

Beschädigungen des Halbzeugs im Lager und bei der Eingangsprüfung, Zerspanung, Verformung, Warmbehandlung und Zusammenfügung, ferner durch Unbrauchbarwerden fertiger Geräte bei der Prüfung vor der Ablieferung entstehen. Hinzu kommen die durch Schwund, Diebstahl und Verlieren (von Muttern, Scheiben, Splinten und dgl.) entstehenden Verlustmengen. Die Größe dieser ganzen Verluste ist von der Organisation des Werks und dem Stand des Könnens der Belegschaft abhängig.

## VI. Materialverluste bei der Erzeugung

### Einleitung

Materialverlust und Materialvergeudung sind zwei grundverschiedene Vorgänge. Materialvergeudung kann zum Materialverluste führen, muß es aber nicht, führt dagegen immer zu einem Materialaufwand, der größer als der wirklich benötigte ist. Was aus dem so entstandenen Mehrmaterial wird, ob es später eine vollwertige, nicht vollwertige oder gar keine Verwendung zum Bauen findet und dann in den Schrottkasten wandert, hängt vom Einzelfall ab und ist konjunkturbedingt. Jedenfalls bedeutet jedes Zuviel an Material einen vorzeitigen Arbeitsaufwand, also für die Augenblickslage eine Stoff-, Arbeitsstunden- und Energievergeudung.

Die Materialverluste bei der Erzeugung haben im allgemeinen folgende Hauptursachen:

1. Materialmängel,
2. Konstruktionsfehler der zu erzeugenden Gegenstände,
3. Fertigungsfehler,
4. Vorgänge, die durch andere als die unter 1. bis 3. genannten Ursachen bedingt sind.

Die Grenzen zwischen diesen Hauptursachen lassen sich nicht immer eindeutig ziehen, wie die folgenden Einzelbetrachtungen der Materialverlustursachen und ihrer Vermeidung ergeben werden. Dadurch verlieren diese Dinge aber keinesfalls an Bedeutung.

Es ist praktisch unmöglich, eine Fertigung von der Hebung der Rohstoffe bis zur Ablieferung des erzeugten Gegenstandes ohne einen Materialverlust durchzuführen. Man kann aber die Verlustgröße durch eine ganze Anzahl überlegter Maßnahmen verringern. Zu ihnen gehören Erkennen der Ursachen und Verhüten ihrer Folgen.

Die Meinung, daß das oft auch durch Leichtsinns und Sorglosigkeit unbrauchbar gewordene Metall ja nicht verloren ist, weil man es wieder einschmelzen kann, ist durchaus abwegig und eine zurückweisende Entschuldigung, denn der größte Teil in die Fertigung des Ausschuß gewordenen Materials bis zum Zeitpunkt seines Unbrauchbarwerdens

hingesteckte Aufwand an Lohn, Maschinenleistung, Hilfsmaterial und Zeit ist unwiederbringlich verloren.

Die Materialverlustminderung muß bereits durch Einschränkung des Aufwands bei der Herstellung der Rohstoffe und durch Verringerung des Abfalls bei der Herstellung der Halbzeuge und Rohlinge begonnen werden. Der Erfolg wird hierbei meistens größer sein, als bei einer der darauf folgenden Verarbeitungsstufen, weil die Materialmenge und daher auch die Abfallmenge bei den ersten Verarbeitungsstufen naturgemäß am größten ist. Das darf jedoch nicht zu einer Vernachlässigung der Gelegenheiten führen, die Materialverluste, auch die kleinsten, bei allen folgenden Verarbeitungsstufen zu bekämpfen.

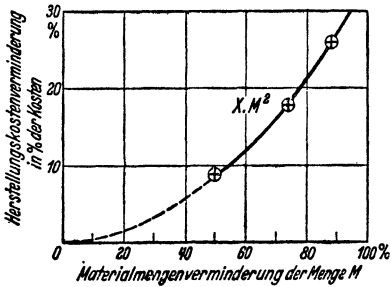


Abb. 29. Herstellkostenverminderung durch Materialmengenminderung. Beispiel.

Solange von dem in die Werkstätten gegebenen Material im Gesamtdurchschnitt nur etwa 45% im Fertigteil verbleiben und etwa 55% Abfall irgendeiner Art werden, ist in der ungenügenden Materialausnutzung die größte Verlustquelle zu sehen, nicht nur in Bezug auf das verarbeitete Material, sondern auch in Bezug auf Werkzeuge, Werkzeugmaschinen, Schmieröl, Eltstrom usw.

Mit der Materialmenge in einem Gegenstand sinken im allgemeinen auch die gesamten Herstellkosten, zu denen ja auch die Materialkosten etwa in den in Abb. 29 für einen bestimmten Fall angegebenen Prozentsätzen gehören.

### Materialausnutzungsgrad

Materialausnutzungs- und Materialverlustgrad hängen naturgemäß direkt voneinander ab. Der Verlust tritt bei jeder Verarbeitungsstufe des Materials vom Rohstoff bis zum Fertigteil ein.

Die für irgendeinen Zweck aufzuwendende Materialmenge mit dem Gewicht  $G$  wird sich stets aus einer dafür nutzbaren Menge  $G_N$  und einer Abfallmenge  $G_A$  zusammensetzen. Der Ausnutzungsgrad ist daher in jedem Falle allgemein

$$A = \frac{G_N}{G_N + G_A} = \frac{G_N}{G}.$$

Angaben über den Begriff des Abfalles siehe S. 10.

Das Ziel der Materialwirtschaft muß sein,  $A$  möglichst groß zu machen. Seine Größe liegt in Wirklichkeit zwischen 0 und 1, erreicht 1 aber wohl in keinem Falle. Es kann als Zeichen einer guten

Materialwirtschaft angesehen werden, wenn  $A$  näher 1 als 0 liegt. Der Verlustgrad ist allgemein  $V = 1 - A$ .

Es ergeben sich für die einzelnen Verarbeitungsstufen folgende Ausnützungsgrade:

Bei der Erzeugung der Grundstoffmenge  $G_G$  aus anorganischen Rohstoffen im Gewicht  $G_R$

$$A_R = \frac{G_G}{G_R}.$$

Bei der Erzeugung der Werkstoffmenge  $G_W$  aus Grundstoffen im Gewicht  $G_G$

$$A_G = \frac{G_W}{G_G}.$$

Bei der Erzeugung der Halbzeug- oder Rohlingmenge  $G_H$  aus Werkstoffen im Gewicht  $G_W$

$$A_W = \frac{G_H}{G_W}.$$

Bei der Erzeugung der Fertigteilmenge  $G_F$  aus Halbzeugen oder Rohlingen im Gewicht  $G_H$

$$A_H = \frac{G_F}{G_H}.$$

Es ist demnach der Gesamtausnützungsgrad des Rohstoffes bei der Erzeugung

des Werkstoffs aus dem Grundstoff  $A = A_R \cdot A_G$ ,

des Halbzeugs oder Rohlings aus dem Werkstoff  $A = A_R \cdot A_G \cdot A_W$ ,

des Fertigteils aus dem Halbzeug oder Rohling  $A = A_R \cdot A_G \cdot A_W \cdot A_H$ .

Beispiel:

Für einen aus einem Rundstahl durch Zerspanen hergestellten Bolzen kommen etwa folgende Ausnützungsgrade zur Berechnung:

$$A_R = 0,40$$

$$A_G = 0,75$$

$$A_W = 0,80$$

$$A_H = 0,40$$

$$\text{also: } A = 0,4 \cdot 0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,40 = 0,096 \text{ rund } 0,10$$

$$\text{und } V = 1 - A = 1 - 0,10 = 0,90.$$

Fertigt man diesen Bolzen durch Stauchen des Kopfes aus blankgezogenem Rundstahl, dann steigt  $A_H$  auf rund 0,95 — und dadurch wird

$$A = 0,228 \text{ rund } 0,23 \text{ und } V = \text{rund } 0,77.$$

Diese Verlustgrade gelten nur bei normalem Ablauf der Herstellung.

Beginnt man die Verlustermittlung mit dem Vorgang, der als Beginn der eigentlichen Formgebung anzusehen ist, also mit der Fertigung der Halbzeuge und Rohlinge, was vielfach üblich ist, dann erhält man

kleinere Verlustgrade, ohne daß sich dadurch der wirkliche Materialverlust vermindert. Neben dem Ausnützungsgrad  $A_{Rt}$  des Rohteils gibt auch der Ausnützungsgrad des Einsatzmaterials

$$A_E = \frac{G_F}{G_E},$$

worin

$$G_E = G_F + G_T + G_B + G_S$$

ist, (siehe S. 59), einen guten Überblick über die in der Praxis festgestellte Ausnützung der eingesetzten Materialmenge. Tabelle 37 bietet Richtwerte für die beiden Ausnützungsgrade  $A_{Rt}$  und  $A_E$  nach den vorliegenden Erfahrungen. Man erkennt aus den Zahlen die großen Schwankungen der naturgemäß von der Halbzeug- und Rohlingsart, der Form des Einzelteils und dem Fertigungsverfahren abhängenden Ausnützungsgrades.

### Verluste durch Materialmängel

**Verluste bei der Gewinnung der Grund- und Werkstoffe.** Die Größe der Ausbeute an Grund- und Werkstoffen hängt vom Gehalt der Rohstoffe an diesen Stoffen ab und schwankt oft in weiten Grenzen. Zum Beispiel beträgt der Eisengehalt der deutschen Erze im Mittel 40%, der der schwedischen, spanischen und marokkanischen dagegen bis 60%. Eine Gewichtstonne Bauxit liefert nur etwa 200 bis 280 kg Aluminium, deutscher Ton meistens noch weniger. Nicht jedes der gewonnenen Erze eignet sich zur Herstellung von hochwertigen Werkstoffen, bei denen besonders auf einen hohen Reinheitsgrad Wert gelegt werden muß.

Beim Schmelzen der Metalle entsteht ein Abbrand, der z. B. beim Stahlschmelzen nach dem Bessemer- oder Thomas-Verfahren etwa 10 bis 15% beträgt.

Die Verbesserung des Ausnützungsgrades  $A_R$  ist daher durch weitgehende Aufbereitung der Erze und Anreicherung armer Erze, durch Verbesserung der Verhüttungsverfahren, Verringerung der dabei entstehenden Materialverluste und durch restlose Gewinnung und Verwendung der Nebenprodukte zu erreichen, wenn in den Erzen die in Deutschland seltener vorkommenden Metalle, wie Wolfram, Nickel usw., enthalten sind, selbst wenn es sich dabei um kleine Gehalte handelt.

Entsprechende Vorgänge werden auch bei nichtmetallischen Stoffen die Verluste vermindern.

Mißlungene Legierungen, die zu mangelhaften Festigkeitseigenschaften führen, falsche Warmbehandlungen, ungleichmäßiges Gefüge usw. verursachen Materialmehraufwand und Verlust.

Tabelle 37. Verhältnis des Fertiggewichtes zum Rohteil- und Einsatzgewicht bei den verschiedenen Herstellungsverfahren.

Gegenstand	$A_{Rt} = \frac{G_F}{G_{Rt}}$	$A_E = \frac{G_F}{G_E}$
Sandgußteile aus Stahl . . . . .	0,70 <sup>1</sup> —0,85—0,90	0,10—0,20 <sup>2</sup>
aus Leichtmetall . . . . .	0,70 <sup>1</sup> —0,80—0,90	0,20—0,35—0,45 <sup>2</sup>
Kokillengußteile aus Leichtmetall . .	0,70—0,80	0,30—0,40 <sup>2</sup>
Spritzgußteile . . . . .	0,95—0,98	0,60—0,75 <sup>2</sup>
Freiformschmiedeteile ohne größere Zerspanung . . . . .	0,75—0,85—0,95	0,65—0,75—0,85
Gesenkschmiedeteile aus Stahl über 1 kg Gewicht allseitig bearbeitet:		
Flache Umdrehungskörper . . . . .	0,30—0,50—0,75	0,20—0,40—0,65
Lange Umdrehungskörper . . . . .	0,75—0,80	0,60—0,70
Pleuelstangen . . . . .	0,35—0,50	0,28—0,35
Kurbelwellen, hohle . . . . .	0,30—0,33	0,12—0,23
Kurbelwellen, volle . . . . .	0,75—0,80	0,60—0,70
aus Leichtmetall . . . . .	0,50—0,75—0,85	0,20—0,35—0,55
Teile gefertigt durch Zerspanen von		
Rundstangen . . . . .	0,20—0,30	0,15—0,25
Sechskantstangen . . . . .	0,20—0,30—0,45	0,17—0,40
Vierkant- und Flachstangen . . . .	0,40—0,50—0,6	0,35—0,45—0,55
Strangpreßprofilen . . . . .	0,35—0,45 <sup>3</sup>	0,33—0,43 <sup>3</sup>
Teile von Rohren und Profilstangen ab- geschnitten, ohne Querschnitts- änderung . . . . .	0,85—0,95	0,80—0,90
Teile aus Blech gefertigt durch Aus- schneiden und Abkanten:		
Einfache Teile ohne Löcher . . . .	0,75—0,85—0,95	0,55—0,70—0,80
Einfache Teile ohne große Löcher	0,60—0,80—0,90	0,45—0,65—0,75
Teile mit großen Löchern und Aus- schnitten . . . . .	0,30—0,40—0,50	0,25—0,35—0,45
durch Ausschneiden und Form- stanzen:		
Einfache Teile ohne große Löcher	0,65—0,75—0,85	0,50—0,60—0,70
Teile mit großen Löchern und Aus- schnitten . . . . .	0,25—0,40—0,50	0,20—0,30—0,45
Tiefziehteile . . . . .	0,50—0,60—0,70	0,40—0,50—0,60
Streckziehteile . . . . .	0,35—0,50—0,60	0,25—0,40—0,50

Anmerkungen: Die in der Mehrzahl der Fälle festgestellten Werte sind durch schrägen Druck hervorgehoben.

<sup>1</sup> In größerem Umfang zerspannt.

<sup>2</sup> Das für die Trichter, Steiger und Kanäle benötigte zusätzliche Material wird wieder eingeschmolzen, ist also zum Teil Rückgewinn an Einsatzmaterial.

<sup>3</sup> Bei Zerspanung in größerem Umfang. Im anderen Falle wie bei Stangen.

**Verluste bei der Herstellung der Halbzeuge.** Die Werkstoffverluste bei der Herstellung der gewalzten, gezogenen und gepreßten Stangen, Profile, Rohre, Drähte und Bleche entstehen durch Abbrand, verlorene Köpfe der Walzblöcke, Einwalzen von Schlacken, Abhobeln der Walzblöcke vor dem eigentlichen Beginn der Halbzeuherstellung, ferner bei der Herstellung durch Arbeitsausschuß, beim Kantenbeschneiden der Bleche in Tafel- und Bandform auf Norm- oder Festmaße, beim Beschneiden der Stangen-, Profil- und Rohrenden, ferner durch die Tabelle 38. *Werkstoffausnutzungs- und -verlustgrade bei der Herstellung von Halbzeugen aus Stahl. Richtwerte.*

Halbzeug	Ausnutzungsgrad $A_W$	Verlustgrad $V$
Gewalzte Stangen und Profile . . . . .	0,77—0,83	0,23—0,17
Gasrohr . . . . .	0,69—0,74	0,31—0,26
Warmgepreße Qualitätsrohre . . . . .	0,56—0,69	0,44—0,31
Präzisionsrohr . . . . .	0,50—0,65	0,50—0,35
Blech in Tafelform mit beschnittenen Kanten	0,69—0,75	0,31—0,25
Blech in Bandform mit Naturkanten . . .	0,73—0,77	0,27—0,23
mit beschnittenen Kanten	0,67—0,72	0,33—0,28

Anforderungen, die an die Maßgenauigkeit und Oberflächenbeschaffenheit der Halbzeuge gestellt werden. Manchmal treten auch Verluste durch falsches Abwalzen, falsche Warmbehandlung der fertigen Halbzeuge und dgl. ein. Da die zulässigen Grenzen der Warmbehandlungstemperaturen der Leichtmetalle enger liegen als die der Stähle, entsteht beim Warmbehandeln der ersteren mehr Ausschuß.

Aus den Angaben der Tabelle 30 über die Größe der Werkstoffeinsetzung im Verhältnis zum Gewicht des fertigen Halbzeugs aus Stahl ergeben sich die in der Tabelle 38 verzeichneten Ausnutzungsgrade  $A_W$  und die ihnen entsprechenden Verlustgrade bei der Herstellung der Halbzeuge aus Stahl. Bei den anderen Metallen liegen diese Verhältnisse ähnlich.

Bei stranggepreßten Stangen und Profilen aus Bunt- und Leichtmetall ist der Ausnutzungsgrad  $A_W$  etwa 0,75 bis 0,82 und der Verlustgrad dementsprechend 0,25 bis 0,18, weil beim Strangpressen an beiden Stangenenden Teile wegen des gewöhnlich schlechteren Gefüges und der abweichenden Maße abgeschnitten werden müssen und ein Restblock bleibt.

Beim Schneiden von Halbzeugen aus Brettern und Bohlen, beim Schälen der Baumstämme zur Herstellung der Sperrholzplatten und dgl. entstehen durch die Späne, das Besäumen und Ausschneiden der von Aststellen durchsetzten Holzteile usw. zum Teil recht erhebliche Materialverluste. Bei der Bearbeitung des als Werkstoff verwendbaren Holzes kann in Sägewerken mit einem Abfall von 30 bis 35% und in

der Holzverarbeitenden Industrie bei der Fertigung von Möbeln, Kisten, Fässern und dgl. mit einem weiteren Abfall von 25 bis 30% gerechnet werden, so daß bei massivem Holz im Durchschnitt mit einem Ausnutzungsgrad von 0,45 bis 0,53, also einem Verlustgrad von 0,55 bis 0,47 zu rechnen ist. Bei hohen Güteanforderungen sinkt der Ausnutzungsgrad auf 0,20 bis 0,25 und tiefer.

**Verluste bei der Herstellung der gegossenen Rohlinge.** Da bei den Gußteilen die Einsatzmenge im Verhältnis zum Rohlingsgewicht erheblich größer ist als bei Teilen, die nach einem anderen Verfahren mit dem gleichen oder angenähert gleichen Rohlingsgewicht hergestellt werden, so sind auch die Verluste bei der Herstellung gegossener Rohlinge entsprechend größer als z. B. beim Schmieden.

Die Verluste entstehen in der Hauptsache durch den Abbrand des geschmolzenen Metalls, dessen Größe natürlich von der Menge des eingesetzten Materials abhängt, und durch den Ausschuß, der bei etwas verwickelten Teilen zwischen 10 und 30% der gut ausfallenden Stücke, in einigen Fällen erheblich mehr, in anderen auch etwas weniger beträgt.

Der Ausschuß entsteht durch ungenügende Füllung der Form, durch Kernverlagerungen, Lunker- und Porenbildung, Schlackeneinschlüsse, Spannungsrisse, Zerschlagen beim Putzen, Transportbruch und dgl. Er kann daher sowohl eine Folge der Konstruktion als auch des Herstellungsverfahrens des Gusses sein und von den Erfahrungen der Gießerei abhängen. Das zeigen zahlreiche Beispiele, bei denen beim gleichen Sandgußteil die Ausschußquote der verschiedenen Gießereien zwischen 2 und 20%, 9 und 30%, 15 und 64% der Zahl der guten Stücke geschwankt hat. Beim Kokillen- und Spritzguß sind die Ausschußzahlen durchschnittlich kleiner. Das hängt meistens mit der eingehenderen, wegen der Mengenfertigung dieser Teile auch dringend notwendigen Erprobung der Formen und dem besseren Abstimmen der Gestalt mit dem Arbeitsverfahren zusammen.

**Verluste bei der Herstellung der geschmiedeten und im Gesenk gepreßten Rohlinge.** Diese Rohlinge werden aus Material hergestellt, das vorher aus gegossenen Blöcken zu Knüppeln oder Stangen verformt worden ist, wobei durch Abbrand, verlorene Köpfe und Abhobeln zum Teil erhebliche Materialabfälle entstanden sind.

Bei der eigentlichen Rohlingsherstellung werden die hauptsächlichsten Verluste durch den Abbrand, bei dem zum Teil mehrfach wiederholten Erwärmen auf Schmiede- oder Preßtemperatur, durch den Grat beim Gesenkschmieden und -pressen und durch den Ausschuß verursacht. Um diesen Ausschuß zu vermindern, müssen Herstellungsfehler bereits beim Gußblock vermieden werden, damit er nicht Blasen, oxydische Einschlüsse, Seigerungen usw. enthält. Vor dem Strangpressen des Vormaterials ist der Gußbarren von den Gußhautresten zu befreien,

sonst wandern diese Oxydschichten beim Pressen in die Stange und erzeugen den sogenannten Zweiwachs des Halbzeugs. Beim Pressen muß die Längsfaser des Halbzeugs stets in der Richtung der größten Beanspruchung liegen, damit das fertige Stück auch den Anforderungen entspricht. Zur Vermeidung von Rißbildungen in der Gratnaht darf diese möglichst nicht aus einem dicken Teil des Querschnitts heraustreten. Die Gratkante muß gut abgerundet und die Gratnaht abgeschrägt sein. Da Leichtmetallpreßteile recht zähe sind, kann bei ihnen der Grat nicht, wie sonst üblich, abgeschlagen, sondern muß abgesägt oder abgefräst werden.

Beim eigentlichen Gesenkschmieden und -pressen beträgt der Abbrand etwa 3 bis 6%, je nach der Zahl der Glühungen des Teils während der Verformung, der Stangenabfall etwa 5% und der Späneverlust beim Absägen des Vormaterials von der Stange etwa 3% der Einsatzmenge, während die Ausschußquote im allgemeinen zwischen 3 und 5% liegt, so daß ohne den Gratverlust mit einem Verlust von 14 bis 19% der Einsatzmenge zu rechnen ist.

Die Größe des Gratabfalls beträgt je nach dem Gewicht und der Form des Rohlings 10 bis 35% des Einsatzgewichts, so daß bei Gesenkschmiede- und Gesenkpreßteilen ein Materialgesamtabfall von etwa 25 bis 50% entstehen kann, der bei Teilen mit anschließender Zerspanung noch entsprechend höher ist (siehe Tabelle 37, S. 93).

### **Verluste durch konstruktive Maßnahmen**

Die Konstruktion eines zu fertigenden Gegenstandes bestimmt die zur Fertigung notwendigen Betriebsanlagen, Fertigungsmittel und -verfahren und stellt die Forderungen an das Leistungsvermögen des Unternehmens. Was durch richtige Konstruktion eines zu bauenden Gegenstandes an Arbeit zur Materialbeschaffung und Formgebung erspart werden kann, ist von vornherein als ein Gewinn anzusehen. Er kann jedoch durch Verluste infolge falscher Fertigungsvorgänge im Betriebe nicht nur wieder ausgeglichen, sondern in das Gegenteil verwandelt werden.

Man ist es vielfach noch gewohnt, in dem Konstruktionsingenieur, als dem Gestalter der Erzeugnisse schlechthin, den Urheber der Materialverluste bei ihrer Fertigung zu sehen und in erster Linie von ihm Rationalisierungsmaßnahmen, wie weitgehende Vereinheitlichung der Ausführungsformen, Typenbeschränkung, Verwendung genormter Einzelteile, Beschränkung der Halbzeugsorten usw., zu verlangen. Zweifellos ist durch solche Maßnahmen, an richtiger Stelle angewendet, manche Einsparung zu erreichen. Daß aber zum Teil wesentlich größere Materialverluste durch Vorgänge entstehen, auf die der Konstrukteur direkt keinen Einfluß nehmen kann, ist aus den vorangegangenen und folgenden Erörterungen zu entnehmen.



Auch die in diesem Abschnitt behandelten Materialverlustursachen durch Konstruktionsfehler sind nicht alle durch den Konstrukteur zu verhindern, dessen Tätigkeit ja nicht nur auf das Herausbringen technisch möglichst vollkommener Erzeugnisse gerichtet sein, sondern auch zum wirtschaftlichen Bestehen des ihn bezahlenden Fertigungsunternehmens beitragen muß. Und dieses Bestehen unterliegt immer dem entscheidenden Einfluß der Abnehmer der Erzeugnisse. Sie sind oft an dem Entstehen von Konstruktionsfehlern und ihren Folgen mit-

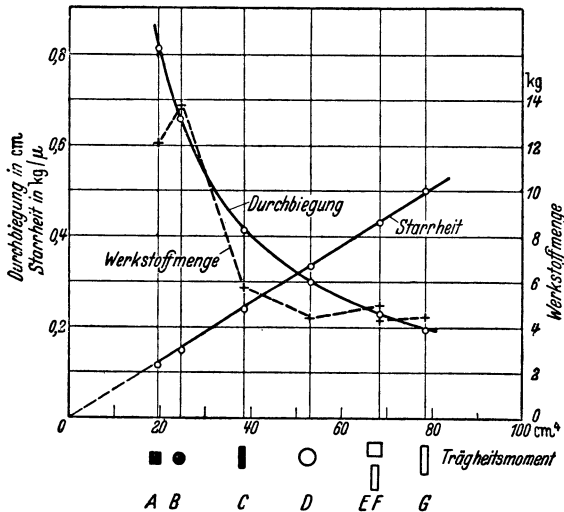


Abb. 30. Starrheit, Durchbiegung und Werkstoffmenge. Siehe Tabelle 39.

schuldig, ohne es zu wissen und wahrhaben zu wollen. Konjunktur- und andere Zeitverhältnisse spielen dabei vielfach eine ausschlaggebende Rolle.

**Gestaltung und Materialmengenaufwand.** Die aufzuwendende Materialmenge wird durch die Gestaltung des zu fertigenden Gegenstandes und durch das Fertigungsverfahren bestimmt und von beiden wechselseitig beeinflusst. Beide Verlustquellen sind daher gleichzeitig zu beobachten und aufeinander abzustimmen.

Die Verluste entstehen bei normalem Fertigungsablauf durch Abfälle beim Zerspanen und Verformen der Halbzeuge und Rohlinge, durch Arbeits- und Materialausschuß bei den Teilen in den verschiedenen Fertigungsstadien der Einzelteilherstellung und bei dem Zusammenbau. Sie werden im allgemeinen bei der ein- oder wenigmaligen Fertigung des Gegenstandes, z. B. während der Entwicklung und der Vorbereitung desselben zum Reihenbau, größer ein, als sie bei diesem selbst jemals sein dürfen.

Tabelle 39. Durchbiegung, Steifheit und Werkstoffmenge bei einem einseitig eingespannten Balken mit den in Abb. 30 angegebenen verschiedenen Querschnitten und belastet mit einer Einzelkraft von 100 kg an einem Hebelarm von 100 cm. Elastizitätszahl = 2100000 kg/cm<sup>2</sup>.<sup>1</sup>

Querschnittsform (siehe Abb. 30) Maße in mm	Trägheitsmoment cm <sup>4</sup>	Durchbiegung cm	Steifheit kg/μ	Werkstoffmenge	
				kg	%
A 47 ∅	24	0,66	0,15	13,6	100
B 39 × 39	19,3	0,82	0,12	12,0	88
C 80 × 9	38,4	0,41	0,24	5,7	42
D 90 × 2	53,5	0,30	0,33	4,3	32
E 80 × 80 × 2	63,5	0,25	0,40	4,8	35
F 105 × 40 × 2	76,6	0,21	0,48	4,4	32
G 100 × 40 × 2	68	0,23	0,43	4,2	31

Die zu große Materialmenge entsteht an sich nicht durch ein großes Gewicht des fertigen Gegenstandes, wengleich dieses auf die Materialmenge von Einfluß, aber meistens durch die Forderungen an die Leistung des Gegenstandes gegeben ist, sondern durch den nicht gerechtfertigten Aufwand an Ausgangsmaterial. An ihm zu sparen ist eine der wichtigsten Aufgaben, und zwar ohne Rücksicht darauf, ob es dabei um sogenannte Sparstoffe (Fremdstoffe, Engpaßstoffe) oder um Stoffe geht, die in genügender Menge vorhanden sind, denn das Ziel muß in jedem Falle die Verminderung der Materialmenge und damit die der Arbeitsstunden vom Heben des Rohstoffes an sein.

Dem Versuch, Material bei der Fertigung von Gegenständen nach vorhandenen Konstruktionen einzusparen, muß die Prüfung derselben auf die Möglichkeit der Mengenverminderung durch Konstruktionsänderung vorangehen. Sie wird oft zu einer beachtlichen Mengensenkung führen. Es ist aber noch keine Materialeinsparung erreicht, wenn z. B. in einen Träger Erleichterungslöcher eingeschnitten oder eine Welle hohlgebohrt wird, um das Fertiggewicht zu vermindern. Sehr belehrend sind die Angaben der Tabelle 39 über die Materialmengen bei den verschiedenen Lösungen der gleichen Aufgabe.

Ein eingehendes Studium der beanspruchenden Kräfte und die experimentelle Nachprüfung der Ergebnisse der technischen Rechnungen führen oft zur Verminderung von Wanddicken. Bei ihrer Bemessung spielen natürlich auch die verlangte Lebensdauer des Gegenstandes, der zerstörende Einfluß von Dämpfen, Flüssigkeiten usw. mit Rücksicht hierauf eine Rolle, so daß Wanddicken oft größer gemacht werden müssen, als sie auf Grund der mechanischen Beanspruchungen zu sein brauchten.

Es darf nicht Ziel der Lösung einer Konstruktionsaufgabe sein, den Gegenstand so zu gestalten, daß er z. B. einer Probelastung standhält, sondern er muß sich allen Beanspruchungen gegenüber bewähren,

<sup>1</sup> Nach G. Krug: Z. VDI Bd. 84 (1940) Nr. 1.

denen er bei der späteren praktischen Verwendung während einer angemessenen Anzahl von Jahren voraussichtlich ausgesetzt sein wird. Aus diesem Grunde ist es, wenn man das Problem der Materialwirtschaft vollständig durchdenkt, werkstoffwirtschaftlich richtiger, die zulässigen Spannungen auf die in Frage kommende Streckgrenze und Dauerfestigkeit und nicht auf die Zugfestigkeit des Werkstoffes zu beziehen, damit bei den meistens ungleichförmig beanspruchten Bauteilen unzulässig große Verformungen und Dauerbrüche mit Sicherheit vermieden werden, die zu einem vorzeitigen erneuten Werkstoffaufwand für den gleichen Gegenstand führen.

Es kommt bei der sicheren Aufnahme der einwirkenden Kräfte nicht nur auf die das Gewicht mitbestimmende Größe einer Querschnittsfläche, sondern auf die Verteilung dieser Fläche und die dadurch erzielte Gestaltungsfestigkeit an. Auch andere, rein konstruktive Maßnahmen können Materialmengeneinsparungen bringen, z. B. ist die Wärmeableitung der Metalle an das Wasser besser als an die Luft.

Auch den kleinsten Einsparungsmöglichkeiten an einem Teil ist die volle Aufmerksamkeit zu schenken. Wenn bei dem einzelnen Teil, z. B. an elektrischen Schaltern die Größe der Kontakte aus Edelmetall vermindert, bei Zündkerzenelektroden einige Gramm Nickel eingespart werden, dann erreicht man bei den gewöhnlich sehr hohen Stückzahlen dieser Gegenstände im Jahr im ganzen eine wesentliche Materialmengeneinsparung.

Die Beseitigung der unnötigen Übermaße von Einzelteilen hat im Laufe der technischen Entwicklung oft zu wesentlichen Materialeinsparungen ohne untragbare Folgen geführt. Ein gutes Beispiel dafür ist die Materialaufwandsverminderung durch die Verringerung der Mutternhöhe von  $1d$  auf  $0,8d$  und der Schlüsselweite gewesen. Sie hat bei der außerordentlich großen Anwendung der Muttern der deutschen Industrie eine jährliche Materialeinsparung von vielen tausend Tonnen ergeben.

Vielfach ist die Meinung verbreitet, daß beachtliche Materialeinsparung durch die sogenannte spanlose Fertigung und eine dementsprechende Konstruktion des herzustellenden Gegenstandes erzielt werden kann. Die Wahl eines Fertigungsverfahrens ist natürlich an bestimmte Bedingungen gebunden, und es kommt nicht so sehr darauf an, ob Späne entstehen oder nicht, sondern wie groß der Materialabfall bei der Fertigung eines Gegenstandes ist und ob dieser allen Anforderungen bei der Verwendung während einer ausreichend langen Zeit entspricht. Siehe auch S. 190.

Abfälle sind bei jeder Fertigungsweise vorhanden, sie lassen sich nicht vermeiden. Man vermag aber die Gestaltung so zu wählen, daß die Form der Rohteile möglichst nahe an die Fertigteile gebracht werden

kann, um mit geringen Bearbeitungszugaben auszukommen. Dabei spielen Form und Maße des verwendeten Halbzeugs oder Rohlings oft eine ausschlaggebende Rolle. Angegossene Zapfen, Knaggen und dgl., die das Aufspannen eines Werkstückes zur Bearbeitung ermöglichen sollen, bilden ein zusätzliches Material, das mit zerspannt oder abgestochen wird und in den Schrottkasten wandert.

Es ist durchaus nicht gleichgültig, ob eine gewisse Abfallmenge durch Späne oder Halbzeugsabschnitte entsteht. Neues Blech ist je

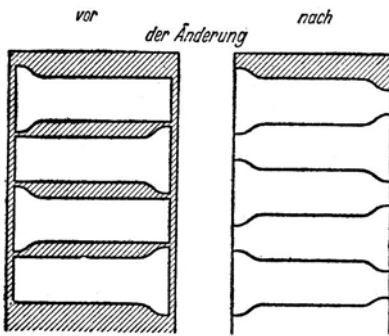


Abb. 31. Materialersparnis von 25% durch Gestaltungsänderung einer Schelle.

Kilogramm billiger als eine Stange oder ein Rohr. Das Einschmelzen von Spänen, die besonders bei der Zerspannung von Stangen anfallen, bringt einen größeren Verlust durch Abbrand als das Einschmelzen von Blechschnitzeln, Stangenabschnitten u. dgl. Die Stangenausnutzung ist gewöhnlich schlechter als die Blechausnutzung. Trotzdem Stangen billiger sind als Rohre, kann es wirtschaftlicher sein, für ein Hohlteil ein gezogenes Rohr zu verwenden als eine Stange aus-

zubohren. Selbst wenn dann die Materialkosten gleich groß sind, werden die sich aus Material-, Eigenlohn- und Gemeinkosten zusammensetzenden Herstellkosten bei der Rohrverwendung niedriger sein als bei dem aus dem Vollen herausgearbeiteten Teil. Ein bezeichnendes Beispiel bringt Abb. 41, S. 121. In diesem Falle hatte die Umstellung eine Verbilligung der Fertigung in Höhe von etwa 23% zur Folge.

Ein Beispiel guter Materialausnutzung durch eine darauf ausgerichtete Gestaltung des Einzelteiles zeigt Abb. 31<sup>1</sup>. Durch eine an sich geringfügige Änderung der dargestellten Befestigungsschelle wurden etwa 25% Material und 22% Gesamtkosten eingespart. Weitere Beispiele materialsparender Gestaltung von Blechteilen bietet die AWF-Schrift 5971<sup>2</sup>.

**Unrichtige Werkstoffwahl.** Es ist erforderlich, die gedankenlose, ohne zwingenden Grund vorgenommene Verwendung von gewissen Werkstoffen zu bekämpfen. Sie werden manchmal wegen des besseren Aussehens des daraus hergestellten Gegenstandes oder wegen leichter Bearbeitbarkeit gewählt. In jedem Falle muß streng geprüft werden,

<sup>1</sup> Lüpfer, H. Dr.-Ing.: Werkstoffumstellung und Werkstoffersparung im Fingerätebau. Z. VDI Bd. 84, 1940, Nr. 50.

<sup>2</sup> Richtlinien für Werkstoffersparnis bei Schnitt- und Stanzteilen. Ausgearbeitet vom Ausschuß für Stanzereitechnik beim AWF.

ob die Verwendung eines teureren oder schwer beschaffbaren Werkstoffes unumgänglich nötig ist. Einsparmaßnahmen haben z. B. ergeben, daß man einen ausreichend haltbaren Weichlötstoff mit der Hälfte des bisher üblichen Zinnanteils erhält. Die Verwendung von Chrom-Nickel-Stahl läßt sich durch Vergüten oder Einsatzhärten von nicht legierten Stählen, Spannungsspitzen lassen sich durch andere Formgebung und glattere Oberfläche vermeiden. Manchmal erreicht man dadurch auch eine längere Lebensdauer.

Es ist zweifellos sehr verlockend für den auf Verminderung des Fertigteilegewichtes hinarbeitenden Konstrukteur, die höchsten Festigkeitseigenschaften eines Werkstoffes auszunutzen. Dieser Vorgang ist aber mit großem Risiko verbunden. Je höher die Ansprüche, desto geringer die ihnen genügenden Mengen, desto größer also auch der Materialausschuß. Bei großen Rädern können z. B. die Radkränze aus hochwertigem, die Speichen und Naben aus geringwertigem Werkstoff angefertigt werden. Das Umstellen massiver Kontakte aus Edelmetall (Platin, Silber usw.) in elektrischen Geräten auf Bimetall (Verbundstoff) bringt erhebliche Mengeneinsparung an Edelmetallen. Oft genügt auch eine Auflage aus Edelmetall von einigen Hundertstel Millimeter Dicke. Die Erfahrung hat gelehrt, daß durch diese Maßnahmen neben einer Verbilligung auch eine Erhöhung der Festigkeit der Kontaktteile, eine geringere Wärmeentwicklung am Kontaktpol infolge des kleineren elektrischen Widerstandes und dadurch eine größere Betriebssicherheit und längere Lebensdauer erreicht wird.

Stahl durch Leichtmetall zu ersetzen, ist in allen den Fällen unwirtschaftlich, in denen die Verminderung des Gesamtgewichts des zu fertigenden Gegenstandes keinen besonderen Vorteil bringt.

Für den Leichtbau bieten bei Zugbeanspruchung die Leichtmetalle trotz ihrer geringeren Wichte gegenüber Stahl von mehr als 110 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit keinen Vorteil.

Drohende Korrosionsermüdung durch Einfluß von Gasen und Flüssigkeiten, die Ursache vieler Betriebsschäden, kann nicht durch Verwendung von Kohlenstoffstahl höherer Festigkeit oder legiertem Stahl verhütet werden, denn bei Korrosionsermüdung haben diese Stähle keine wesentlich höhere Dauerfestigkeit als weiche Kohlenstoffstähle.

Der Austausch des Kupfers durch andere Metalle in leitenden Geräten und Anlagen ist oft mit beachtlichen technischen Nachteilen verbunden. Der Austausch bedingt einen schlechteren Wirkungsgrad oder eine Vergrößerung der Maße der Geräte und Maschinen und aus beiden Gründen eine Verschlechterung der Güte. Dieser Nachteil ist bei der Verwendung von Cupal (Aluminium, kupferplattiert) nicht so groß.

**Guß- und Gesenkschmiede- und Gesenkpreßteile.** Diese Teile beschleunigert in der Reihen- und Massenfertigung die Erzeugung, werden

aber meistens wertlos, wenn Konstruktionsänderungen eintreten oder die Fertigung auf andere Gegenstände oder Abwandlungen der bisher erzeugten umgestellt wird. Mit den Teilen werden dann auch die zugehörigen Gußmodelle, Kernkästen und Gesenke überflüssig, die meistens erhebliche Beschaffungskosten, also auch einen entsprechenden Materialaufwand verursacht haben.

Ob es zweckmäßiger ist, ein dafür geeignet gestaltetes Teil nach dem einen oder andern Verfahren herzustellen, kann bei ausreichender Erfüllung der technischen Forderungen immer nur durch eine Wirtschaftlichkeitsrechnung entschieden werden, deren Ergebnis natürlich auch von den Materialkosten abhängt. Bei gewöhnlichem Grauguß beträgt das Gewicht der verkaufsfertigen Ware etwa 60 bis 70% des eingesetzten Werkstoffs, während diese Zahl bei Temperguß nur etwa 35% beträgt, weil dann beim Gießen mehr Steiger benötigt werden. Diese Verhältnisse sind dagegen günstiger beim Schleuderguß, der außerdem wesentliche Festigkeitssteigerungen ermöglicht, die z. B. bei Gußbronze eine Vergrößerung der Zugfestigkeit um 60 bis 70% und der Brinellhärte um rund 30% gegenüber Sandguß erreichen lassen.

Gesenkschmiede- und Gesenkreißteile beanspruchen nur dann eine angemessene Materialmenge, wenn sie im Gesenk fertig- oder nahezu fertiggeschlagen oder -gepreßt werden können, sonst wird der Materialverlust durch die nachfolgende Zerspanung zu groß. Nun hängt das Fertigschlagen im Gesenk von den zu erreichenden Wanddicken ab, mit deren Abnahme die Schmiedearbeit oder der Preßdruck erheblich ansteigen muß. Wenn z. B. bei Teilen aus Leichtmetalllegierungen bei 10 mm Dicke der Druck der Schmiedepresse  $1500 \text{ kg/cm}^2$  der Bezugsfläche beträgt, dann steigt er bei 5 mm Dicke auf etwa 3000 und bei 3 mm Dicke auf etwa 6000 bis 7000  $\text{kg/cm}^2$ . Stehen entsprechend starke Pressen nicht zur Verfügung, dann muß eine mangelhafte Materialausnutzung in Kauf genommen werden.

Ungeeignet für das Schmieden sind Teile mit hohen dünnen Rippen, da sie selten das Gesenk sauber ausfüllen.

Beim Gießen ist man auch an gewisse Mindestdicken der Wände gebunden und erreicht die geringsten Dicken nur beim Spritzguß, dessen Festigkeit aber nicht immer befriedigt.

Stahlgußteile, deren Wanddicken aus gießtechnischen Gründen überbemessen werden müssen (siehe Tabelle 40), werden manchmal mit Vorteil durch Schweißteile ersetzt. Man muß sich aber vor leichtfertiger Gleichsetzung von 'gegossenen und geschweißten Teilen hüten. Eine volle festigkeitsmäßige Ausnutzung der Schweißkonstruktion ist nur dann gegeben, wenn das Teil nach dem Schweißen sachgemäß ausgeglüht, ggf., vergütet werden kann, sonst liegen Zonen mit Knet- und Gußstruktur (diese in der Schweißnaht und in ihrer Nachbarschaft) gefahr-

drohend nebeneinander. Der oft empfohlene Übergang vom Gußteil zum Schweißteil aus Blech wird meistens nur dann eine Materialeinsparung bringen, wenn die erforderlichen geringen Wanddicken durch Gießen nicht hergestellt werden können, das Teil große Hohlräume mit schlecht zu kontrollierenden Kernlagen hat und das Schweißen ohne wesentliche Ausschußgefahr bzw. überhaupt möglich ist. Bei der Materialmengenermittlung darf das zusätzliche Schweißmaterial und sein Abbrand nicht vergessen werden.

Tabelle 40. *Mindestwanddicken bei Gußteilen, abhängig von der Kantenlänge  $l = \sqrt{F}$ , worin  $F$  die größte Projektionsfläche der Wand ist. Umschlossene Wandausschnitte gelten dabei als voll, nicht umschlossene als nicht voll.*

Kantenlänge $l$	mm	100	200	300	400	500	600
Mindestwanddicke mit einer Toleranz von $\pm 0,5$ mm	mm	3	4,5	6,0	8	10	12

**Beschränkung der Vielfältigkeit des Materials.** Die manchmal noch zu beobachtende Verwendung vieler verschiedener Werkstoffe, Halbzeugformen und -maße birgt meistens einen übergroßen Materialaufwand in sich, der vielleicht nicht sofort zu einem Verlust führt, aber unnötigerweise Werkstoff bindet, dessen Verwendung an anderer Stelle wichtig wäre.

Die Materialvielfältigkeit wird meistens durch das an sich löbliche Bestreben der Konstrukteure verursacht, das Ergebnis ihrer Arbeit technisch möglichst vollkommen zu gestalten, ohne das Sprichwort genügend zu beachten, daß in der Beschränkung sich der Meister zeigt. Jede Vielfältigkeit führt zur Vergrößerung

der Verwaltungsarbeit und des Lagerinhaltes und ist daher meistens unwirtschaftlich. Dagegen kann ein gewisser Lagervorrat an gängigen Halbzeugen wirtschaftlich wertvolle Dienste leisten. In Zeiten der Materialverknappung hat man mit langen Lieferterminen zu rechnen. Sie geben bei nicht ausreichender Bevorratung Veranlassung zur Verwendung von Halbzeug mit ungeeigneten Querschnittsmaßen und dadurch herbeigeführter schlechter Materialausnutzung.

Die Materialvielfältigkeit wird durch die Beschränkung der Muster einer Gegenstandsart, durch die Verminderung der Zahl verschiedener Einzelteile und Fertigungsverfahren erheblich herabgesetzt. Je weniger Muster, desto geringer die Ersatzteilbevorratung, desto geringer der Materialverlust, der erfahrungsgemäß mit der Zunahme der Stückzahl gleicher Teile prozentual abfällt (siehe Abb. 32) Je geringer die Stück-

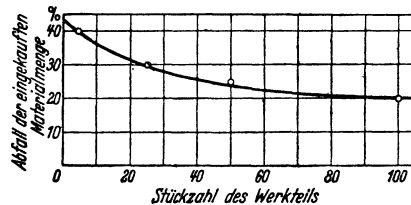


Abb. 32. Beispiel der Abnahme des Abfalls mit steigender Stückzahl.

zahl verschiedener Einzelteile und je größer dafür die Zahl gleicher Teile ist, desto weniger oft müssen die Bearbeitungsmaschinen neu eingerichtet und materialverbrauchende Arbeitsversuche dabei durchgeführt werden, deren Materialaufwand bei zu kleiner Stückzahl (gleichgültig, ob es sich dabei um genormte oder nichtgenormte Teile handelt) in einem ungerechtfertigten Verhältnis zur Menge in den fertigen guten Stücken steht und fast in jedem Falle einen Verlust bedeutet.

Tabelle 41. *Prozente der Zahl der verschiedenen Halbzeugsorten in den angegebenen Mengenbereichen bei einem Gerät vor und nach der Umstellung auf geringere Halbzeugsortenzahl.*

Mengenbereich	Vor der Umstellung			Nach der Umstellung		
	Stahl %	Buntmetall %	Leichtmetall %	Stahl %	Buntmetall %	Leichtmetall %
Unter 10 g	9	7	5	4	0	5
10 bis 100 g	20	30	23	12	33	13
100 g bis 1 kg	37	44	44	31	33	31
1 bis 5 kg	22	14	17	31	22	31
über 5 kg	12	5	11	22	12	20
	100	100	100	100	100	100

Die Verwendung genormter Halbzeuge *kann* zu Materialeinsparung, im ganzen gesehen, führen; daß sie das nicht unter allen Umständen tun wird, geht aus den Angaben im folgenden Abschnitt hervor. Immerhin ist anzunehmen, daß genormte Halbzeuge bei Konstruktionsänderungen an anderen Stellen verwendbar sein werden, was bei Sonderhalbzeugen, die durch Änderung der vorgesehenen Verwendungsmöglichkeit überflüssig werden, selten vorkommen wird.

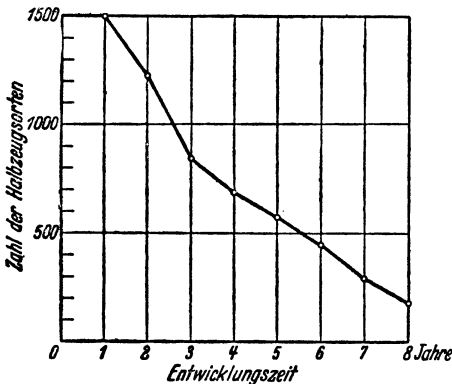


Abb. 33. Verminderung der Halbzeugsortenzahl bei Geräten gleicher Art in 8 Jahren.

Eine Untersuchung der Vielzahl der für die Fertigung eines Gegenstandes vorgesehenen Halbzeugsorten (verschiedene Werkstoffe, Formen, Maße) ergibt meistens die Möglichkeit, diese Vielzahl mit Erfolg zu verkleinern.

Man wird dabei Mengen feststellen (siehe Tabelle 41), die zu beschaffen und zu bewirtschaften tatsächlich nur dann gegeben ist, wenn die betreffenden Halbzeuge wirklich unentbehrlich sind. Daß das nicht immer der Fall ist, zeigt Abb. 33. Bei einer bestimmten Geräteart wurde durch systematische Auskämmung aller vermeidbaren und durch andere ersetzbaren



Halbzeuge innerhalb von 8 Jahren eine Absenkung der Halbzeugsortenzahl auf etwa den achten Teil erreicht, ohne die Leistung der Geräte zu verschlechtern und ohne das Gewicht der Materialeinsatzmenge untragbar zu erhöhen.

Die Abbildung zeigt so recht die Auswirkung der Vereinheitlichung durch eine zielbewußte Konstrukteurarbeit, während der Inhalt der Tabelle 41 einen der Wege weist, das angestrebte Ziel zu erreichen, nämlich die Zahl der verschiedenen Halbzeugsorten zu verkleinern und dafür die Menge der einzelnen Sorten zu vergrößern, was durch die Steigerung der Prozentzahl der Halbzeuge in den größeren Mengenbereichen erreicht worden ist.

Dem Konstrukteur sollte es zur Pflicht gemacht werden, während oder spätestens am Schluß einer Arbeitswoche auf vorbereiteten Sammelblättern Angaben über Art und Mengen der durch seine Konstruktion erforderlich gewordenen verschiedenen Halbzeuge, Bohrerdurchmesser, Fräserformen, Passungen und Meßzeuge zu machen, um eine Übersicht über deren Vielfältigkeit zu bekommen und sie zeitig vermindern zu können.

**Einfluß der Normung.** Man begegnet in Lehrbüchern und Zeitschriften immer wieder der Angabe, daß die Normung eine der Voraussetzungen ist, von denen der Erfolg im Kampf gegen die Materialvergeudung abhängt. Wenn diese Angabe unter allen Umständen richtig wäre, dann müßte die Nichtverwendung von Normen in jedem Falle zu der zu bekämpfenden Materialvergeudung führen, was zweifellos nicht der Fall ist.

Wohl kann die Normung zu einer erheblichen Entlastung der Vorratslager der Fabriken, Händler und Verbraucher führen, wohl wurden durch Normung von Werkstoffen und Einzelteilen, von Güteforderungen usw. Vereinfachungen der Herstellungseinrichtungen und Fertigungsmittel erreicht, wohl wird durch die Normung von Teilen die Wiederholung der Arbeitsvorbereitung einschließlich des Zeichnens der Teile überflüssig; treten diese material- und zeiteinsparenden Vorteile aber zwangsläufig in jedem Falle ein oder ist ihre Auswirkung nicht auch von den Zeitverhältnissen abhängig?

Es liegt in dem Wesen der Normung, eine Auswahl von Stoffleistungen, Halbzeugformen und -maßen, Fertigteilformen und -maßen festzulegen und es dem Verwender zu überlassen, sich unter diesen Normgrößen die für seinen Zweck passendste auszuwählen.

Es liegt ferner im Wesen der Normung, die genormten Größen mehr oder weniger grob zu stufen. Bei dem Einsatz- und Vergütungsstahl nach DIN 1661 z. B. betragen die Mindestfestigkeiten der einzelnen Stahlsorten vergütet 47, 55, 65 und 75 kg/mm<sup>2</sup>. Man darf aus Sicherheitsgründen nur diese Mindestwerte in die Festigkeitsrechnung einsetzen. Ergibt die Nachrechnung eines aus andern Gründen in seinen

Maßen festgelegten Teiles eine Beanspruchung von z. B.  $49 \text{ kg/mm}^2$ , so ist man gezwungen, entweder die Maße des Teiles so zu vergrößern, daß die Beanspruchung auf  $47 \text{ kg/mm}^2$  sinkt und die Materialmenge entsprechend steigt oder aber den Werkstoff mit  $55 \text{ kg/mm}^2$  Festigkeit zu verwenden, der teurer in der Herstellung und Bearbeitung ist.

Nachteile dieser Art treten umso stärker hervor, je teurer das Material je Kilogramm ist.

Aus den Gewichtsangaben auf den Normblättern der Halbzeuge erkennt man die prozentual großen Gewichtsunterschiede zwischen zwei benachbarten Normgrößen. Bei den kleinen Nennmaßen der Bleche und Stangen beträgt das Mehrgewicht (je Quadratmeter oder Meter) der nächsthöheren Größe 30 bis 40%, bei größeren Nennmaßen 15 bis 25% des Gewichts der zum Vergleich dienenden nächsten Ausgangsgröße.

Günstiger ist die Stufung bei den nahtlosen Stahlrohren, bei denen die der Stufung entsprechenden Gewichtsunterschiede zwischen zwei benachbarten Nenngrößen bei gleicher Wanddicke zwischen 3 und 13% liegen.

Durch Werknormen, die vielfach nur eine Auswahl unter den öffentlich genormten Größen enthalten, werden die Gewichtsunterschiede zwischen benachbarten Größen oft noch verstärkt.

Noch größer sind die Gewichtsunterschiede zwischen benachbarten Größen mancher genormten Fertigteile, die als Bauelemente allgemeine Verwendung finden. Bei ihnen ergeben sich Gewichtsunterschiede von 100 bis 150% bei den kleinen Nenngrößen und 30 bis 40% bei den größeren.

Diese Tatsachen werden von den Konstrukteuren auch oft erkannt und besonders in den Fällen beanstandet und durch Sonderkonstruktionen gemildert, in denen die Gewichtsersparnis eine Forderung erster Ordnung ist. Solche Sonderkonstruktionen unter nur teilweiser oder keiner Verwendung von Normteilen führen dann zu oft wesentlichen Materialeinsparungen, besonders im Falle einer Massenfertigung der betreffenden Gegenstände, denn die Massenfertigung bringt, auch ohne Verwendung der Formen und Maße genormter Teile, alle Vorteile der durch die Normung angestrebten Vielfachanwendung des gleichen Teiles.

Wenn die Verknappung von unentbehrlichen Werkstoffen eintritt, dann muß ihre Einsparung unter allen Umständen erfolgen, auch unter Verzicht auf die Vorteile der Normung. Das ist nicht nur bei der Massenfertigung, sondern auch bei der Einzelfertigung notwendig, wenn es sich um größere Stücke handelt. Die zwingende Notwendigkeit zum Abweichen von der Norm wird um so stärker hervortreten, je mehr Normteile mit grober Stufung ihrer Nennmaße zur Anwendung

gelangen werden bzw. je stärker die Stufung zur Verringerung der Sortenzahlen vergrößert werden wird. Hinzu kommt, daß bei Großreihenfertigung vielfach Teile von der Stange durch Zerspanen hergestellt werden, die man bei Einzel- oder Kleinreihenfertigung vorschmieden würde, was bei Großreihenfertigung aber zu viel Eigenlohn verlangt. Es wird daher eine größere Halbzeugmenge als nötig in Späne umgewandelt, und zwar gerade bei solchen Maschinenteilen, für die das Material aus genormten gewalzten Stangen besteht. Der in solchen Fällen 50% und mehr betragende Spananteil erhöht auch den Verschleiß der Schneidestähle und Werkzeugmaschinen, außerdem die Transportkosten und Zerspanungszeiten unnötig.

Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Ersatzteile für Geräte und Maschinen, die im Gebrauch waren, vielfach mit andern Maßen geliefert werden müssen, als sie an den zu ersetzenden Teilen nach ihrer Fertigung vorhanden waren, weil der andere Teil der Paarung nicht mehr maßhaltig, sonst aber noch brauchbar ist. Für solche Fälle werden im Kraft- und Eisenbahnfahrzeugbau Teile auch mit Übermaß genormt, so daß dann die gleichen Teile mit verschiedenen Maßen am Lager gehalten werden müssen. Das bedeutet aber keine Entlastung *der Vorratslager durch Normung*.

Man erkennt aus den vorausgegangenen Angaben, daß die unter bestimmten Voraussetzungen vorhandenen wesentlichen gewirtschaftlichen Vorteile der Normung sich in das Gegenteil verwandeln können, sobald diese Voraussetzungen nicht vorhanden sind. Die Normung ist kein absolutes Vorbeugungsmittel gegen Materialvergeudung, kann sie aber mildern. Daher darf auch bei der Empfehlung und Anwendung der Normen eine gewisse Vorsicht nicht außer acht gelassen werden. Wendet man Normen an, dann muß sichergestellt sein, daß sie trotz eines Mehraufwands an Material im Endergebnis einen wirtschaftlichen Vorteil durch Herabsetzen der Gesamtfertigungskosten bringen, falls nicht andere Vorteile ausschlaggebend sind.

Die Verminderung der in der Vorzeit meistens aus Konkurrenzgründen oder infolge unregelmäßiger Wirtschaft entstandenen zahlreichen Gegenstände gleicher oder annähernd gleicher Leistung brachte zweifellos wesentliche Einsparungen. Diese Verminderung betrug in der Maschinenindustrie zwischen 60 und 90%, im Mittel 72%<sup>1</sup>.

**Aufteilen und Verbinden.** Das Aufteilen eines Gegenstandes in mehrere selbständige Teile zieht zwangsläufig das Verbinden derselben zum fertigen Gegenstand mit einem zusätzlichen Materialaufwand nach sich.

Die Konstruktion bedingt oft aus Gründen der Einsparung teureren Materials, der Fertigung, der späteren Betriebsanforderungen, der

---

<sup>1</sup> Z.: Der Vierjahresplan. 15. 9. 1942, S. 427.

bequemen Reinigung, des Transports, der billigeren Ersatzteillieferungen usw. die Aufteilung des Gegenstandes. Die richtige Aufteilung ist selten eine einfache Arbeit und beeinflußt den Materialaufwand für die Einzelteilmontage und den Zusammenbau erheblich.

Es ist bekannt, daß ein Gußteil zwanzig und mehr Einzelteile ersetzen kann, deren Zusammenbau also erspart wird. Bei Gußteilen besteht aber eine größere Ausschußgefahr als bei der Fertigung einfacher Einzelteile, besonders wenn eine nachträgliche zusätzliche Bearbeitung hinzukommt. Wenn eines von den einfachen Teilen mißglückt, dann ist der Materialverlust meistens nicht entfernt so groß, als wenn ein umfangreicheres Gußteil unbrauchbar wird. Andererseits verlangt fast jede Verbindung eine ihrerwegen vorzunehmende Materialanhäufung in den zu verbindenden Teilen, wie Flanschen, Überlappungen, Laschen und dgl., und einen zusätzlichen Materialaufwand für die Fertigung der Verbindungsteile, wie Stifte, Nägel, Niete, Schrauben, Bolzen, Muttern, Unterlegscheiben, Splinte, Dichtungsscheiben und dgl., oder für das Zusatzmaterial, wie Schweißdraht, Lot, Leim und dgl. Auch das Stumpfschweißen bedingt ein zusätzliches Material, das bei dem Abschmelzen verbrennt. Selbst das Einpressen, Ein- und Aufschumpfen der Teile bedingt einen zusätzlichen Materialaufwand, wenn er auch im allgemeinen kleiner ist als bei den andern Verbindungsvorgängen.

Die Größe des Materialmehraufwandes hängt von der Art der Verbindung ab. Er ist im allgemeinen am höchsten bei den lösbaren Verbindungen durch Schrauben, Stifte usw., die daher nur dort angewendet werden sollten, wo sie unbedingt erforderlich sind. Lösbar-feste Verbindungen, z. B. durch Nageln, Nieten, Weichlöten, lassen sich nur durch Zerstören der Verbindungsmittel aufheben, während feste Verbindungen, z. B. durch Leimen, Schweißen, Hartlöten, Bördeln und dgl., nur durch Zerstören oder erhebliches Beschädigen der verbundenen Teile unterbrochen werden können.

Der Materialmehraufwand durch das Aufteilen und Verbinden ist aus folgenden Beispielen zu ersehen.

Die beiden Hälften einer Flanschkupplung einer Stahlwelle von 50 mm Durchmesser wiegen mit den Verbindungsbolzen und -muttern 10,58 kg. Das Gewicht der Welle beträgt bei 2,50 m Länge 38,3 kg, die Gewichtsvermehrung durch die Kupplung in diesem Falle mithin rund 27,7%.

Die Rohrverschraubung (DIN 7606, 7609 und 7611) eines Messingrohrs von 22 mm Nennweite wiegt 0,37 kg, das Rohr ohne die Verschraubung bei 2 m Länge 1,12 kg, die Verschraubung bringt also in diesem Falle eine Gewichtsvermehrung von rund 33%.

Bei Hebeln und Beschlagteilen aus Duralumin im Gewicht von 0,15 bis 0,50 kg, die aus mehreren Einzelteilen zusammengesetzt wurden, brachte der Übergang vom genieteten Teil zum einteiligen gesenkgeschmiedeten eine Gewichtseinsparung von 33 bis 37%; die Verbindungsteile hatten also einen Gewichtszuwachs um rund 50 bis 60% erfordert.

Nach den vorliegenden Erfahrungen aus dem Schiffbau bringt der Übergang von der Nietverbindung der Schiffskörperteile zur Schweißverbindung eine Gewichtsminde rung von 10 bis 12%.

Die Nietung bringt auch eine erhöhte Korrosionsgefahr, die durch Materialzugabe ausgeglichen werden muß. Diese Gefahr entsteht in der Hauptsache an den Kanten zweier durch Nietung verbundener Teile, an denen sich allmählich eintrocknendes, dadurch stark mit Salzen gesättigtes Wasser ansammelt, das infolge der Kapillarwirkung zwischen die Teile dringt und das Zerstörungswerk fortsetzt.

Schweißen anstelle des Nietens kann natürlich durch Verbrennen, unerwünschtes Ausglühen, unrichtige Wahl des Schweißgutes und dgl. ebenfalls Materialverluste herbeiführen.

Aus den vorstehenden Beispielen geht hervor, daß der Gewichtsanteil der Verbindungsstelle oder des nur wegen der Verbindung hinzugesetzten fertig bearbeiteten Materials im Verhältnis zum Gesamtgewicht immer größer sein wird, je kleiner der betreffende Gegenstand ist.

Ein indirekter Materialmehraufwand entsteht beim Nieten und Schweißen von Blechteilen durch die geringere Festigkeit der Naht gegenüber der im vollen Blechquerschnitt vorhandenen. Diese Ver ringe rung verhindert die volle Ausnutzung der Materialfestigkeit.

Trotz des Materialmehraufwandes, der durch die Verbindung der Teile entsteht, ist die Aufteilung des Gegenstandes ein Mittel, um den Umfang der Materialverluste zu vermindern, die durch Fehlerarbeit, Abnutzung und Transportbeschädigungen entstehen können. Große Maschinen, Brücken und dgl. lassen sich in einem Stück gar nicht oder nur unter großen Kosten an ihren Gebrauchsort bringen. Die Transportmittel und -wege haben schon manchen Bruch von Teilen des beförderten Gegenstandes verursacht.

Alle diese Gründe für und gegen die Aufteilung verlangen eine ausreichende Überlegung des Umfangs derselben.

**Nicht gerechtfertigte Güteforderungen.** Technisch nicht gerechtfertigte Forderungen an die Genauigkeit der Körpermaße und an das Aussehen des fertigen Gegenstandes führen oft zur Neufertigung desselben, trotzdem er für seinen gedachten Zweck voll brauchbar wäre. Zwar geschieht die Entscheidung über brauchbar oder nicht brauchbar nicht immer durch den Konstrukteur; er gibt aber dem Prüfer durch Angaben in den Bauunterlagen oft die Veranlassung zu den nicht

immer gerechtfertigten Forderungen. Abgesehen davon, daß fehlerhafte Meßzeuge Ausschuß ergeben können, trotzdem die Werkstücke in der Wirklichkeit noch gut sind, steigert die Verfeinerung der Maßtoleranz die Ausschußgefahr und damit den Materialaufwand in unnötiger Weise. Hinzu kommen die nicht immer ausreichende Sachkenntnis und die oft beschränkte Bereitwilligkeit der Prüfer zur Übernahme von Verantwortung, die sich aus dem Zulassen von Maßabweichungen ergeben könnte. Es ist meistens sinnlos, auf die Einhaltung enger Toleranzgrenzen zu bestehen, wenn bereits der Zusammenbau der Teile die Über- oder Unterschreitung dieser Grenzen zwangsläufig mit sich bringt.

Der Materialaufwand entsteht nicht nur durch den mit der Verschärfung von Genauigkeitsforderungen steigenden Arbeitsausschuß, sondern auch durch das schnellere Unbrauchbarwerden der Werkzeuge und Meßzeuge, deren Maßtoleranzen innerhalb noch engerer Grenzen liegen müssen als die der Werkstücke.

Die Überprüfung der Zahl der in den Konstruktionszeichnungen eines Gegenstandes angegebenen tolerierten verschiedenen Maße und ihrer Toleranzgrößen läßt oft einen Werkzeug- und Meßzeugbedarf erkennen, der nur zu einem Teile wirklich berechtigt sein wird. Die immer noch sehr große Zahl der nach den DINormen zugelassenen Durchmesser und Toleranzen verleiten die Konstrukteure zu der Annahme, daß das, was genormt ist, auch im ganzen Umfange immer angewendet werden darf. Zu jedem tolerierten Lochdurchmesser, und wenn er auch nur einmal bei einem Gegenstand vorkommt, gehört mindestens ein Bohrer, eine Reibahle und ein Lehrdorn mit Gut- und Ausschußseite und zur Fertigung dieser Werk- und Meßzeuge ein Materialaufwand, der nicht nötig wäre, wenn der Konstrukteur anstelle des fraglichen Lochdurchmessers einen andern, bei dem Gegenstande bereits vorkommenden wählen würde. Ähnlich ist es mit der Wahl der Gewinde. Auch sie muß auf die Möglichkeit der Sortenverminderung hin untersucht werden, um hochwertiges Werkzeugmaterial einzusparen.

Die Zulassung von stärkeren Schwankungen, z. B. eines Drehmoments oder der Stärke des elektrischen Stroms führt zu kleineren Schwunggewichten und damit zu kleineren Materialgewichten.

Die Beurteilung des Aussehens eines Gegenstandes unterliegt noch rein subjektiven Empfindungen, da es dafür noch keinen verbindlichen Zahlenmaßstab gibt. Man behilft sich in der Technik mit Musterbeispielen zum Vergleich durch die Inaugenscheinnahme, und selbst bei den Oberflächen, die z. B. durch spanabhebende Bearbeitung von Metallen entstehen, gibt es trotz der genormten Zeichen für die Oberflächenbeschaffenheit (siehe DIN 140) noch keine einwandfreie Maß-

einheit und daher keine einheitliche Auffassung von der Güte einer Oberfläche.

Das Schleifen, Polieren, Ziehschleifen, Läppen, Verzinnen, Verzinken, Anstreichen und andere Arbeiten zur Oberflächengestaltung sind nur zuzulassen, wenn dadurch die Leistung des Gegenstandes steigt. Das ist z. B. bei den Leichtmetallkolben der Kraftwagenmotoren der Fall, bei denen man durch Verbesserung der Oberflächengüte die 6- bis 8fache Lebensdauer, also eine erhebliche Materialeinsparung, erreicht hat. Besonders das Aufbringen von metallischen Überzügen, von Farb- und Lackanstrichen mit dem voraufgehenden Kitteln und Spachteln bedingt einen Materialaufwand, der in vielen Fällen keine technische Veranlassung hat und auf mißverständene Forderungen der Käufer der Ware oder auf alte Gepflogenheiten zurückzuführen ist.

**Mangelhafte Bauunterlagen.** Die Bauunterlagen bestehen aus den Technischen Lieferbedingungen, Zeichnungen und Listen als Beschaffungsunterlagen, über die im Abschnitt VIII ausführliche Angaben gemacht werden.

Diese Bauunterlagen müssen alle Angaben, leicht auffindbar, enthalten; die erforderlich sind, um den Gegenstand einwandfrei fertigen zu können. Fehlen solche Angaben oder sind sie falsch, dann sind die Vorbedingungen zur Materialvergeudung gegeben. Angaben und zeichnerische Darstellungen, die der sie schaffende Konstrukteur versteht, werden nicht immer vom Mann in der Werkstatt richtig gedeutet. Er hat meistens eine andere, weniger geschulte Denkweise und kennt auch nicht immer die Bedeutung aller auf den Zeichnungen stehenden Kurzzeichen, deren Zahl von Jahr zu Jahr größer wird, dem Konstrukteur zwar Arbeit spart, aber dem Mann in der Werkstatt Zeit nimmt oder ihn gar zu falscher Auslegung führt. Es ist daher dringend erforderlich, bei der Anlage und Beschriftung der Zeichnungen die einmal eingeführte Art zu wahren und nicht individuellen Regungen zu folgen. Der Mann in der Werkstatt soll gestalten und nicht studieren. Er muß die für das Gestalten notwendigen, ihm bekannten Angaben an dem ihm gewohnten Platze auf der Zeichnung finden.

Maße dürfen nicht von Bezugslinien oder -punkten ausgehen, die am Körper des Werkstücks nicht oder bei dem betreffenden Arbeitsgang noch nicht vorhanden oder nicht zugänglich sind, im Laufe der Bearbeitung verschwinden oder infolge zugelassener Maßabweichungen ihre Lage ändern können, daher am fertigen Stück sehr schwer oder überhaupt nicht oder mit großer Unsicherheit nur indirekt gemessen werden können. Bemaßen ist keine Aufgabe für nicht oder unzureichend kontrollierte Anfänger und falsches Bemaßen eine ständige Ursache von Materialvergeudungen.

Auch richtig eingetragene Maße können unerwünschte Folgen haben. So führen z. B. zu kleine Biegehalbmesser beim kalten Biegen von Blechen, Rohren, Stangen und Profilen zur Zerstörung durch Bruch und beim warmen Biegen zu unzulässigen Querschnittsveränderungen an der Biegestelle. Da die Dehnbarkeit des Werkstoffs dabei eine Rolle spielt, wird oftmals nur der Versuch über den zulässigen Mindestbiegehalbmesser richtige Auskunft geben.

Auch die Form der Tiefzieh und Formstanzteile ist durch Versuchsarbeiten zu prüfen, ehe ihre Werkstattzeichnungen und die Bemessung der Fertig- und Rohteile als verbindlich erklärt werden. Sonst ist mit zu großem Ausschuß zu rechnen, der sowieso wegen der leider nicht zu verhindernden wechselnden Festigkeitseigenschaften des Halbzeugs nicht ganz zu vermeiden sein wird.

Unumgänglich und unaufschiebbar ist das Bereinigen der Bauunterlagen von bekanntwerdenden Fehlern. Die Prüfung der Unterlagen muß auf jeden Fall *vor* der Herausgabe zur Fertigung des betreffenden Gegenstandes und unter Hinzuziehung eines verantwortlichen Fertigungsingenieurs erfolgen. Dabei sind auch die Möglichkeiten der Materialmengeneinsparung, erreichbar durch

kleinste Bearbeitungszugaben,

Ausnutzung der handelsüblichen Tafelgrößen, Bandbreiten, Stangenlängen, Halbzeugquerschnitte,

Wahl des abfallärmsten Fertigungsverfahrens,

eingehend zu untersuchen.

Man wird überrascht sein, wie groß die dadurch erzielbare Materialeinsparung ist und wie viele zu verbessernde Angaben sich dabei in den Stücklisten und Halbzeuglisten finden werden. Verminderung der Materialmengen um 20 bis 25% durch solche Unterlagenbereinigungen sind keine Seltenheit.

Zu den wenn auch indirekt entstandenen Mängeln der Bauunterlagen gehören die konstruktiven Fehler, die sich trotz aller Vorprüfung der Unterlagen erst bei der Fertigung der Gegenstände und ihrem Zusammenbau zeigen und dann unvermeidlich zur Materialvergeudung führen, weil neue Teile angefertigt werden und die zu ersetzenden fertigen und halbfertigen meistens in den Schrottkasten wandern müssen.

**Konstruktionsänderungen.** Wenn auch die Zahl der durch Fehler veranlaßten Berichtigungen der Bauunterlagen prozentual viel höher zu sein pflegt als die Zahl der durch Konstruktionsänderungen verursachten Änderungen der Bauunterlagen, so wirken diese jedoch meistens viel stärker auf die Größe des Materialaufwandes ein als jene und stellen nach dem Baubeginn die reinste Form der Materialvergeudung dar, die durch richtige Vorüberlegung hätte vermieden werden können.



Wieweit es berechtigt ist, die hauptsächliche Veranlassung zu konstruktiven Änderungen in Maßnahmen des Auftraggebers, im Wechsel seiner Wünsche und Forderungen, in der verlangten Beschleunigung der Lieferung usw. zu sehen, soll hier nicht untersucht werden. Zweifellos ist die unvermeidliche Folge jeder Konstruktionsänderung, besonders wenn sie womöglich nach dem Beginn des Reihenbaus des Gegenstandes verlangt wird, eine oft erhebliche Terminverzögerung und eine Materialvergeudung, die gerade in den Zeiten einer Materialverknappung mit aller Sorgfalt vermieden werden sollte. Wenn auch die Größe der Zeit- und Materialvergeudung durch Konstruktionsänderungen im Einzelfall selten mit Sicherheit ermittelt werden kann, so verdienen doch Angaben eine ernste Beachtung, nach denen ihre Größe 25 bis 30% des Gesamtaufwandes für einen Gegenstand erreicht hatte und in Einzelfällen noch höher gewesen ist.

### Verluste durch Fertigungsfehler.

**Allgemeines.** Die Fertigung beginnt mit ihrer Vorbereitung und endet mit der Ablieferung des erzeugten Gegenstandes nach der Prüfung seiner Leistung. Ein Teil der Fertigungsvorbereitung, nämlich die Konstruktion, ist auf ihre Beeinflussung der Materialverlusthöhe oder richtiger gesagt, auf deren Vorbereitung hin im vorangegangenen Abschnitt untersucht worden.

Zur Fertigungsvorbereitung gehört auch die Auswahl der Halbzeugsorten, in erster Linie nach Form und Maß und vielfach auch nach dem Werkstoff, dessen Bearbeitbarkeit von wesentlichem Einfluß auf die Ausschußmenge sein kann

Die Verluste beim Fertigen entstehen am Material für die Einzelteile des Fertigungsgegenstandes durch unsachgemäße Arbeit, Fertigungsunfälle, unrichtige Prüfmittel, fehlerhafte Maschinen, Werkzeuge, Warmbehandlungsanlagen, Vorrichtungen usw., am Material für die Verbindungsmittel (Schweißdraht, Lot, Leim usw.) und für die Betriebsmittel (Vorrichtungen, Werkzeuge, Meßzeuge, Glühöfen usw.). Wenn auch diese Verlustursachen von erfahrenen, wirtschaftlich eingestellten Fertigungsleitern zeitig erkannt und nach Möglichkeit eingeschränkt werden, so fehlt es doch oft an der relativen Einschätzung der Verlusthöhe und als Folge dieses Mangels an den ausreichenden Maßnahmen zur Verlustminderung. Die Hauptsorge des Fertigungsleiters ist meistens der Einhaltung oder Minderung der vorgegebenen Lohnstunden und Termine gewidmet. Durch die umfangreiche REFA-Schulung<sup>1</sup> wurde die Zeiteinsparung zu einem sehr ernst genommenen Begriff. Sie erstreckt sich leider noch nicht auf die Zeiteinsparung

---

<sup>1</sup> REFA = Regionaler Verband für Arbeitsstudien.

durch Verminderung der Materialverluste, die bei der Fertigung durch den Abfall entstehen, der vielfältiger Art sein kann.

**Allgemeine Maßnahmen zur Verlustminderung in der Werkstatt.** Die Kosten des Abfalls bilden einen großen Anteil an den Herstellkosten. Er steigt erfahrungsgemäß mit der Hereinnahme betriebs- und fachfremder Arbeiter erheblich an.

Während die Begriffe „Wirtschaften“ oder „Haushalten“ bei den meisten Werkangehörigen in ihrem privaten Leben eine gute Beachtung und Anwendung finden, gehen viele Menschen in der Werkstatt mit dem Baumaterial und den Betriebsmitteln mehr oder weniger großzügig um. Oft fehlt ihnen auch die Übersicht über die Höhe der Kosten des durch Unachtsamkeit usw. in Verlust geratenden Materials und der Betriebsmittel. Es ist daher zweckmäßig, die Werkangehörigen durch gut zugängliche Anschläge in großer Schrift mit den Einheitskosten der Halbzeuge, Werkzeuge und Meßzeuge, mit den wöchentlich entstandenen Abfallmengen und den in ihnen enthaltenen, verlorengegangenen Stunden bekanntzumachen, soweit der Abfall durch Vorgänge in der Werkstatt entstanden ist.

Zur Verminderung des Materialverlustes muß die Prüfung aller Formgebungs- und Zusammenbauvorgänge stattfinden und mit der Prüfung beim Halbzeug und Rohling begonnen werden. Werden aus Versehen fehlerhafte Teile mit fehlerfreien zusammengebaut, so erfahren diese bei dem notwendig werdenden Auseinandernehmen oder bei der Berichtigung der Fehlerteile im zusammengebauten Zustande Beschädigungen und werden womöglich auch Ausschuß.

Es muß aber auch von vornherein klargestellt werden, welches Fertigungsverfahren voraussichtlich den geringsten Materialverlust verursachen wird. Was durch sorgfältige Überlegung der Möglichkeiten erreicht werden kann, zeigen die in der Tabelle 42 angegebenen wenigen Beispiele aus dem Ölmotorenbau.

**Materialverluste beim Gießen.** Außer den Verlusten, die im Abschnitt „Verluste bei der Herstellung der gegossenen Rohlinge“ S. 95ff. angegeben worden sind, ergibt sich bei der Herstellung noch ein Mehraufwand durch zu dick ausfallende Wandungen, unnötig große Trichter, Steiger und Kanäle, die eine meistens das Vielfache der im eigentlichen Rohling verbleibenden Metallmenge ausmachende Materialmenge aufnehmen.

Die Maßänderungen der Gußstücke und ein dementsprechender Materialmehraufwand entstehen durch das Treiben der Formen seitens nicht genügend geübter Former, durch Losschlagen und ungenügende Sorgfalt beim Herausheben des Modells, durch Schrumpfen und Wachsen der Form während ihres Trocknens und durch falsche Annahme des Schwindmaßes bei der Modellfertigung.

Tabelle 42. *Beispiele des Einflusses des Fertigungsverfahrens auf das Verhältnis Rohgewicht : Fertiggewicht bei gleichbleibendem Fertiggewicht.*

Gegenstand	Rohgewicht : Fertiggewicht		Fertigungsverfahren
	früher	jetzt	
Zylinderbüchse	12,2	6,55	Früher aus dem Vollen, jetzt aus 2 Stücken geschweißt
Ventilfederteller	10,6	2,84	Früher aus dem Vollen, jetzt Gesenkschmiedeteil
Pleuelstangenschraube	11,6	5,63	Früher aus dem Vollen, jetzt vorgeschmiedet
Gegengewicht	5,30	2,12	Früher 3 Stück aus einem Ring, jetzt einzeln geschmiedet
Gewindebüchse	18,0	8,5	Früher aus dem Vollen, jetzt vorgeschmiedet

Die Schrumpfung beträgt je nach der Metallart bis 8% des Volumens und ist daher von großer praktischer Bedeutung. Wird das Schwinden behindert, dann entstehen meistens innere Spannungen und in deren Folge vor völliger Erstarrung und während der weiteren Bearbeitung Kaltrisse, die nicht immer mit bloßem Auge feststellbar sind. Neben der Schwindungshinderung können auch zu große Dickenunterschiede benachbarter Wandungen, falsch angeordnete Anschnitte, zu frühes Entleeren der Formkästen Gußspannungen entstehen lassen, die aber fast immer durch mehrstündiges Glühen weitgehend abgebaut werden können.

Bei Sandgußteilen werden die in den Trichtern, Steigern und Kanälen enthaltenen Werkstoffmengen bei gleichen Teilen oft sehr verschieden ausfallen, weil in den einzelnen Gießereien die Ansichten über die aus technischen Gründen notwendigen zusätzlichen Mengen verschieden sind. Bei solchen Teilen aus Leichtmetall auf der Aluminium- und Magnesiumbasis schwanken die Einsatzmengen nach den vorliegenden Erfahrungen, selbst bei Kokillenguß, etwa zwischen 200 und 350% des Rohlingsgewichts, steigen manchmal sogar bis auf 400%. Bei einem Rohlingsgewicht von z. B. 10 kg müssen also zwischen 20 und 35 kg Material eingesetzt werden, von dem ein Teil (etwa 10%) beim Schmelzen und Wiedereinschmelzen verloren geht und zu entsprechenden Wärme- und Arbeitszeitverlusten führt. Es liegt daher nahe, die Menge des Einsatzmaterials nach Möglichkeit zu vermindern. Die Erfahrung lehrt aber immer wieder, daß mit der prozentualen Verminderung der Einsatzmenge die Ausschußquote zu steigen pflegt. Die Verminderung der Einsatzmenge unter ein gewisses Maß führt daher nicht zu weiterer Materialeinsparung, sondern im Gegenteil zur Vermehrung des Ausschusses, also zu Verlusten.

Abb. 34 zeigt an einer Anzahl von Beispielen das starke Ansteigen der Ausschußquote mit der Verminderung der Einsatzmenge beim einzelnen Stück. Multipliziert man die verschieden großen Einsatzmengen für ein Teil mit den zugehörigen Ausschußquoten, dann wird man bei gewissen Teilen feststellen, daß es wirtschaftlicher ist, die Einsatzmenge dafür größer zu nehmen, was das folgende Beispiel nach den Angaben der Abb. 34 Fall A erkennen läßt:

Einsatzmenge	M = 42,5 kg	40,0 kg	37,5 kg
Ausschußquote	a = 1,08	1,17	1,35
	$M \times a = 45,9$ kg	46,8 kg	50,6 kg

Die kleinste Einsatzmenge beim einzelnen Stück hat im vorliegenden Falle wegen der hohen Ausschußquote insgesamt die größte Ge-

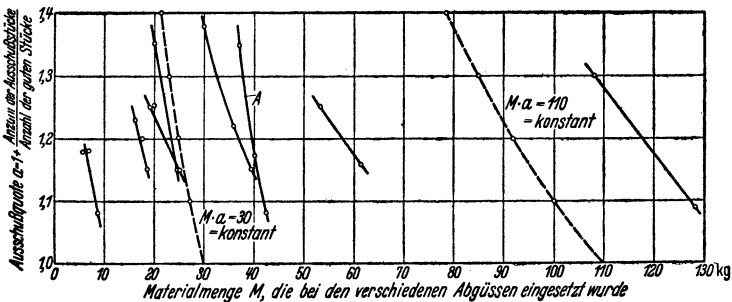


Abb. 34. Abhängigkeit der Ausschußziffer von der Einsatzmenge bei Leichtmetallgußteilen.

samteinsatzmenge erfordert. Die gestrichelten Linien in Abb. 34 verbinden Punkte, die alle der gleichen Einsatzmenge  $M \times a$  entsprechen. Selbst dann, wenn bei kleiner Einsatzmenge und hoher Ausschußquote die Gesamtmenge in einem bestimmten Falle am kleinsten sein sollte, wird diese kleinste Einsatzmenge infolge der durch die relativ vielen Ausschuß-Stücke verloren gehenden Arbeitsstunden und Wärmemengen die unwirtschaftlichste sein.

Die Festigkeitseigenschaften der Gußteile hängen in hohem Maße von der Temperatur des flüssigen Metalls beim Gießen ab, und diese muß auf die Dicke der Wandungen des Gußteils richtig abgestimmt werden. Diese Temperatur müßte also stets den verschiedenen Wanddicken des Gußteils angepaßt sein, was praktisch nicht durchführbar ist. Man hilft sich vielfach mit sogenannten Schreckplatten, fördert dadurch die Entstehung des gesunden Gusses, aber nicht immer die Gleichmäßigkeit der erwarteten Festigkeit.

Man wird daher immer wieder in einem Gußteil zum Teil starke Schwankungen der spezifischen Festigkeit ermitteln. Solange das Stück im ganzen jedoch den es wirklich beanspruchenden Kräften standhält,

ist es trotzdem als brauchbar anzusehen. Schlechte Stellen kann man meistens durch vorsichtiges Schweißen ausbessern.

Viel öfter werden Gußstücke infolge von unzulässigen Maßabweichungen Ausschuß. Das ist besonders bei den Teilen der Fall, deren spanabhebende Bearbeitung auf Automaten erfolgt, bei denen also Ungleichmäßigkeiten nicht durch Anreiben und entsprechendes Ausrichten in der Maschine ausgeglichen werden können. In solchen Fällen hilft man sich manchmal durch größere Bearbeitungszugaben, die natürlich einen zusätzlichen Materialverlust verursachen.

**Materialverluste beim Schmieden.** Die fertig geschmiedeten Teile müssen, ebenso wie die Gußteile, nicht nur die vom Rohling verlangte Form, sondern auch die vorgeschriebene Mindestfestigkeit aufweisen. Die Erfüllung beider Forderungen hängt sowohl von dem verwendeten Werkstoff, als auch von dem angewendeten Verformungsverfahren ab. Die entstehenden Verluste werden durch Abbrand, unrichtige Schmiedehitze, falschen Faserverlauf des Vormaterials und schlechte Gesenke verursacht.

Diese Verluste können durch Vorschmieden und Fertigschlagen in *einem* Gesenk, das mehrere Gravuren hat, wesentlich gemildert werden. Bei diesem Werkzeug ist es

möglich, das Schmiedeteil in einer Hitze durch alle Arbeitsgänge zu bringen, wodurch Heizmaterial eingespart, ein maßgenaueres und zunderfreieres Schmiedestück hergestellt und die sonst üblichen Bearbeitungszugaben verringert werden können. Außerdem werden die Gesenke geschont und dadurch wird eine hohe Gesenkausnutzung (1000 Schmiedestücke und mehr) erreicht.

Das zu wählende günstigste Schmiedeverfahren und die Größe der Materialverluste hängen stark von der Form des Schmiedeteils ab. Es ist sehr gut möglich, eine Anzahl von Schmiedeteilformen ohne Sondergesenke herzustellen, besonders, wenn sie die Form von einfachen Umdrehungskörpern haben (siehe Abb. 35).

Bei der Verwendung der elektrischen Schmiedemaschine, auf der das Halbzeug erhitzt und von seinem Ausgangsquerschnitt auf das

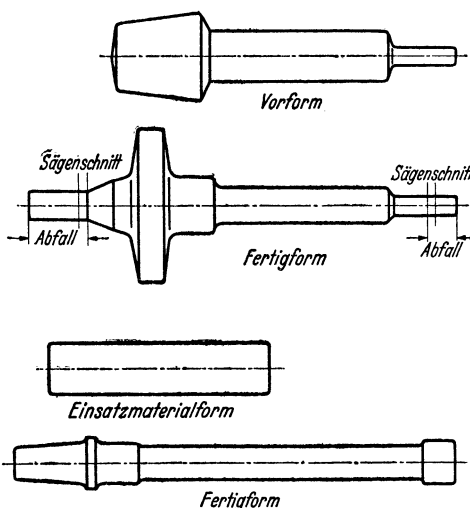


Abb. 35. Im Rollgesenk bzw. in Schmelzwalze hergestellte Umdrehungskörper.

gewünschte Maß angestaucht wird, erhält man einen guten Faserverlauf und infolge des Wegfalls der Gesenkschrägen und infolge der Möglichkeit, tiefere Hohlräume einzuschmieden, auch eine zum Teil erhebliche Materialeinsparung. Der Gratverlust ist dabei gering, er beträgt im Mittel 6 bis 8%, wenn er sich nicht überhaupt vermeiden läßt. Der Gesenkverschleiß ist auf der Schmiedemaschine infolge der geringeren Verformungsgeschwindigkeit geringer als beim Schmiedehammer. Man ist bis auf 20000 Schmiedestücke aus einer Gravur gekommen.

Kleinere und mittelgroße Schmiedestücke lassen sich von der Stange schmieden. Dadurch wird das Zuschneiden des Vormaterials, also Zeit und Verschnitt, gespart. Ferner verteilt sich das in dem unvermeidlichen Einspannende in der Zange enthaltene, nicht weiter verwendbare Material auf eine große Anzahl Stücke.

Durch das Profilieren des Vormaterials zwischen besonderen Walzen erzeugt man Walzknüppel, die es gestatten, einen wesentlichen Teil der Vorschmiedearbeit und auch des Werkstoffs einzusparen.

Schmiedeteile, die im fertigen Zustande in zwei Ebenen gebogen sind, soll man möglichst nur in einer der Ebenen im Gesenk schmieden und dann mittels der hydraulischen Presse in die andere Ebene biegen. Sonst entsteht ein ungewöhnlich hoher Materialaufwand für die Schmiedegesenke und ein nicht geringer Arbeitsausschuß.

Während einerseits eine zu große Bearbeitungszugabe den Materialaufwand unnötig erhöht, kann eine an einer einzigen Stelle erfolgte zu kleine Zugabe zum Ausschuß des betreffenden Schmiedestückes führen. Die vorgesehene Zugabe mag unter normalen Verhältnissen ausreichen, sie kann sich aber infolge des Versetzens der Gesenke oder der ungenügenden Ausfüllung derselben wegen der zu geringen Menge oder falschen Form des Vormaterials an einzelnen Stellen des Werkstücks als zu klein erweisen. Außerdem ist mit Rücksicht auf den Verschleiß der spanabhebenden Werkzeuge die Bearbeitungszugabe so groß zu machen, daß die Werkzeugschneide mehr als nur die harte Schmiedehaut fassen darf.

Eine wesentliche Materialeinsparung wird dadurch erreicht, daß die Schmiedestücke der Rohteilzeichnung entsprechend geliefert werden, was oft nicht der Fall ist. Erfahrungsgemäß sind dann die gelieferten Stücke erheblich dicker als die Zeichnung verlangt.

Die zur Beschleunigung des Warmverformens oft angewendete Vereinfachung des Verfahrens ist meistens mit einer Steigerung des Materialaufwandes verbunden. Unrichtige Arbeitsplanung führt besonders beim Gesenkschmieden zu einer zum Teil sehr erheblichen Materialvergeudung.

Bei einer ganzen Reihe von Schmiedeteilen ist es möglich, sie durch Stauchen von Rundstangen in Achsrichtung herzustellen. Trotzdem

sieht man sie immer noch aus Knüppeln ins Gesenk schlagen oder pressen, unter Aufwand von erheblich mehr Material für das Werkstück, von sehr teureren Gesenken und Abgratwerkzeugen und Verschlechterung des Faserverlaufs und der Festigkeit.

Werden kleine Werkstücke unter schweren Hämmern warmverformt, dann benötigt man große und schwere Gesenke, die infolge der geringen Verformungsarbeit starken Leerschlägen ausgesetzt sind und daher frühzeitig ermüden.

**Materialverluste durch Trennen.** Diese Verluste werden im allgemeinen wenig beachtet, wenngleich sie recht erhebliche prozentuale Größen erreichen können, wie aus den Angaben auf der Seite 46 u. f. zu entnehmen ist.

Das Trennen der Rohteile von den Halbzeugstangen erfolgt meistens durch Sägen, deren Blattdicke ein gewisses Maß nicht unterschreiten darf, und bei Dreharbeiten durch Abstechen, bei dem die Stichelbreite von der Stangendicke abhängt. Diesen Trennwerkzeugmaßen entspricht die Materialverlustmenge durch die beim Trennen entstehenden feinen Späne. Ihre Menge je Schnitt beträgt z. B. bei einer Rundstange von 50 mm Durchmesser 0,10 kg, bei 100 mm Durchmesser 0,50 kg und bei 150 mm Durchmesser 1,10 kg.

Stahlstangenenden kann man mit geringerem Verlust durch *Brennschneiden* oder nach dem Einkerbigen mit dem Meißel durch Abschlagen, bei kleinen Quermaßen auch mit der Schere, abtrennen. Bei Blechen, Drähten, Seilen, Kabeln und dgl. ist das Schneiden mittels der Schere das die kleinsten direkten Verluste bringende Trennverfahren. Etwas verlustreicher ist das Schneiden von Blech mittels des Fingerfräasers und am verlustreichsten das Schneiden mittels der Schnittplatte unter dem Gummikissen, obwohl es zwar keine Späne erzeugt, dafür aber einen erheblichen Mindestabstand der Schnittkante des auszuschneidenden Teils von der Blechkante und dem Nachbarteil verlangt, der bei dem Schneiden mittels des Gummikissens etwa das Fünfundzwanzigfache der Blechdicke haben muß. Bei diesem Verfahren beträgt die Ausnutzung der Blechtafeln selten mehr als 50%.

**Materialverluste durch Zerspanen.** Die Materialverluste sind beim Zerspanen meistens relativ sehr groß. Das lassen die Angaben der Tabelle 37 erkennen. Die Verlustgröße hängt von der Größe der Bearbeitungszugabe und diese wiederum von der Form des Vormaterials ab. Die Verminderung der Bearbeitungszugabe entlastet auch die Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, führt also zu einer indirekten Materialeinsparung. Es ist bemerkenswert, daß bei kleinen Teilen vielfach kein oder nur geringer Wert auf eine abfallschwache Fertigung gelegt wird. Das ist z. B. bei allen auf der Automatenbank und den meistens auf der Revolverbank hergestellten Teilen der Fall. Auf der

Automatenbank wird von der Rund- oder Sechskant-Stange gearbeitet und hierbei entstehen auch die relativ größten Spanmengen, besonders, wenn es sich um Teile mit größeren Bohrungen handelt.

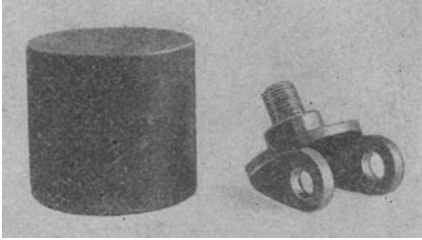


Abb. 36. Durch Zerspanen aus dem Vollen gefertigte Gabel.

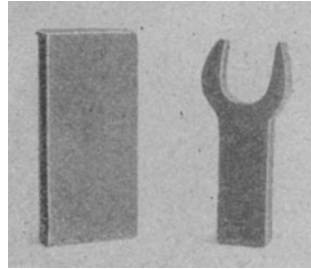


Abb. 37. Durch Ausschneiden aus Flachstahl gefertigtes Teil.

Die Abb. 36 bis 39 zeigen einige Beispiele kleiner Teile, bei denen es dem Hersteller nicht lohnend erschien, durch Schmieden vorzuformen. Ihm kam es anscheinend nicht auf Materialeinsparung an. Die Abb. 40 bis 42 zeigen Teile aus dem Feingerätebau, bei denen durch den Übergang von der Fertigung durch reine Zerspanung auf eine andere Fertigungsweise erhebliche Materialeinsparungen erzielt werden konnten.

Aber auch bei größeren Teilen ist es nicht immer üblich, die abfallschwächste Fertigung in die Wirtschaftsberechnung einzubeziehen.

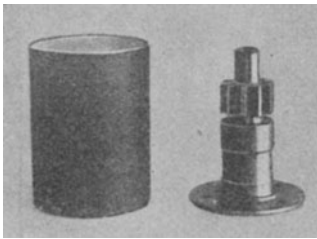


Abb. 38. Durch Zerspanen aus dem Vollen gefertigtes Getriebeteil.

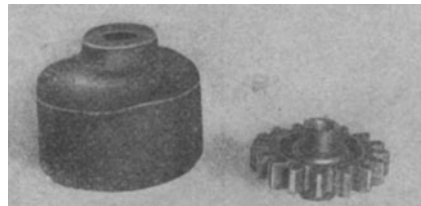


Abb. 39. Durch Zerspanen aus dem Vollen gefertigtes Zahnrad.

Einen besonders krassen Fall der Materialvergeudung stellt Abb. 15 (siehe S. 54) dar, der hundertfach wiederholt worden ist, bis man dazu überging, statt der vollen Rundstange ein Rohr und im Gesenk geschmiedete Teile zu verwenden, die dann miteinander stumpf verschweißt und zusammen bearbeitet worden, wodurch die aufzuwendende Materialmenge von 43,5 kg auf 18,5 kg je Stück herabgesetzt werden konnte.



Tausende von Bolzen und Schrauben, meistens aus hochwertigem Werkstoff, werden noch von der Stange gedreht, statt sie durch Anstauchen des Kopfes abfallschwach zu fertigen und dabei 60% und

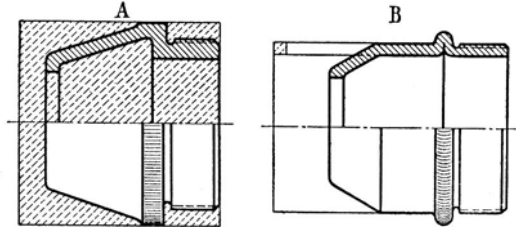


Abb. 40. Fertigung eines Mundstücks A und B.

mehr Material einzusparen. Aber auch hierbei handelt es sich in der Hauptsache um relativ kleine Teile, bei denen dem Hersteller ein

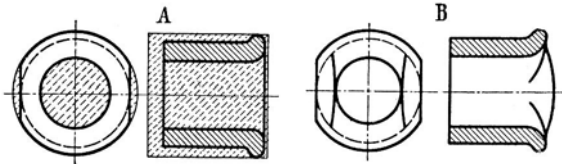


Abb. 41. Fertigung einer Buchse A und B.

Materialeinsparen vielfach nicht erforderlich erscheint. Das Gegenteil ist jedoch der Fall. Bei der Zunahme des Leichtbaues, der

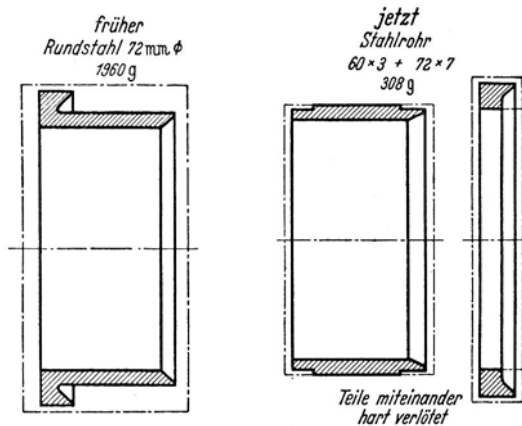


Abb. 42. Materialeinsparen durch Auftellen und nachträgliches Verbinden.

vielfach als materialeinsparend angesehen wird, steigt gewöhnlich der Materialeinheitspreis und damit die Höhe des Geldverlustes durch den Abfall.

Zu vielen Tausenden sind Gabeln und Zungenbolzen nach Abb. 43 durch Zerspanen aus dem vollen hochwertigen Rundstahl hergestellt worden, trotzdem die Halbzeugausnutzung allein bei dem Gabelende nur 0,24 und bei dem Zungenende sogar nur 0,124 beträgt, selbst wenn der rohe Kopf dieser Teile durch Anstauchen hergestellt wird. Im andern Falle sind die Materialverluste erheblich größer und der Ausnutzungsgrad des Materials dementsprechend kleiner.

Das Rollen oder Einwalzen von Gewinden bringt neben andern Vorteilen auch eine Materialeinsparung gegenüber dem Gewindeherstellen durch Schneiden, Fräsen oder Schleifen. Es wird mit Vorteil auch bei der Fertigung von Gewindebohrern angewendet.

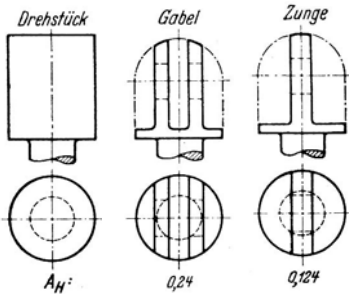


Abb. 43. Aus einer Rundstange gefertigte Gabel- und Zungenbolzen.

Spitzenloses Schleifen erspart die Längenzugaben für die Körner- und Einspannenden. Schleifen genau gezogener und gerichteter Stangen bringt infolge der wesentlich geringeren Bearbeitungszugabe zum Durchmesser gegenüber dem Drehen eine beachtliche Materialeinsparung.

Ringförmige Körper müssen zur Verhütung relativ großen Materialabfalls entweder vorgegossen oder vorgeschmiedet werden, letzteres durch Schweißen gebogener Halbzeuge oder durch Aufdornen und Walzen des Vormaterials in Ringform.

Auf diese Weise sind auch längere Hohlkörper, z. B. Flaschen und dgl., vor allen Dingen aber Rohre mit Vorteil herzustellen.

Maschinenteile, deren Herstellung durch Zerspanen mit verhältnismäßig hohem Materialverlust verbunden ist, sind z. B. die stählernen Stützschaalen für Bleibronzelager, wie sie bei leichten Motoren Verwendung finden. Bei einer Lagerbohrung zwischen 75 und 100 mm Durchmesser beträgt der Rohteilenausnutzungsgrad

$$\begin{aligned} A_{Rt} &= 0,13 \text{ bis } 0,17 \text{ beim Drehen und Bohren aus der vollen Rundstange} \\ &= 0,19 \text{ bis } 0,27 \text{ bei einem Gesenkschmiedestück als Vormaterial} \\ &= 0,29 \text{ bis } 0,53 \text{ bei einem profilgewalzten Ring als Vormaterial.} \end{aligned}$$

Da der profilgewalzte Ring durch Aufdornen eines Rundstabes vorgeformt wird, entsteht bei seiner Fertigung nur geringer Materialverlust, so daß diese Herstellungsart zu einer etwa 2,6fach günstigeren Materialausnutzung führt als die Herstellung aus der vollen Rundstange.

Ein sehr großer Materialverlust entsteht, wenn bei einem Mangel an vorgeformten Rohlingen oder passenden Halbzeugen die Teile aus dem Vollen durch Zerspanen gefertigt werden müssen. In solchen Fällen kann die Menge im Fertigteil bis auf 5% der Einsatzmaterialmenge

absinken, also eine in jeder Beziehung unwirtschaftliche Fertigung entstehen, die auch eine Vergeudung von Werkzeugbaumaterial und Antriebsenergie mit sich bringt.

Ein gutes Mittel der Materialeinsparung ist das Ausstechverfahren in der Dreherei. Die Abb. 44 und 45 zeigen zwei Beispiele<sup>1</sup>, bei denen die Fertigungszeiten niedriger liegen als bei Einzelherstellung und Verwendung von Schmiedestücken für die Hauptkörper. Die Verwendung des Verfahrens setzt jedoch eine entsprechende Maßabstimmung der Einzelteile voraus.

**Materialverluste bei der Blechverformung.** Die Größe dieser Verluste hängt bei festliegender Konstruktion der Teile vom Grad der Ausnutzungsmöglichkeit der angelieferten Tafeln und Bänder ab und diese wiederum von der Arbeitsvorbereitung und der Lieferung der ausgewählten Tafel- und Bandmaße.

Die Blechflächenausnutzung verlangt eine längere Erfahrung, besonders, wenn die Blechteilbegrenzung durch andere als gerade Kanten erfolgt, und wenn die Blechteile viele und größere Aus- und Einschnitte erhalten. Einen Anhalt für die Größe des Ausnutzungsgrades bietet die Tabelle 37, S. 93.

Am vorteilhaftesten sind die Blechteile mit geraden, unter  $90^\circ$  zueinander liegenden Kanten, z. B. bei Behältermänteln, -wänden, decken, -böden usw., wenn es gelingt, solche Bleche bereits als Maßbleche zugeschnitten vom Walzwerk geliefert zu bekommen. Nicht, weil etwa infolge der Verminderung des Abfalls in der Verformungswerkstatt der direkte Materialaufwand geringer wird, sondern weil die Transportkosten geringer und der auch beim Herstellen der Maßbleche entstehende Abfall keinen so langen Rückweg mit seinen wertvermindernden Zufällen zur Hütte hat.

Die vielfach vom Arbeitsvorbereitungsbüro angefertigten Zuschneidepläne können den Materialabfall wohl mindern, aber nicht beseitigen. Bei der Aufstellung dieser Zuschneidepläne ist zu beachten, daß die genormten handelsüblichen Tafellängen und -breiten in gewissen Grenzen schwanken dürfen (siehe z. B. DIN 1543, 1753 und 1901) und der Blechrand meistens irgendwelche Beschädigungen und Dickenuntermaße aufweist, also eine volle Ausnutzung der Tafelmaße nicht vorgesehen werden kann. Man muß also bei der Aufteilung einen gewissen Abfall

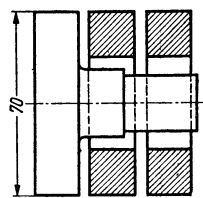


Abb. 44. Materialausnutzung durch das Ausstechverfahren. (3 Teile).

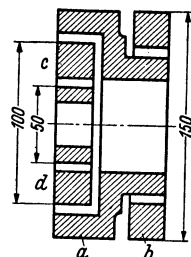


Abb. 45. Materialausnutzung durch das Ausstechverfahren (4 Teile).

<sup>1</sup> Rothenberg, O.: Ausstecharbeiten in der Dreherei. Maschinenbau. Der Betrieb, 1940, Heft 11.

von vornherein bewußt in Kauf nehmen, der dann um so größer wird, je mehr die gelieferten Tafeln die Normmaße überschreiten, was auch vorkommt und entgegen den Lieferbedingungen oft geduldet werden muß. Man kann den dadurch entstehenden Materialverlust im ganzen durch Sortieren der Tafeln nach ihren Liefermaßen mildern und für gewisse, der Erfahrung nach hauptsächlich anfallende Tafelmaße voneinander abweichende Zuschnittpläne machen.

Diese Arbeit wird vielfach durch die erforderliche Rücksichtnahme auf die Walzrichtung der Bleche erschwert, die beim Zuschneiden von solchen Teilen notwendig ist, die später am Rande abgekantet (geflanscht) werden müssen. Abb. 46 zeigt eine als gut anzusehende Tafelaufteilung, die trotzdem einen Abfall von 23% aufweist. Er ist

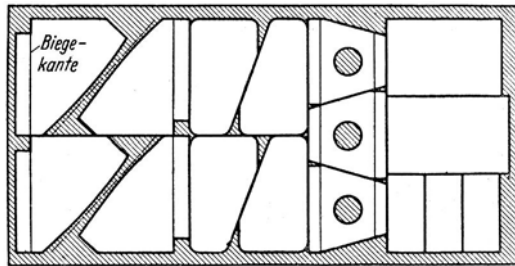


Abb. 46. Beispiel der Aufteilung einer normalen Blechtafel.

aber klein zu nennen im Verhältnis zu der bei der regulären Herstellung der meisten Tiefzieh- und Streckziehteile entstehenden Abfallmenge die zwischen 30 und 50% zu liegen pflegt. Man sucht diese Abfallmenge, durch Aufarbeiten, z. B. Richten der beim Verformen verbogenen und verbeulten Blechreste, zu vermindern; doch pflegt oft der gute Wille zur Weiterverarbeitung solcher Reste größer zu sein, als die praktische Möglichkeit des Einsatzes dieses zum Teil überrechten, also in der Dicke wechselnden, oder aus andern Gründen nicht mehr genügend homogenen Materials. Immerhin soll man auch diesen Weg der Beschränkung des Materialabfalles zu benutzen suchen, besonders, wenn es sich um teureres Material handelt, z. B. um Blech aus Leichtmetall-Legierungen.

Am besten ist es natürlich, den Abfall von vornherein möglichst klein zu halten, was durch entsprechende Tiefziehwerkzeuge und Streckzieheinrichtungen erreicht werden kann.

Einen prozentual noch größeren Abfall bringen Blechteile mit Ausschnitten, deren Größe im Verhältnis zur Gesamtfläche der eingesetzten Bleche erheblich ist. Solche Blechteile entstehen meistens dann, wenn man versucht, aus Stangen zusammengebaute Fachwerke durch Blechträger zu ersetzen, um Fertiggewicht und Zusammenbauarbeit zu ersparen, oder größere Löcher aus anderen Gründen erforderlich sind.

In solchen Fällen steigt der Abfall bis auf 70 und 75%, der meistens Schrott ist, weil die ausgeschnittenen Abfälle verhältnismäßig klein sind und in einer so großen Zahl entstehen, daß sie eine Weiterverwen-

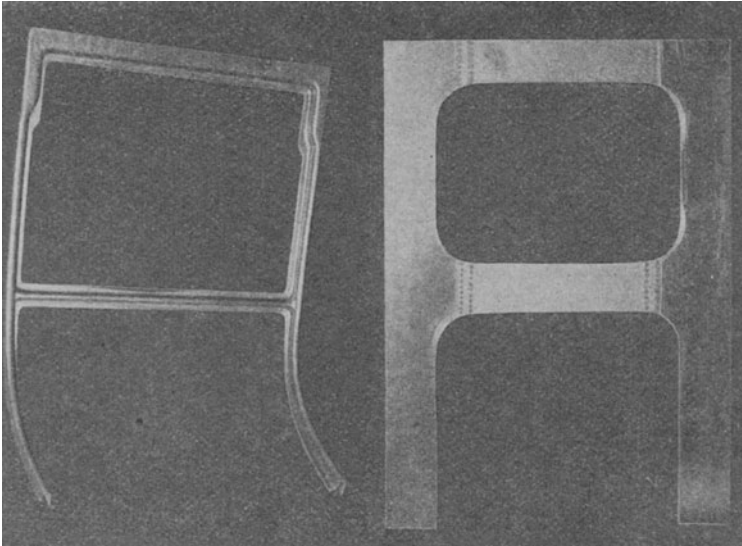


Abb. 47. Formstanzteil aus punktgeschweißten Blechstreifen.

dung als Baumaterial für kleinere Teile nur in einem sehr beschränkten Umfange finden können.

Man wird sich bei dem Entstehen zu großer Abfallmengen (über etwa 25% hinaus) zu einer Konstruktionsänderung oder, wenn das aus Festigkeitsgründen zulässig und aus technologischen Gründen möglich ist, zu einem Schweißen von Blechresten oder günstiger zuzuschneidenden Rohteilen entschließen müssen. Die Abb. 47 zeigt ein Beispiel der letztgenannten Maßnahme, durch die der Blechbedarf auf rund 40% des Bedarfs bei dem Herausschneiden des betreffenden Teiles aus dem vollen Blech herabgesetzt wurde. Dieses Verfahren hat außerdem noch den Vorteil, die Blechdicke den verschiedenen Beanspruchungen besser anpassen zu können.

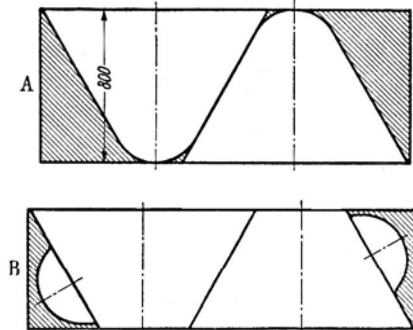


Abb. 48. Blechausnutzung bei einem Muldenkipper.

Ein Beispiel sehr guter Materialausnutzung zeigt Abb. 48. Durch

Aufteilen der Seitenwände einer Kippwagenmulde wurde die Blech-  
ausnutzung um 20% gesteigert.

Einen weiteren Fall der erheblichen Blecheinsparung zeigt Abb. 49.  
Durch die Aufteilung des Kreisringes in acht Teile wird die Blech-

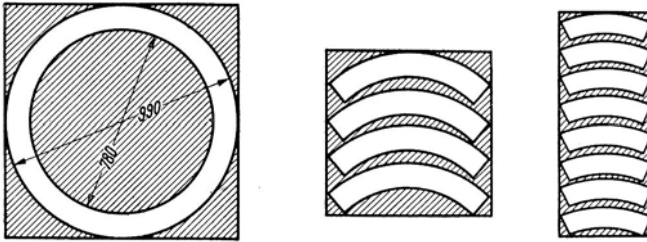


Abb. 49. Beispiel der Halbzeugeinsparung durch Aufteilung

nutzung von 30,5% auf 82,5% gesteigert. Wenn ein solcher Fertigungs-  
vorgang wegen der wesentlichen zusätzlichen Verbindungsarbeit  
(Schweißen) auch seltener vorkommen wird, so kann doch das Beispiel  
diejenigen eines Besseren belehren, die es zur Vereinfachung der Arbeit  
für richtig ansehen, Kreisringabschnitte durch Aufteilen eines aus dem  
vollen Blech hergestellten Kreisringes  
zu fertigen.

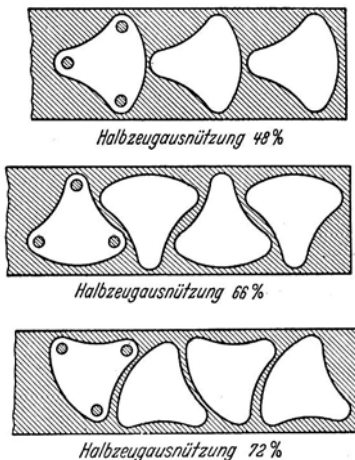


Abb. 50. Schnitt-Teile, deren Lage zum  
Band die Größe des Abfalls bestimmt.

halten. Die Größe des Abfalles hängt von der Lage des Teiles auf dem  
Band ab, wie die Abb. 50, 51 und 52 erkennen lassen. Über diese Lage  
und damit über den Abfallanteil zu entscheiden, ist Sache der Werk-

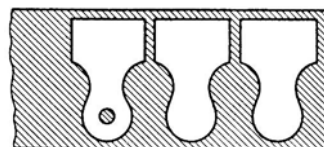
Aus dem Gebiete der Stanzerei-  
technik bringt die Fachliteratur fort-  
gesetzt Beispiele der Einsparmöglich-  
keit, aus denen hervorgeht, wie wich-  
tig die Steigerung der Blech-  
ausnutzung den Fachleuten dieses Gebietes ist. Es  
werden daher hier nur einige Beispiele  
gebracht, die der Literatur entnommen  
sind. Im übrigen wird auf die eine gute  
Übersicht gebenden Beispiele in der  
AWF-Schrift 5971<sup>1</sup> verwiesen.

Die Schnitt- und Stanzteile werden  
in der Hauptsache aus Blech in Band-  
form hergestellt, dessen Breite den  
Maßen der Teile angepaßt wird, um  
einen möglichst geringen Abfall zu er-

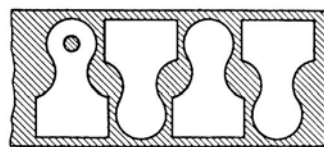
<sup>1</sup> Richtlinien für Werkstoffersparnis bei Schnitt- und Stanzteilen. Ausgearbeitet  
vom Ausschuß für Stanzereitechnik beim AWF.

statt, wenn nicht im Einzelfall die Walzrichtung des Bleches eine ausschlaggebende Rolle spielt. Man wird aus diesen Abbildungen erkennen, wie groß die Einsparungsmöglichkeiten sein können. Abb. 53 zeigt als besonderes Mittel der Einsparung die nachträgliche Verformung von Stanzteilen, wodurch die Halbzeugmenge um rund 38% vermindert worden ist.

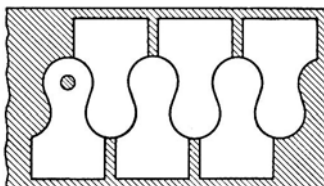
Bei dem Ausschneiden von Blechteilen mit nicht geraden Kanten aus normalen Tafeln fällt nicht nur durch den meistens nicht brauchbaren Tafelrandteil, durch die Späne beim Trennen und die Lochausschnitte ein entsprechender Abfall an (siehe Abschnitt: Verluste durch Trennen), sondern in erheblichem Maße auch durch die unzureichende Möglichkeit, die einzelnen verschieden geformten Teile so dicht zusammenzulegen, daß überall nur noch Platz für die Trennfuge und eine kleine Bearbeitungszugabe am Rand der Teile verbleibt. Der deshalb entstehende Blechverlust stellt meistens den größten Anteil am Gesamtverlust dar. Es muß daher bei den dazu geeignet erscheinenden Teilen in jedem Falle versucht werden, sie auf eine weniger verlustreiche Weise herzustellen, sei es durch Aufteilen in mehrere, mit geringerm Verlust herzustellende Stanzteile, sei es durch Verformen von



*Halbzeugausnutzung 53%*

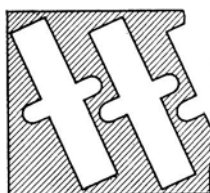


*Halbzeugausnutzung 67%*

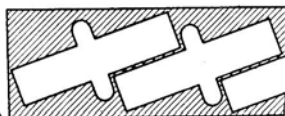


*Halbzeugausnutzung 84%*

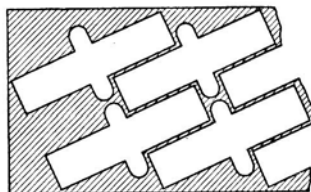
Abb. 51. Schnitt-Teile, deren Lage zum Band die Größe des Abfalls bestimmt.



*Halbzeugausnutzung 46%*



*59%*



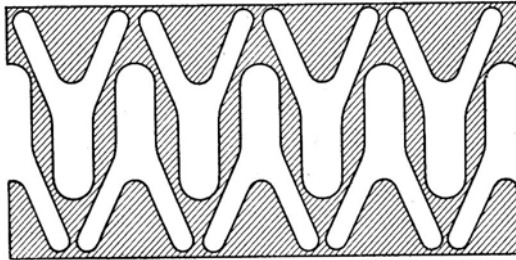
*71%*

Abb. 52. Schnitt-Teile, deren Lage zum Band die Größe des Abfalls bestimmt.

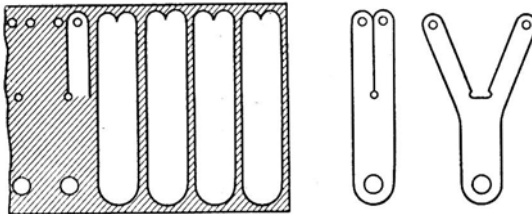
Blechstreifen mittels der Einziehmaschine, anstelle des Ausstanzens eines in der Blechebene gekrümmten Teiles.

Abb. 54 zeigt eine sehr gute Materialausnutzung bei der Herstellung eines Behälters aus Blech. Der Fußring *A* und der Boden *C* werden in

einem Arbeitsgang aus einer Platine gedrückt und dann voneinander getrennt. Der Blechzylinder *B* wird über den Rand der Teile *A* und *C* geschoben und mit ihnen verschweißt oder vernietet.



Halbzeugausnützung 56%



Halbzeugausnützung 78%

Abb. 53. Schnitt-Teile, bei denen nachträgliches Verformen die Halbzeugausnützung um 22% erhöhte.

**Verluste beim Zusammenbau.** Bei der Herstellung fester Verbindungen durch Schweißen und Löten geht meistens nur ein Teil des Schweißgutes und des Lötmaterials, bei einigen Verfahren, z. B. dem Stumpfschweißen, ein Teil des Baumaterials verloren. Es kann aber auch vorkommen, daß ungeübte Schweißer das Material überhitzen und dadurch zerstören.

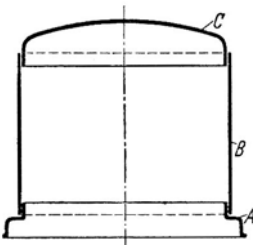


Abb. 54. Fertigung eines Blechbehälters aus zwei Rohnteilen.

Durch das Hartlöten im Schutzgasofen und im Tauchverfahren werden erhebliche Mengen an Lötstoff eingespart. Beim Übergang vom Kolbenlöten zum Tauchverfahren kommt man zwar mit einem Anteil von 10 bis 15% Zinn in der Bleilegierung des Tauchlotes aus, gegen 40% Zinn beim Kolbenlöten, dafür muß aber die Tauchbadtemperatur von 360° auf 430°, also um 20% gesteigert werden. Nach vorliegenden systematischen Versuchen steigen der Gesamtverbrauch an Lötstoff und die Lötzeit mit dem Abfall des Zinnanteils unter 35% erheblich an.



Nach Möglichkeit muß man in allen irgendwie dafür geeigneten Fällen vom Löten auf das Schweißen übergehen. Letzteres ist im größeren Umfange beim Bau von elektrischen Geräten mit Erfolg zur Anwendung gekommen. Es bedingt eine gewisse konstruktive Vorbereitung und die vorherige Fertigstellung geeigneter Schweißgeräte (Schweißzangen, -griffel und dgl.) in genügender Zahl. Es ist anzunehmen, daß in der Zukunft, z. B. bei den Nachrichtengeräten, etwa 40% aller bisher durch Löten hergestellten Verbindungen geschweißt werden können. Der Materialaufwand ist dabei erheblich geringer als beim Löten und von der Geschicklichkeit des Schweißers weniger abhängig.

Der Elektrodenverbrauch bei der Lichtbogenschweißung ist von der Elektrodenmarke, den Schweißigenschaften des Stromerzeugers, der Geschicklichkeit des Schweißers und von der Schweißnahtgestaltung abhängig. Setzt man den Elektrodenverbrauch bei einer normalen X-Naht gleich 1,0, dann beträgt der Verbrauch bei einer V-Naht etwa das 1,7fache und bei einer rechtwinkeligen Kehlnaht etwa das 2,4fache, einschließlich der Verluste durch Abbrand und Spritzer bei normaler Polung und Stromstärke. Letztere Verluste liegen zwischen 5 und 20%. Beim Schweißen von Hand tritt ein Verlust von 7 bis 10% infolge der im Halter verbleibenden Elektrodenreste hinzu, so daß dann mit einem Gesamtverlust an Schweißgut zwischen 12 und 30% der eingesetzten Elektrodenmenge zu rechnen ist.

Das zur lösbarsten Verbindung in großem Umfange verwendete Niet führt zu einem beachtlichen Materialmehraufwand. Für jedes einzelne Niet wird in mindestens zwei Teilen durch Bohren oder Stanzen eine gewisse Materialmenge in Schrott verwandelt und durch Aussenken des Loches noch vermehrt. Wenn es nicht möglich ist, das Nieten durch Schweißen zu ersetzen, dann muß die Anzahl der Niete und der Nietdurchmesser eingehend auf ihre Notwendigkeit hin untersucht werden. Die in den technischen Handbüchern angegebenen Faustformeln für die Beziehungen zwischen Blechdicke und Nietschaftdurchmesser, für Nietabstände usw. führen oft zu unrichtigen Maßen. Richtige Festigkeitsrechnungen und -versuche haben Nietzahlverminderungen bis 50% und mehr gebracht.

Das Gewicht der Niete (nicht der Nietköpfe!) beträgt normal etwa 4 bis 6% und bei öldichter Nietung etwa 7,5% des Walzmaterialgewichtes (Bleche und Profile). Außerdem bedingt das Nieten, z. B. von Kesseln, Schiffen usw., Überlappungen, Laschen und Unterlegstreifen, deren Gewicht ebenfalls bis 6% des Walzmaterialgewichtes beträgt. Der Übergang vom Nieten zum Schweißen hat, z. B. im Schiffbau, eine Gewichtsverminderung des Schiffskörpers um etwa 10% und eine entsprechende Materialmengenverminderung gebracht.

Durch falsches Leimen von Holzteilen gehen nicht nur der Leim, sondern oft auch die geleimten Teile verloren. Unrichtige Zuordnung des Leims zum Werkstoff der zu verleimenden Teile, ungenügende Sauberkeit in der Vorbereitung der Leimflächen, falsches Ansetzen des Leimes, Anwendung zu alten Leimes; ungenügender Preßdruck während des Verleimens, ungenügende Trockenzeit und Leimstätten mit falscher Lufttemperatur und feuchtigkeit schaffen unzureichende Festigkeitsverhältnisse in der Leimnaht. Beim Wiederholen des Leimens an einer mißglückten Stelle muß meistens der Baustoff an der alten Leimstelle in einem genügenden Umfange beseitigt werden, um eine sichere Verbindung herzustellen.

Vielfach wird auch mit den Dicht- und Isolierstoffen, wie Gummi, präparierten Binden, Blei, Preßspan, Asbest usw., nicht wirtschaftlich

umgegangen (siehe Abb. 55). Das Schneiden von Flanschdichtungsscheiben aus Gummiplatten führt stets zu einem selten weiter verwendbaren Abfall von relativ bedeutender Größe. Richtiger ist das Beziehen fertiger Dichtungen vom Gummilieferanten, der sie unter geringerem Materialverlust herstellen kann.

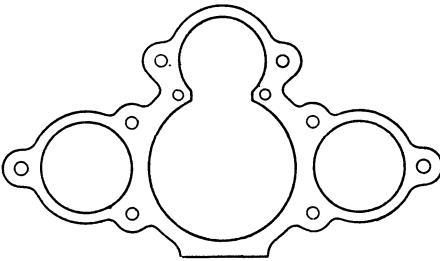


Abb. 55. Beispiel einer verhältnismäßig viel Abfall ergebenden Flanschdichtung.

Durch Verlieren und Fortwerfen von Kleinzeug, wie Nägel, Niete, Muttern, Unterlegscheiben, Splinte, Bindedraht und dgl., geht eine Menge Material in den Werkstätten dem vorgesehenen Verwendungszweck verloren, weil die Kleinheit dieser Gegenstände ein Zuzählen und sonstiges Überwachen des Verbrauches nicht gegeben erscheinen läßt. Bei Außenmontagen bleiben vielfach Reste von Verbindungsteilen am Montageort zurück, werden in die Erde getreten, verrosten an feuchten Aufbewahrungsorten oder gehen auf andere Weise verloren. Die Höhe des Verlustes an Verbindungsteilen wird z. B. im Brückenbau und Schiffbau mit etwa 10 bis 15% der nach den Zeichnungen zu ermittelnden Menge angenommen und in anderen Industriezweigen ähnlich groß sein.

Materialverlustquellen entstehen auch durch unrichtige oder ungenügende Kennzeichnung der zusammenzubauenden Teile, wodurch also ähnliche Teile leicht miteinander verwechselt werden können. Das geschieht besonders dann, wenn bei einem Teil die Verbindungsvorbereitung, z. B. das Bohren von Niet- und Schraubenlöchern, beim Zusammenbau erfolgen muß. Werden Bolzenlöcher in den zu verbindenden Teilen miteinander auf Maß gerieben, dann entsteht nicht selten ein Übermaß oder eine nicht brauchbare geometrische Form des Loches

und dadurch Arbeitsausschuß. Oder es werden Teile miteinander verschliffen; dann können ebenfalls untragbare Maßabweichungen entstehen.

Auch aus diesen und ähnlichen Gründen ist es zweckmäßig, alle Paßarbeiten *vor* dem Zusammenbau zu beenden, wie es der Austauschbau verlangt. Sie können dann mit gut gerichtetem Werkzeug und meistens in Vorrichtungen und mit Maschinen mit einem Güteergebnis durchgeführt werden, das bei Paßarbeiten gelegentlich des Zusammenbaues nicht zu erreichen ist.

Andere Verlustursachen beim Zusammenbau sind Bruch durch Zwang, Herabfallen und auf andere Weise, Beschädigen beim Nieten, Überdrehen von Schrauben usw. Überdrehte Gewinde, abgewürgte Stiftschrauben, durch zu scharfes Schrauben- oder Mutteranziehen abgebrochene Füße und Flanschen sind keine solche Seltenheit, wie man oft anzunehmen geneigt ist.

**Abfallverwendung.** Die Verwendung des Abfalls muß mit seiner sachgemäßen Sammlung und Prüfung beginnen. Die Sammlung der Späne, Stangenreste, Blechreste, der Gußbruchstücke usw. soll nicht gelegentlich der Werkstattreinigung, sondern systematisch und mit dem ausgesprochenen Zwecke der bestmöglichen Weiterverwendung der Abfälle erfolgen. Siehe S. 179 u. f. Die Belegschaft muß den Eindruck haben, daß auch Abfälle noch Wertgegenstände darstellen.

Diese Abfälle nach Möglichkeit zu Fertigungszwecken weiter zu verwenden, ist nicht nur erforderlich, um die Werkstoffvergeudung einzuschränken, sondern auch um die unnötige Fertigung neuer Halbzeuge und Rohlinge und damit den unnützen Verbrauch an Werkstoff, Zeit, Lohn, Strom und Werkzeug zu vermeiden.

Es ist oft etwas mühevoller, mit Abfällen zu arbeiten, als Teile vom neuen Halbzeug abzuschneiden. Daher kommt es vor, daß Arbeiter Reste absichtlich zu Schrott zerschneiden, um nicht die Erschwerungen der Weiterverarbeitung dieser Reste auf sich nehmen zu müssen. Man soll nichts unversucht lassen, um fehlerhafte Halbzeuge, Rohlinge und Fertigteile durch zusätzliche Arbeiten wieder zu vollwertigen Erzeugnissen zu machen. Je teurer das Material ist, desto lohnender wird die Prüfung des Abfalls auf Brauchbarkeit für die Weiterverwendung bei der Fertigung sein.

### Verluste durch Fertigungsmittelschäden

**Allgemeines.** Der Wert der zur Durchführung der Fertigung erforderlichen Fertigungsmittel, wie Werkzeugmaschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Meßzeuge usw., beträgt in der deutschen Industrie mehrere Milliarden Mark. Jede Beschädigung dieser Fertigungsmittel durch natürliche Abnutzung oder unsachgemäße Behandlung bedeutet

Verlust an Material und Zeit. Daher ist es dringend erforderlich, diese Fertigungsmittel in die Materialwirtschaft einzubeziehen und sie durch ausreichende Pflege und rechtzeitige sachgemäße Reparatur möglichst lange gebrauchsfähig zu erhalten. Ferner ist die Belehrung der mit den Fertigungsmitteln hantierenden Belegschaftsmitglieder mit aller Energie zu betreiben, trotz des selten vollen Erfolges dieser Handlung.

Die der Materialverlustminderung dienende Pflege muß sich auch auf die Baulichkeiten und Fabrikeinrichtungen, die Fußböden, Fenster, Türen, Öfen, Leitungen, Förderanlagen, Hebezeuge usw. erstrecken. Diese Pflege verhütet oft auch den Fertigungsmaterialverlust, der infolge von Gebäudeschäden durch Verderb der gelagerten Halbzeuge und Fertigteile entsteht. Zu den Mitteln der Verlustminderung gehören natürlich auch die Maßnahmen zur Sicherung gegen die Feuer- und Explosionsgefahren.

Weitere Verlustquellen bilden leerlaufende Werkzeugmaschinen, die ohne produktive Leistung Kraftstrom verbrauchen und Abnutzungen unterliegen, ferner zwecklos brennende Schweißbrenner, undichte Luft- und Flüssigkeitsleitungen, Hähne, Ventile und dgl. Diese unscheinbaren Verluste, die zu beachten viele Leute unter ihrer Würde halten, führen, da sie im Laufe des Jahres tausendfach auftreten, zu Materialvergeudungen, deren Kosten eine beachtliche Zahl von Millionen Mark je Jahr betragen.

**Verluste an Werkzeugmaschinen.** Diese Verluste entstehen in der Hauptsache durch schlechte Instandhaltung und Überlastung der Maschinen, die beide den Grad der Abnutzung und der Bruchgefahr erheblich beeinflussen.

Da einerseits die modernen Fertigungsgegenstände in steigendem Maße genaue Arbeit verlangen, andererseits in zunehmendem Umfange angelernte Kräfte in die Fertigung hineinkommen, hat die planmäßige Instandhaltung der Fertigungsmittel eine erheblich größere wirtschaftliche Bedeutung erhalten, als es früher meistens der Fall war.

Bei der Massenfertigung mit ihrem zum Teil sehr weitgehend automatisierten Arbeitsablauf ist der früher an den Maschinen bevorzugt beschäftigte Facharbeiter mehr und mehr durch den Maschinenbediener ersetzt worden, dessen Hauptaufgabe es ist, die Maschine mit Material zu versehen, und der nicht oder nicht wie der Fachmann in dem gleichen Maße auf die Gefahrensignale achtet, die auf beginnende Maschinenstörungen hinweisen. Daher ist die regelmäßige Prüfung des Maschinenzustandes, das regelmäßige Schmieren und Reinigen und die Bedienungsanleitung durch geschultes Personal von erheblichem Einfluß auf die Lebensdauer der Maschinen und ihrer Nebeneinrichtungen.

Welcher Aufwand trotzdem zur Erhaltung der Gebrauchsfähigkeit erforderlich ist, geht aus einem von *Daneel*<sup>1</sup> gegebenen Beispiel hervor: Eine Drehbank erfordert an Instandsetzungsaufwand 120 bis 150 Arbeitsstunden je Überholung und Jahr, also 300 bis 400 DM, das sind etwa 4% des Anschaffungspreises der Maschine.

Die Verluste durch Bruch infolge von Überlastungen der Maschinen werden meistens durch Unachtsamkeit oder Mangel an genügend geeigneten Maschinen verursacht. Da auch die schwerste Werkzeugmaschine nicht absolut starr ist, deformiert sie sich unter dem Werkzeugdruck und dem Werkstückgewicht mehr oder weniger. Hinzu kommt, daß der gewachsene Erdboden oder der Fabrikgebäudeboden, auf dem die Maschine steht, im Laufe der Zeit seine Lage ändert und ferner die Maschinen nicht immer unter voller Beachtung der Aufbau- und Betriebsanweisungen der Herstellerfirmen fundamementiert worden sind.

Wenn zur Steigerung der Schnittgeschwindigkeit die Umlaufgeschwindigkeit der Werkstücke gesteigert werden muß, können Fehler in der Auswuchtung derselben zerstörende Wirkungen auf die Maschinen infolge von Schwingungen haben. Innerhalb eines Umlaufs oder Hubes stark wechselnder Spanquerschnitt kann ebenfalls nachteilige Schwingungen des ganzen Systems hervorrufen.

Die meisten Störungen und Schäden treten anscheinend aber an den als Antriebsmaschinen der Werkzeugmaschinen, Werkzeuge usw. dienenden Elektromotoren auf. Die Summe der Versicherungsschäden an elektrischen Maschinen bildet den größten Anteil an der Gesamtsumme aller versicherten Betriebsschäden, in DM ausgedrückt, trotzdem die Konstruktionsleistung der Antriebsmotoren der Werkzeugmaschinen nur selten voll und für längere Zeit in Anspruch genommen wird. An zweiter Stelle stehen die Schäden an Dampfturbinen, bei denen die Schaufeln durch abbrechende Teile und Korrosion oft in größerem Umfange zerstört werden.

Werkzeugmaschinenstörungen werden stets mit einem Materialverlust verbunden sein, der entweder durch Maschinen- oder Werkzeugbruch oder durch Unbrauchbarwerden des bearbeiteten Werkstücks als Folge der Maschinenstörung entsteht.

**Verluste an Werkzeugen.** Auch bei den Werkzeugen entstehen die hauptsächlichsten Verluste durch mangelhafte Instandhaltung und Überlastung in Verbindung mit unsachlicher Handhabung.

Die laufende Instandhaltung der verschiedenen Werkzeuge sollte stets nur durch geschulte Fachleute erfolgen. Sorgfältiges Schleifen

---

<sup>1</sup> *Daneel, E.*: Planmäßige Maschineninstandhaltung im Kriege. Z. Maschinenbau. Der Betrieb. April, 1942.

unter Einhaltung der Schnittwinkel, Verwendung der richtigen Schleif- und Kühlmittel, besonders beim Schärfen der teureren Hartmetallplättchen, ist eine Vorbedingung für die einwandfreie Zerspanung. Durch den Schrägschliff von Stanzereiwerkzeugen kann die Standzeit derselben erheblich verlängert werden. So war es durch diese Maßnahme möglich, in einem Falle die Zahl der Teile je Scharfschliff des Werkzeugs von 18000 auf 87000 zu bringen. Falsche Schnittgeschwindigkeiten und Werkzeugeinspannung, zu große Spantiefe oder zu großer Vorschub führen zur Überanstrengung der Maschine und des Werkzeugs. Je stumpfer ein Werkzeug ist, desto schneller erlahmt infolge der zunehmenden Erwärmung die Widerstandskraft der Werkzeugschneide. Ihre dann folgende ausgedehnte Beschädigung und das dadurch hervorgerufene umfangreiche Nachschleifen verursachen einen erhöhten Werkzeugverbrauch und eine entsprechend längere Schleifzeit. Stumpfe Werkzeuge beeinflussen infolge ihrer stärkeren Beanspruchung der Maschine deren Lebensdauer nachteilig. Außerdem können sie eine nachteilige Erhitzung der Werkstückoberflächenzone herbeiführen.

Die Verwendung von Werkzeug, das dem Werkstoff des zu bearbeitenden Bauteils angepaßt ist, bringt in doppelter Beziehung Materialeinsparung, denn diese Verwendung vermindert den Werkzeugverschleiß und außerdem den Verlust durch Arbeitsausschuß infolge von rissiger und rauher Oberfläche und ähnlichen Zerstörungen der Werkteile, wirkt also in der gleichen Weise förderlich, wie die Pflege der Werkzeugmaschinen und Werkzeuge, die auch eine Gemeinschaftsaufgabe der gesamten Industrie ist. Mit steigender Produktionsmenge wächst natürlich auch die dazu erforderliche Menge von Werkzeugen beträchtlich. Dazu kommen die langen Lieferfristen derselben, die indirekt zwingen, mit dem Werkzeug sparsam umzugehen. Da man den Werkzeugverschleiß an sich nicht hindern, wohl aber durch entsprechende Maßnahmen einschränken kann, so sind diese mit allem Ernst zur Anwendung zu bringen.

Die zur Vereinfachung der Verwaltung noch vielfach anzutreffende Gepflogenheit, das aus dem Werkzeuglager an die Werkzeugausgabe gelieferte Werkzeug als verbraucht anzusehen und dementsprechend buchmäßig zu behandeln, stempelt das Werkzeug in den Augen mancher Belegschaftsmitglieder zu einem minderwertigen Gegenstand, auf den es nicht so anzukommen scheint, besonders, wenn die einzelnen Werkzeuge einen kleinen Wert darstellen. Das den größten Verschleiß aufweisende Werkzeug ist der Spiralbohrer, tausendfach in allen Größen verwendet und oft schlecht behandelt. Was kann an einem lumpigen Bohrer schon liegen? Und doch hat die Betriebsfachgemeinschaft Berlin-Brandenburg der Eisen- und Metall-Industrie und der Bevoll-

mächtigte für die Maschinenproduktion einmal festgestellt, daß eine Werkzeugfabrik für andere Zwecke frei werden würde, wenn jedes Unternehmen, das Spiralbohrer verbraucht, bei jeder Werkzeugbestellung nur einen Spiralbohrer weniger in Auftrag gibt. Abgebrochene Bohrer müssen durch Spannhülsen oder Anschweißen weiter verwendbar gemacht, tausende von neuen Spiralbohrern können dadurch eingespart werden.

Werkzeugbrüche können durch sorgfältiges Bedienen der Maschine, gutes Spannen der Werkzeuge und Werkstücke, richtige Wahl des Vorschubs und der Spantiefe vermieden werden. Bei zu stark angestelltem Span zerspringt meistens der ganze Fräser. Immer wieder werden Reibahlen zum Nachbohren von Löchern verwendet, während sie nun zum Ausreiben von Bohrungen auf das Paßmaß dienen sollen. Eine von der Reibahle verlangte zu große Spanleistung führt meistens zum Festsitzen der Ahle im Loch und endet gewöhnlich mit dem Bruch einzelner Schneiden oder des ganzen Werkzeuges und dem Ausschluß werden des betreffenden Werkstücks.

Auch das Herausfahren von Fräsern, Bohrern und Reibahlen aus der Arbeitsstellung entgegen der Schneidrichtung kann zu Zerstörungen der Schneiden führen, die durch das Einklemmen von Spänen zwischen der Schneide und der bearbeiteten Fläche entstehen. Eine gefahrbringende Unsitte ist auch das Anhalten der Maschine bei angestelltem Span. Es hat fast immer den Bruch der Schneide, besonders der mit Hartmetallplättchen bestückten, im Gefolge.

Ein gutes Mittel zur Einsparung von Werkzeugmaterial ist das Anschweißen des wolfram- oder molybdänhaltigen Schnellstahls an unlegierten Stahl, z. B. bei Nutenfräsern, Abwälzfräsern, Bohrern, Zapfensenkern, Drehmeißeln usw., oder durch Aufschweißen der Schneiden aus hochwertigem Werkzeugstahl auf Schneidenträger aus einfacherem Stahl, z. B. der Hartmetallplättchen an Drehmeißeln, und dgl. Vielfach kann die Abnutzung auch durch Hartverchromen und Nitrieren verringert werden. Die Verwendung von Hartmetallschneiden bringt außer einer wesentlichen Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit eine höhere Standzeit der Werkzeuge, also höhere Werkstückzahlen ohne Nachschleifen, gegenüber den Schnellstahlwerkzeugen und dadurch eine wesentliche Werkzeugmaterialeinsparung. Ferner gestattet die bei der Verwendung von Hartmetallschneiden entstehende saubere Werkstückoberfläche in vielen Fällen, besonders bei Holz, eine kleinere Bearbeitungszugabe und dadurch und durch geringeren Arbeitsauschuß eine Materialeinsparung bei der Werkstückfertigung, wenn es auf eine saubere Werkstückoberfläche ankommt.

Ebenso nützlich ist das Hartmetall bei der Bestückung von Werkzeugmaschinenteilen, wie Körnerspitzen der Drehbänke, Schleif- und Führungslinialen, Führungsbacken usw.

Bei Schnittplatten und Schnittstempeln kommt es hauptsächlich auf die Leistung der Schnittkanten dieser Werkzeuge an. Man armiert daher die Schnittkante mit einer Leiste aus Edelstahl, die man hochstellt und etwas über den Werkzeugkörper hinausragen läßt, damit nicht beim Nachschleifen die ganze Werkzeugfläche angegriffen wird. Siehe Abb. 56.

Zur Verminderung des Ausschusses beim Ziehen von Hohlkörpern ist auf Schmierung, Ziehgeschwindigkeit, Stempelspiel, Faltenhalterdruck, Ziehkantenrundung und Ziehkraft zu achten. Über den Einfluß dieser Faktoren gibt die zahlreiche Literatur eingehende Auskunft. Wenn zum Teil auch noch keine festen, von den Fachleuten anerkannten Regeln vorhanden sind, so besteht doch schon eine gute Kenntnis derjenigen Einflüsse, die den Ausschuß beim Ziehen herbeiführen können.

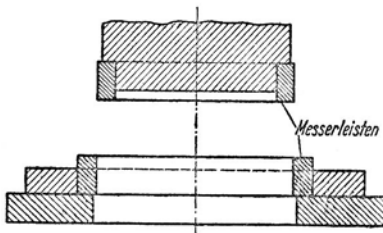


Abb. 56. Schnittwerkzeug mit  
Edelstahlmesserleisten.

Besonders wichtig ist es, den Einfluß der Form des Ziehteils und der Art des Werkstoffs auf das Gelingen zu wissen, aber auch das Vermeiden ungünstiger Maße und Stoffe gibt keine absolute Sicherheit gegen den Ausschuß. Hierbei spielen die Formen des Werkzeugs und die Ziehvor-

gänge eine bedeutende Rolle, so daß bei jedem neugeformten Ziehkörper und jedem neuen Werkstoff erst eine ganze Anzahl von Ziehproben gemacht werden muß, bis man zu einer ausschußschwachen Fertigung kommt. Spätere starke Schwankungen der Blechdicken können das Ergebnis dieser Vorsorge stark benachteiligen.

Das Phosphatieren des stählernen Ziehgoods verlängert die Lebensdauer der Ziehwerkzeuge, vermindert die Ziehkraft unter Vermehrung der Zügezahl, besonders bei Rohren, ohne Zwischenglühen, gestattet ferner die Vermeidung hochviskoser Schmiermittel und die Anwendung fettarmer Emulsionen und steigert die Oberflächenglätte der damit gezogenen Stangen gegenüber den gebeizten und mit Öl gezogenen.

Ausgeschlagene Schmiede- und Preßgesenke führen zu unnötigem Materialverbrauch für das Werkstück. Daher ist es zweckmäßig, die Lebensdauer dieser Gesenke möglichst zu verlängern. Sie hängt von der Festigkeit des Gesenkwerkstoffs, der Glätte der Gesenkoberfläche, der Form der Werkstücke und von der Temperatur beim Verformen ab. Nach der Erfahrung kommt man mit einer Gesenkwerkstofffestigkeit von 95 bis 110 kg/mm<sup>2</sup> bei schweren Gesenken, von 120 bis 130 kg/mm<sup>2</sup> bei mittelschweren und 160 kg/mm<sup>2</sup> bei kleinen Gesenken aus. Im allgemeinen wird ein Gesenk aus Stahl mit einer Festigkeit von 130 kg/mm<sup>2</sup> etwa 1000 Stahlstücke aushalten. Bei geeigneten Schmiedeteilen ist es



möglich, die Ausnutzbarkeit bis auf 2000 Stück zu steigern, wenn das einzelne Stück nach jedem Schlag aus dem Gesenk gehoben und dieses gut gereinigt wird. Rechtzeitiges Nacharbeiten und Polieren des Gesenks trägt zur Vergrößerung der Stückzahl sehr bei.

Eine Werkzeugstahleinsparung kann durch Verwendung von würfelförmigen Preßgesenken für Preßteile erfolgen, die nur ein glattes Ober- teil erfordern und auf Spindelpressen hergestellt werden. Diese Würfel erhalten Gravuren auf allen sechs Seiten, die bei einer Massenfertigung desselben Werkteils abwechselnd benutzt werden. Wegen der daraus folgenden schonenden Behandlung der einzelnen Gravuren durch weniger häufiges Ausglühen und Härten des Gesenke wird die mit der gleichen Menge Gesenkstahl herzustellende Werkstückzahl auf annähernd das Dreifache gesteigert.

Die Verwendung von Kokillenguß führt zu einem relativ großen Materialaufwand für die Fertigung der Kokille, wird daher erst bei größeren Stückzahlen wirtschaftlich. Bei der Fertigung einer Kokille für Leichtmetallguß ist mit einem Fertiggewicht der Kokille gleich  $20 \sqrt{G}$  bis  $40 \sqrt{G}$  zu rechnen, worin  $G$  das Gewicht des gegossenen Rohlings in kg bedeutet. Der Materialeinsatz zur Herstellung der Kokille beträgt das Doppelte bis Dreifache ihres Fertiggewichts.

Zur Einsparung an Werkzeugbaustoff trägt auch die Werkzeugnormung wesentlich bei. Sie verringert und vereinfacht die erforderlichen Werkzeuge aber nur, wenn die Werkteilmäße, z. B. die Bohrungsdurchmesser, ebenfalls genormt sind und wenn ferner die Neigung mancher Meister, Vorarbeiter, Dreher usw. unterbunden wird, Werkzeuge nach eigener Anschauung zu fertigen, zu verwalten und vor den Kollegen geheim zu halten. Der Mangel einer zentralen Verwaltung der Werkzeuge führt zur Anhäufung von zum Teil veralteten Werkzeugen in Werkzeugschränken und Schiebeladen der Werk-tische, wo sie, oft längst vergessen, liegen, während sie an anderer Stelle im alten oder geänderten Zustande gute Dienste leisten und den Einsatz neuen Werkzeugmaterials vermindern könnten. Kein abgenutztes oder zerbrochenes Werkzeug darf ohne weiteres in den Schrottkasten geworfen werden; durch Umarbeiten, Anschweißen und dgl. läßt sich noch manches Stück der Weiterverwendung wieder zuführen. Ferner muß auf sachgemäße Aufbewahrung der Werkzeuge am Werkplatz Wert gelegt werden. Das Durcheinanderliegen von Schneid- und Schlagwerkzeugen, Fertig- teilen und Meßzeugen führt zu gegenseitigen Beschädigungen dieser Gegenstände. Die nicht auszurottende Falschbezeichnung „Meßwerk- zeug“ verleitet manchen, mit dem Meßzeug zu werken, es als Schlagwerk- zeug zu benutzen, umlaufende Drehteile damit zu messen oder einen ähnlichen zerstörenden Gebrauch zu machen, für den das Meßzeug nicht geschaffen ist.

### Durch sonstige Ursachen entstehende Verluste

Es gibt fortgesetzt Materialverluste, die weder durch konstruktive Maßnahmen, noch durch Fertigungsfehler entstehen, wenn es auch manchmal den Anschein hat, als seien die Verluste darauf zurückzuführen, oder als seien es gar keine Verluste.

Im folgenden werden einige der sonstigen Ursachen behandelt.

**Änderung des Fertigungsvorhabens.** Der Fernstehende ahnt nicht, welche Folgen eine plötzliche Änderung des Fertigungsvorhabens mit sich bringt. Das ganze Fertigungsunternehmen erhält einen Stoß, der anfangs geradezu lähmend wirkt. Einen Fertigungsbetrieb in Gang zu setzen ist sicher oft nicht leicht, aber ein Kinderspiel gegen die Mühen und den Verdruß beim Abstoppen der einmal begonnenen Arbeit. Im ersten Falle wird die in Bewegung zu setzende Masse an Material und zusätzlicher Arbeit und das Tempo ihrer Bewegung langsam gesteigert. Im letzten Falle aber heißt es, eine bewegte mehr oder minder große Masse in kürzester Zeit zum Stillstand zu bringen. Die Wirkung ist dem Sinne und der Tat nach von der gleichen Art, wie das plötzliche Bremsen eines Eisenbahnzuges. Und man sollte alle die Änderung von laufenden Fertigungen veranlassenden Menschen dazu verurteilen, die Folgen einer Änderung einmal selbst verantwortlich mitzuerleben.

In materialknapper und wirtschaftlich angespannter Zeit wird nur wenig Material zum Aussuchen am Lager gehalten. Die nach Art und Menge benötigten Halbzeuge müssen daher nach der Klarstellung des Fertigungsvorhabens beim Lieferanten bestellt werden, der sie aus den gleichen Gründen auch nicht oder nur in beschränktem Umfange vorrätig hat, also eine längere Lieferzeit beansprucht, die je nach der Belastung seiner Werke gewöhnlich 6 bis 12 Monate und länger währt. Ändert man während dieser Zeit das Fertigungsvorhaben und mit ihm den Halbzeugbedarf, ohne das bestellte Halbzeug abzubestellen oder verweigert der Lieferant die Rücknahme der bereits fertigen oder gar ausgelieferten Mengen, dann entsteht beim Abnehmer ein Lagerbestand, dessen Verwertung nach Zeit und Möglichkeit ungewiß ist, also erst einmal einen unnötigen Materialmehraufwand für einen bestimmten Fertigungsgegenstand darstellt.

**Materialprüfung.** Die praktische Bedeutung aller Materialabnahmevorschriften und -prüfungen besteht darin, den Hersteller zu veranlassen, die Erzeugungsvorgänge in seinem Werke auf ihre Geeignetheit zu überwachen, und dem Verbraucher die Sicherheit zu geben, daß er kein für seine Zwecke ungeeignetes Material verarbeitet. Die Bedeutung liegt also in der Vervollkommnung der technischen Erzeugnisse. Man darf die Materialprüfung aber nicht um ihrer selbst willen durchführen und muß sie unterlassen, wenn ein Zusammenhang zwischen der

Beanspruchung des Materials bei der Prüfung und der im praktischen Betrieb entstehenden in Wirklichkeit nicht vorhanden ist.

Es ist nichts gegen das eingehende Prüfen der Werkstücke, besonders der Gußstücke, zu sagen, vor allem, wenn sie relativ hoch beansprucht werden und von ihrer Festigkeit Menschenleben abhängen, als daß es vielfach übertrieben wird. Es ist bekannt, daß oft mit einer Genauigkeit geprüft wird, die viel größer ist, als der Grad der Sicherheit der Übereinstimmung des Prüfvorganges mit den Vorgängen bei der wirklichen Beanspruchung der Gegenstände im Gebrauch. Dieses Verfahren bringt sicher manche wissenschaftlichen Erkenntnisse, ist aber für die lebendige Praxis mit zu großen Zeit- und Materialverlusten verbunden.

Das Prüfen mit dem Magnaflux-Gerät, das Beizen, Kadmiieren, Kochen in Öl und das Röntgen zur Feststellung von Rissen, Schlackenresten, schwammigen Stellen, Lunkern usw. hat schon seine Berechtigung. Diese Prüfungen sind zum Teil teuer und ihre Kosten oft im Verhältnis zu den Herstellungskosten der Halbzeuge und Rohlinge umso höher, je kleiner und geringwertiger die Werkstücke an sich sind. Am teuersten aber ist die falsche Auswertung der Ergebnisse, durch die manchmal Teile als Schrott erklärt werden, die unverändert oder mit geringen Ausbesserungen ihren Dienst getan hätten. Da nichts absolut einwandfrei hergestellt werden kann, kommt es stets darauf an, zu entscheiden, welche Fehler im Einzelfalle zugelassen werden können. Hierbei hängt alles von der technischen Erfahrung und dem Grad der Verantwortungsfreudigkeit der Prüfer ab. Ihre Kenntnisse sollten durch Untersuchungen von Teilen geschult werden, die längere Zeit ohne Versagen benutzt worden sind.

Sehr oft führt auch die Prüfmethode zu unrichtigen Schlüssen. Es werden z. B. Prüfstäbe aus Wandungen von Gußteilen geschnitten und auf ihre Zugfestigkeit untersucht. Der Guß wird dann nach dem Ergebnis dieser Prüfung beurteilt. Dieses Ergebnis war schon oft negativ, weil sich im Querschnitt des einzelnen Prüfstabes Mikrolunker befinden können, die im vollständigen Gußteil keinerlei nachteilige Wirkung gehabt hätten, weil der Prüfstabquerschnitt nur einen oft sehr kleinen Teil der ganzen beanspruchten Querschnittfläche ausmacht und die Widerstandsfähigkeit eines Körpers ja auch von seiner Gestaltfestigkeit abhängt, das heißt von der Fähigkeit der einzelnen Partien eines massiven Körpers, sich infolge ihrer Lage zueinander und ihrer Beschaffenheit, also ihrer Gestaltung, bei Belastung gegenseitig zu stützen und dadurch die Wirkung örtlicher Fehler auszugleichen oder abzuschwächen.

Wenn ein Stahl mit einer Zugfestigkeit von  $40 \text{ kg/mm}^2$  erforderlich gewesen ist, aber wegen der Normung ein solcher von  $42$  bis  $50 \text{ kg/mm}^2$  (St C 25.61) bestellt wurde, der bei der Abnahme aber nur eine

Festigkeit von  $40 \text{ kg/mm}^2$  aufweisen würde, dann müßte ein mit dem wirklichen Bedürfnis nicht vertrauter Abnahmeprüfer das Material als ungenügend bezeichnen, da es der Bestellung nicht entspräche. Dann würde Vernunft Unsinn werden und ein unnötiger Materialaufwand die Folge sein.

Außerdem sagt *eine* geprüfte Eigenschaft noch nichts darüber aus, ob das Material allen andern zu stellenden Forderungen genügt. Eine hohe Zugfestigkeit oder Streckgrenze bedeutet noch nicht, daß der Werkstoff unter allen Betriebsbedingungen günstiger sein wird, als ein weniger zugfester.

Zweifellos können Oberflächenfehler zu Ermüdungsbrüchen, Steigungsfehler in Gewinden zu zusätzlichen Belastungen der Schrauben führen und dgl. Es ist aber abwegig, Schrauben wegen kleiner Beschädigungen der Oberfläche ihres Kopfes oder Leichtmetallblechtafeln, die doch in kleine Teile zerschnitten werden, zurückzuweisen, weil sie in der Mitte ihrer Fläche einen großen Kratzer aufweisen. Es ist wenig sinnvoll, Schmiederohlinge abzulehnen, bei denen die Bearbeitungszugabe an einzelnen Stellen geringer ausgefallen ist, als die Rohteilzeichnung verlangt. Die noch oft an das Werkstück gestellte Forderung des „guten Aussehens“ hat keine Berechtigung vom Standpunkt der Materialwirtschaft aus gesehen. Wie weit sie sonst berechtigt ist, soll hier nicht untersucht werden.

Eine vernünftige Aussprache zwischen Prüfer und Konstrukteur hat schon manches wertvolle Werkstück vor dem Schrottkasten bewahrt, in den sowieso die vielen Gegenstände wandern, die durch Prüfung bis zum Bruch oder in den Bereich der plastischen Verformung hinein unbrauchbar geworden sind, und viele 1000 kg Material je Jahr ausmachen.

Unter sparsamstem Aufwand an Stoff und Arbeit die größte Wahrscheinlichkeit der Gebrauchsbewährung zu erreichen, ist nach *Daeves*<sup>1</sup> der ursprüngliche Sinn der Abnahmevorschriften und Prüfungen, der erhalten bleiben muß.

**Fertigung nach unreifen Konstruktionen und ungenügender Arbeitsvorbereitung.** Der Beginn des Einzelbaues, des Reihenbaues oder gar der Massenfertigung eines Gegenstandes, der wegen seiner noch nicht abgeschlossenen Konstruktion oder seiner noch nicht voll befriedigenden Eigenschaften dafür nicht geeignet ist, steht immer im Zeichen schlechter Materialwirtschaft. Beginnt man eine solche Handlung, dann wird man eine zum Teil recht erhebliche Materialvergeudung bewußt in Kauf nehmen müssen, die durch die vielfach unvermeidliche Fehlfertigung entsteht, die immer eine unvollkommene Materialaus-

<sup>1</sup> *Daeves, Karl, Dr.-Ing.:* Werkstoffabnahmeprüfung und Gebrauchsbewährung. Z. Maschinenbau. Der Betrieb. Heft 8, August 1942.

nutzung im Gefolge haben wird. Eine unzureichende Arbeitsvorbereitung, die meistens eine Folge zu kurzer Liefertermine und des dadurch erzwungenen übereilten Fertigungsanlaufs ist, führt auch zu übereilten Materialbestellungen auf Grund überschläglicher Mengenermittlungen, die entweder übergroße oder ungenügende Materialanforderungen im Gefolge haben, die später den Fertigungsablauf stören und zur Verwendung von ungeeignetem, verlustbringendem Material führen. Hierdurch und durch die vielen bei der Fertigung dafür nicht reifer Konstruktionen anfallenden Änderungen entsteht ein Materialmehrbedarf von durchschnittlich 20 bis 30% und mehr.

**Fertigung gleicher Gegenstände an mehreren Stellen.** Eine weitere, sehr zu beachtende Ursache des Materialverlustes ist die Verteilung der Fertigung gleicher Gegenstände auf mehrere Werkstätten. Denn in jeder derselben bedingt der Fertigungsanlauf durch Probearbeiten, Maschineneinrichten, Anlernen der Arbeiter usw. einen Materialmehraufwand. Außerdem bringt das Aufteilen einer Materialmenge auf mehrere Transporte kleinerer Mengen erfahrungsgemäß mehr Verlust durch Transportschäden, Verlorengehen, Fehlsendungen, Materialprüfungen bei mehreren Empfängern usw. als eine größere geschlossene Sendung.

**Terminverzögerungen.** Verspätete Lieferungen oder Lieferungen unbrauchbaren Materials, ungenügend bestellte Mengen oder Neubedarf infolge von unerwartetem Arbeitsauschuß zwingen oft zur Verwendung von Material, das für andere Zwecke bestimmt oder anders gearteter Lagervorrat war. In solchen Fällen ist gewöhnlich mit einem unnötigen Materialaufwand, also mit einem Materialverlust, zu rechnen. Fehlen geschmiedete Rohlinge, dann müssen die Teile oft durch Zerspanen von Stangen gefertigt werden. Bleibt 10-mm-Blech aus, und es muß statt dessen 12-mm-Blech genommen werden, dann bedeutet das einen Mehraufwand an Blech von 20%.

**Lagerverluste.** Das Materiallager kann seine größten Materialersparnisse durch richtige Aufbewahrung und Überwachung des Materials erzielen, wodurch Beschädigungen infolge mechanischer und chemischer Einwirkung, Verlorengehen durch Nichtfinden, Diebstahl, falsche Herausgabe und dgl. vermieden werden können.

Die Speicherung von Halbzeugen, Rohlingen und Fertigteilen, die durch Wechsel der Konstruktion oder Lieferprogrammänderungen vorläufig für längere Zeit oder überhaupt un verwendbar geworden sind, oder die ungenügende Erfassung von übriggebliebenen, aber für andere Aufträge noch verwendbaren Resten kann für die Wirtschaft im ganzen eine untragbare Belastung werden, weil sie zur Neuschaffung von Roh- und Werkstoffen veranlaßt, die bei Nutzbarmachung der Lagerbestände zum Teil unterbleiben könnte. Man darf niemals übersehen,

daß jedes Material so lange nutzlos ist, solange es keine Verwendung zum Bau oder Betrieb gefunden hat.

Manches Material verträgt keine längere Lagerung, z. B. Gummi, Schwitzwasser führt zu Korrosionen der Metalle, z. B. des Magnesiums, zu große Wärme zum Schrumpfen und Reißen des Holzes. Das sind ein paar Beispiele für Materialverlustursachen während des Lagerens.

Die Kosten der Materialbevorratung, also einschließlich der Kapitalkosten der Lagerräume und der Kosten des Lagerpersonals, werden gewöhnlich mit 10 bis 12% des Materialwerts veranschlagt, in Wirklichkeit aber höher sein. Eine Entwertung von 5% und ein Schwund von 10% sind nichts Ungewöhnliches. Wenn man noch eine Verzinsung des in das Lagerhaus und seinen Inhalt gesteckten Kapitals von 5% hinzurechnet, dann ergeben sich bereits 20%, Ausgaben ohne Hinzurechnung der Löhne und Sozialausgaben für das Lagerpersonal.

**Einkaufsfehler.** Eine, wenn auch indirekt wirkende Quelle der Materialvergeudung ist das Einkaufen und Einlagern von überzähligem Material. Es besteht bei den Einkäufern vielfach die Gepflogenheit, bei Bedarf von kleinen Mengen handelsüblichen Materials ganze Stangen, Blechtafeln, Felle, Drahringe und dgl. zu bestellen. Oft werden diese Sachen auch nicht gern oder nur mit einem Preisaufschlag in kleinen Mengen abgegeben, so daß es dem Einkäufer wirtschaftlicher erscheint, die handelsüblichen Mindestmengen zu bestellen.

Eine gute Konstruktionsleitung muß kleine Mengen, deren Einkauf unwirtschaftliche Folgen hat, vermeiden. Das geschieht durch Auswahl des Materials aus den erhältlichen, gegebenenfalls genormten, und durch Prüfung des Mengenbedarfs der einzelnen Materialien, die nach der vorliegenden Konstruktion zur Fertigung eines Geräts erforderlich waren. Hierbei müssen alle Materialien ausgeschieden werden, die für einen Auftrag nur in so kleinen Mengen erforderlich sind, daß ihre Beschaffung unwirtschaftlich ist. Sie sind dann durch anderes in größeren Mengen im Gerät enthaltenes Material zu ersetzen. Es ist als unwirtschaftlich anzusehen, wenn z. B. eine 4 m lange Stange Rundstahl mit 30 mm Durchmesser und 22 kg Gewicht gekauft wird, um davon drei Scheiben von je 10 mm Dicke und einem Gesamtgewicht von rund 160 g abzuschneiden oder eine Tafel Blech in der Größe 1000×2000 mm zu kaufen, wenn davon nur ein Stück 120×120 mm wirklich gebraucht wird. Es sollte als Regel angesehen werden, für einen Auftrag kein Halbzeug zu kaufen, von dem nicht mindestens eine ganze Stange oder Tafel von handelsüblicher Größe benötigt wird, selbst dann nicht, wenn das Halbzeug sich unter den für den Werkgebrauch ausgewählten Halbzeugen befinden sollte. Natürlich kann man bei der Entscheidung auch die für mehrere getätigte Aufträge benötigten Mengen eines Halbzeugs zusammenzählen, und selbst-

verständlich ist die für den zulässigen Einkauf entscheidende Mindestmenge bei sehr teurerem Material, z. B. Halbzeug aus Platin, Iridium usw., eine erheblich kleinere als bei billigerem Material, z. B. Halbzeug aus Stahl.

*Janata*<sup>1</sup> schildert einen beispielhaften Fall, in dem bei einer Konstruktion vierzehn verschiedene Sorten unlegierten Stahles vorgeschrieben waren, darunter einer mit einem Gewicht von 450 g je Einheit und einem Vierteljahresbedarf von 108 kg, während die Eisenwerke weniger als 1000 kg nicht lieferten und daher diese Menge bestellt und bezahlt werden mußte. Dieser Vorgang hat sich jedes Vierteljahr wiederholt, so daß im Laufe der Jahre sich in den stahlverarbeitenden Werken erhebliche Mengen Stahl ansammelten, für die bei den Sonderheiten des bestellten Stahls kein eigentlicher Verwendungszweck vorhanden war.

Der Materialeinkauf ist ein aus technischen und terminlichen Gründen schwieriges Geschäft. Daher werden dabei aus Zeitmangel, Überlastung und persönlicher Unüberlegtheit oft Fehler gemacht. Manchmal läßt sich der Einkäufer durch den billigeren Preis einer angebotenen Ware oder durch die angeblich größere Güte eines Materials, unter Abweichung von den technischen Lieferbedingungen, zum Kauf verleiten, in der Annahme, seinem Werk dadurch einen wirtschaftlichen Vorteil verschafft zu haben. Da wird z. B. ein Stahlhalbzeug mit einer größeren Festigkeit als vorgeschrieben gekauft, weil der Preis nicht höher als der des eigentlich verlangten Halbzeugs, die Ware aber früher lieferbar ist. Bei der Bearbeitung stellt sich dann heraus, daß die dafür aufzuwendende Zeit und der Werkzeugverschleiß unwirtschaftlich hoch sind, die Oberfläche des Werkstücks aber schlechter ist, als sie bei Verwendung des vorgeschriebenen Stahls gewesen wären. Außerdem ist mit dem Anstieg der Zugfestigkeit gewöhnlich die Bruchdehnung abgesunken, das gefertigte Teil also unter Umständen für den gedachten Zweck ungeeigneter geworden.

## VII. Materialverluste im Betriebe

### Wirtschaftlich tragbare Verluste

Vom Standpunkt der Materialwirtschaft aus gesehen kommt es nicht nur darauf an, ein Gerät mit möglichst geringem Werkstoffaufwand zu fertigen, sondern es lange genug betriebs- und leistungsfähig zu erhalten, was nicht ohne fortgesetzten weiteren Materialaufwand möglich ist. Wird das wirkliche Endziel der Beschaffung, der dauernde Besitz eines voll brauchbaren Geräts, nicht erreicht, dann

<sup>1</sup> *Janata, Franz*, Ing.: Werkstoffeinsparung beim Warmverformen. Z. Maschinenbau, Der Betrieb, Bd. 91, Heft 10, 1942.