, 25/1, 36/1, 49/1, 53/2, 62/1, 94/1; Unger, Corbus: 67/2; VEB Stahl- und Walzwerk, Gröditz: 80/3; Zentralbild, Berlin: 5/1, 6/2, 6/3, 14/2, 30/1, 36/2, 55/1, 86/2, 87/1, 88/2, 92/1, 105/1, 105/2; Zimmer, Leipzig: 75/3.

Tabelle 94/1 gestaltet nach einer Idee von Prof. Dr. Reichmann.

SACHWORTVERZEICHNIS

- Abschneiden 17
 Abtragen 20, 21
 Abtragen, elektroerosives 22
 Aggregatzustand 41
 Anlaßtemperatur 109
 Anstreichen 45, 47
 Antriebselement 68
 Arbeitselemente 68, 70
 Arbeitsgegenstand 86
 Arbeitshub 18
 Arbeitsmaschinen 67
 Arbeitsmittel 23, 86
 Arbeitsproduktivität 82
 Arbeitsteilung 6, 9
 Ätzen 21, 55
 Aufbaumaschine 95
 Aufspritzen 47
 Auslastung, mehrschichtige 99
 Auslastung, rationelle 98
 Ausschneiden 17
 Automatisierung 102

 Baukastenbauweise 95
 Bereich, nicht produzierender 6
 Bereich, produzierender 6
 Beschichten 44, 60
 Biegefestigkeit 107
 Biegeumformverfahren 32
 Blechwalzstraßen 29
 Bohren 20
 Brennschneiden 21
 Bruchzone 15

 Detonationsdruck 34
 Dreibeckenfütter 72
 Druckfestigkeit 107
 Druckkraft 31
 Druckumformung 25
 Duo-Wälzwerk 26

 Eigenschaften, technologische 108
 Einkerbung 15
 Einscheiden 17
 Eintreibkraft 51
 Einzelantrieb 74
 Einzelfertigung 87
 Eisenoxid 21
 Elektrode 54
 Elektromotor 74
 Elektroschweißen 55
 Entzündungstemperatur 21
 Erzeugnisprinzip 89
 Exzenter 77

 Farbschichten 45
 Faserverlauf 33
 Federverbindungen 52
 Feingußteile 42
 Fertigstraßen 29
 Fertigungsarten 87
 Fertigungsmöglichkeiten 93
 Fertigungsorganisation 85
 Fertigungsprinzipien 89

 Fertigungsverfahren, hochproduktive 66
 Fertigungsverfahren 62
 Fertigungszeit 23
 Fettschichten 45
 Flachkeilverbindung 50
 Fliehkraft 38
 Fließen 27
 Fließfestigkeit 92
 Formpressen 25, 28, 30
 Formstahlwalzstraßen 29
 Formtiefebene 37
 Forstwirtschaft 6
 Freifläche 20
 Freiwinkel 20
 Fügen 49, 57, 60
 Führungen 81
 Führungsleisten 73

 Galvanisieren 47
 Gasschweißen 55
 Gefügeständerung 109
 Gesamtprodukt 7
 Gesenkformen 25
 Gesenkpressen 28
 Gesenkschmieden 28
 Gewindeschneiden 20
 Gießen 37, 108
 Gleitfeder 52
 Glühen 109
 Großserien 88
 Gruppenantrieb 75

 Hämmern 29
 Handarbeit 102
 Handhebelschere 15
 Handkraft 16
 Handsteuerung 78
 Härte 108
 Härten 109
 Hartmetalle 40
 Hauptbewegung 18
 Heißluft-Schweißbrenner 55
 Herstellungskosten 83
 Hobelmaschine 18
 Hobelmeißel 71
 Hobeln 17

 Industrie 6, 9

 Keilhöhe 51
 Keillänge 51
 Keilspitze 18
 Keilverbindungen 50, 56
 Keilwinkel 19
 Klebverbindungen 58
 Kleinserien 88
 Kohasionskraft 14, 25
 Kohlenstoffgehalt 107
 Kooperation 9, 10
 Korrosion 44
 Korrosionsschutz 47
 Kraftbedarf 27
 Kurbelschleife, schwingende 77

 Lackschichten 45
 Leerhub 18
 Lichtbogenschweißen, offenes 54

 Maschinen, Einteilung der 81
 Massenfertigung 88
 Mechanisierung 102, 103
 Mehrmotorenantrieb 75
 Metallpulver 39
 Mittelserien 88

 Nacharbeit 17
 Nietverbindung 56

 Oberflächengüte 20
 Obermesser 16
 Öffnungswinkel 16

 Paßfederverbindung 52
 Planscheibe 72
 Prägen 32
 Pressen 39
 Pressenstößel 77
 Produktionsmittel 7
 Prozeß, technologischer 86
 Pulverkörner 40

 Qualität 12

 Reibfertigung 92
 Ringheizflamme 21

 Sägen 20
 Sandformguß 37
 Sandstrahlgebläse 38
 Sauerstoff 21
 Scherkraft 15, 16
 Schervorgang 15
 Schleuderguß 38
 Schmelzschweißen 54
 Schmelztemperatur 21
 Schmieden 32, 109
 Schneidbrenner 21
 Schneidspalt 16
 Schrottbewegung 70
 Schraubstock 72
 Schraubverbindung 56
 Schubkurbel 77
 Schweißbrille 55
 Schweißdraht 54
 Schweißverbindungen 54, 56
 Schwerkraft 38
 Serierfertigung 88
 Sintern 40
 Spanen 14
 Spanneisen 72
 Spritzen 45
 Stahl 107
 Standardisierung 57, 83
 Steiger 38
 Steuerelemente 68, 78
 Stiftverbindung 56
 Stillstandszeiten 100
 Stoff, formloser 36
 Strängeziehen 30, 32

 Tauchüberzüge 46
 Technologie 61
 Tiefziehen 31
 Trägerelemente 80
 Treibkeil 50
 Trennen 14, 59

 Übertragungselemente 68, 75
 Überzüge, aufgespritzte 46
 Überzüge, galvanische 46
 Umformen 25, 59
 Umformtechnik 35
 Umformverfahren 32
 Universalmaschinen 88
 Untermesser 16
 Urformen 59
 Urformverfahren 36, 41, 42

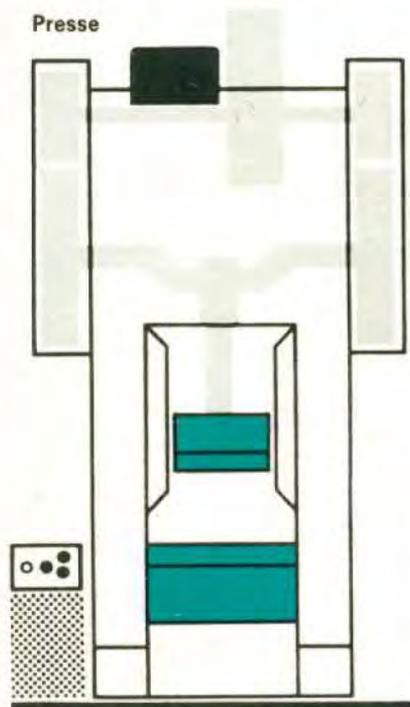
 Verbindung, formschlüssige 53
 Verbindung, stoffschlüssige 95
 Verbrennungskraftmaschine 75
 Verklammerung 40
 Verschleiß 44, 97
 Vorbehandlung, mechanische 45
 Vorschubbewegung 18, 70
 Vorspannkraft 51

 Waagrecht-Stoßmaschine 71
 Wachs-schichten 45
 Walzen 26
 Walzrichtung 26
 Warmformen 28
 Werkstanzprinzip 89
 Werkstoffe, metallische 105
 Werkstoffe, nichtmetallische 105
 Werkstoffe, schweißbare 55
 Werkstoffeigenschaften 29, 105
 Werkstoffein-satz, wirtschaftlicher 110
 Werkstückbewegungs-einrichtungen 72
 Werkstückspanneinrichtungen 72
 Werkzeugmaschinen 69
 Werkzeugschlitten 77
 Werkzeugbewegungs-einrichtungen 70
 Werkzeugspanneinrichtungen 70
 Wirkungsgrad 78
 Wirtschaftshilfe, gegenseitige (RGW) 84

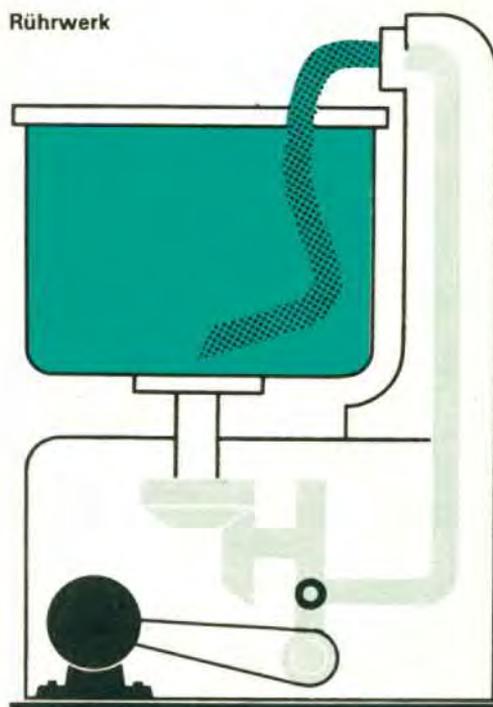
 Zahigkeit 108
 Zerspanen 109
 Zerteilen 14
 Ziehen 25
 Ziehgut 30
 Zugdruckumformung 25
 Zugfestigkeit 107
 Zustellbewegung 18, 70

Grundbaugruppen von Maschinen

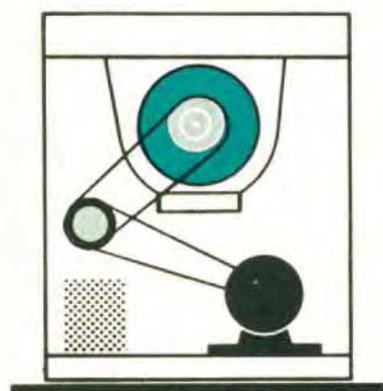
Presse



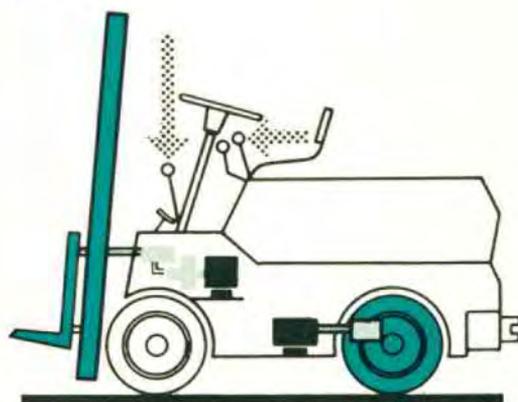
Rührwerk



Waschmaschine



Gabelstapler



 Antrieb

 Arbeitselemente

 Steuer- und Regeleinrichtung

 Gestell

 Übertragungselemente

Kurzwort: 06 07 03 Lehrb. ESP KI 7-8
Schulpreis DDR: 1,70