

Rationalisierung der Fabrikation und optimale Losgröße

von

Dr.-Ing. Kurt Andler



VERLAG VON R. OLDENBOURG, MÜNCHEN 1929

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten
Copyright 1929 by R. Oldenbourg, München u. Berlin

Druck von R. Oldenbourg in München.

Vorwort.

Rationalisierung ist ein Schlagwort unserer Zeit. Mit dem Ausdruck »Schlagwort« ist schon angedeutet, daß es von jedermann subjektiv aufgefaßt und angewandt wird.

So wird vielleicht mancher beim Lesen dieser Arbeit sagen, unter Rationalisierung der Fabrikation sei in erster Linie die Typisierung der Fabrikate, die Normalisierung der Einzelteile und schließlich der horizontale Zusammenschluß gleichartiger Fabriken zur Vereinheitlichung der Fabrikation nach dem Prinzip der großen Serien zu verstehen und erst dann dürfe man an die Ausarbeitung von Fabrikationsfeinheiten für die Einzelteile denken.

Dem ist entgegenzustellen, daß die Berücksichtigung der höheren Gesichtspunkte zwecklos ist, wenn die Grundlagen nicht auf festen Füßen stehen; Typisierung, Normalisierung und fabrikatorische Zusammenschlüsse müssen durch Hebung der Fabrikationstechnik ergänzt werden, wenn ein voller Erfolg zustande kommen soll. Gerade an diesem Punkt, der Verbesserung der Fabrikation, können wir heute schon wertvolle Vorarbeit leisten. Die fabrikatorischen Zusammenschlüsse, die kommen müssen, wird erst die Not der Zeit erzwingen; nur wenn die fabrikatorischen Grundlagen in exakter Weise ausgearbeitet sind, können so schwierige Probleme mit Aussicht auf Erfolg angepackt werden.

Leider besteht in der Praxis vielfach der Aberglaube, Verbesserung der Fabrikation könne nur vom Praktiker ausgehen, da der Wissenschaftler davon nichts verstehe. Mit der Entwicklung der Fabrikationstechnik treten aber heute Probleme auf, die der Praktiker gar nicht mehr übersehen, geschweige denn lösen kann. Als Beispiel möchte ich auf das Prinzip der optimalen Losgröße hinweisen, bei dem die gefühlsmäßigen Entscheidungen des Praktikers vollkommen versagen; hier führt nur die mathematische Behandlung der Aufgabe zum Ziel. Es ist anzunehmen, daß die weitere Entwicklung der Fabrikationstechnik neue Probleme aufrollt, die nur durch wissenschaftliche Untersuchungen zu klären sind.

Ich hoffe durch die folgenden Ausführungen einen kleinen Beitrag zu dieser Erkenntnis beizusteuern.

IV

Ich kann dieses Vorwort nicht beschließen, ohne einer Dankespflicht Genüge zu leisten.

In erster Linie möchte ich meinem verehrten Lehrer an der Technischen Hochschule Stuttgart, Herrn Prof. W. Häbich, für die freundliche Unterstützung und Beratung bei dieser Arbeit herzlich danken. Ferner sei den Inhabern der Maschinenfabrik Adolf Zaiser in Stuttgart auch an dieser Stelle herzlicher Dank gesagt für die verständnisvolle Unterstützung bei der Sammlung der Unterlagen zu dieser Arbeit und die bereitwilligst gegebene Erlaubnis zur Veröffentlichung.

Stuttgart, im Mai 1928.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1—5
I. Teil. Der Einfluß der Fabrikationsfaktoren auf die Komponenten der Herstellungskosten	6—35
1. Der Einfluß des Werkstücks auf die Werkstoffkosten	6
2. Die Werkstoffkosten in Abhängigkeit vom Arbeiter	8
3. Der Einfluß von Maschine, Vorrichtung und Werkzeug auf die Werkstoffkosten	9
4. Die Werkstoffkosten in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren	9
5. Der Einfluß der Organisation auf die Werkstoffkosten	10
Der Einfluß der Typisierung, Normalisierung und der Aufstel- lung eines Fabrikationsprogramms auf die Werkstoffkosten	11
Kontrolle und Werkstoffkosten	12
Einfluß der Lagerhaltung und der Nachkalkulation auf die Werkstoffkosten	12
6. Der Einfluß des Werkstücks auf die Bearbeitungszeit	13
7. Die Abhängigkeit der Bearbeitungszeit vom Arbeiter	15
8a. Der Einfluß der Maschine auf die Stückzeit	17
8b. Der Einfluß der Maschine auf die Einrichtezeit und die Serien- stückzahl	21
8c. Der Einfluß der Maschine auf die Verlustzeit	21
9. Der Einfluß von Vorrichtungen auf die Bearbeitungszeit	22
10. Der Einfluß der Werkzeuge auf die Bearbeitungszeit	23
11. Der Einfluß der Arbeitsverfahren auf die Bearbeitungszeit	25
12. Der Einfluß der Organisation auf die Bearbeitungszeit	26
Typisierung und Normalisierung in ihrem Einfluß auf die Bear- beitungszeit	26
Der Einfluß des Fabrikationsprogramms auf die Bearbeitungs- zeit	27
Der Einfluß des Akkordbüros auf die Bearbeitungszeit	27
Arbeitsvorbereitung, Unterweisung, Transportdienst, Instand- haltung der Maschinen und Werkzeuge und ihr Einfluß auf die Bearbeitungszeit	28
Kontrolle und Bearbeitungszeit	30
Die Nachkalkulation und ihr Einfluß auf die Bearbeitungszeit	30
13. Der für Akkordarbeit geltende Zeitlohn und seine Abhängigkeit von den verschiedenen Fabrikationsfaktoren	31
14. Die Unkosten und die verschiedenen Fabrikationsfaktoren	33
II. Teil. Fabrikationstechnische Vergleiche und Kosten- berechnungen	36—61
Einleitung und Entwicklung der Probleme.	36
1. Vergleich der Bearbeitungskosten von ähnlichen Werkstücken verschiedener Größe auf derselben Maschine	41
2. Vergleichsberechnungen bei demselben Werkstück und gleicher Stückzahl auf verschiedenen Maschinen	45

VI

	Seite
3. Vergleiche zwischen verschiedenen Herstellungsverfahren und Stückzahlen bei demselben Werkstück	47
4. Die Bestimmung der optimalen Serienstückzahl	48
III. Teil. Vorgehen und Erfolge in der Praxis	62—104
1. Beschreibung des Fabrikats und der Fabrikation	62
2. Ziele, Programm und Durchführung der Untersuchungen	63
3. Einzelheiten über die Durchführung des Programms	64
a) Aufnahme und Berechnung der Maschinendaten	64
b) Ermittlung der Verlustzeiten	67
c) Die Einführung von Zeitstudien	68
d) Untersuchungen und Hilfsmittel zur richtigen Einstellung der Maschine	70
e) Verwertung der Zeitstudienresultate durch Bildung von Handzeitnormen und Normung von Arbeitsverfahren	82
4. Einzelheiten über die praktischen Erfolge	84
a) Einzelergebnisse an 3 Hauptteilen des Elektroflaschenzugs	85
b) Anpassung der Bearbeitung an die Eigenart des Werkstücks	89
c) Einige Ergebnisse durch Normung der Maschineneinstellung an der Zahnradfräsmaschine	89
d) Teilergebnisse durch Normung des Arbeitsverfahrens und richtige Einstellung der Maschine	92
e) Ergebnisse der Untersuchungen beim Zusammenbau	93
5a. Gesamtersparnisse an der Haupttype der Elektroflaschenzüge	96
5b. Ersparnisse durch Berechnung der optimalen Losgröße	100
Zusammenfassung	104
Schlußwort	106
Verzeichnis der Anlagen	109
Anlagen	111—148
Literaturverzeichnis	149

Unser Hauptkonkurrent auf dem Weltmarkt, Amerika, hat in den letzten Jahrzehnten dank seiner großen Bodenschätze, seiner günstigen klimatischen Verhältnisse und nicht zuletzt dank seiner großen, einheitlichen Absatzgebiete in fabrikatorischer Hinsicht einen gewaltigen Aufstieg erlebt, zu dem sich durch den Weltkrieg auch der finanzielle Erfolg gesellte.

Deutschland hat schwer an den Lasten des verlorenen Krieges zu tragen, die ja in der Hauptsache von der Industrie aufgebracht werden müssen; dazu kommen soziale Lasten, die unserer Industrie auf dem Weltmarkt zum Hemmschuh werden, weil die Konkurrenz in weit geringerem Grade davon betroffen wird.

Die Frage der Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkt gipfelt also in der Forderung nach Senkung der Selbstkosten mit allen Mitteln. Wir müssen unbedingt unter Anspannung aller Kräfte unsere Fabrikation immer besser und billiger gestalten und durch geeignete Sparmaßnahmen alle vermeidbaren Verluste abzustellen suchen. Die »Rationalisierung der Fabrikation« ist heute schon zum Schlagwort geworden, aber die Lösung des Problems ist damit noch nicht gegeben. Die Unmenge von Faktoren, die hiebei in Betracht kommen, lassen sich in ihrer Gesamtheit und ihren gegenseitigen Zusammenhängen nicht ohne weiteres überblicken.

Mit der Erkenntnis der unübersehbaren Vielgestaltigkeit sind wir auf dem Weg zur Lösung des Problems. Wir müssen soweit als möglich die einzelnen Faktoren isolieren und getrennt untersuchen, und erhalten durch diese Faktorenanalyse Angriffspunkte für die Lösung. Wir dürfen uns aber der Erkenntnis nicht verschließen, daß manche Teilprobleme mit anderen Fragen so verquickt sind, daß sie durch Isolierung und getrennte Untersuchung nicht zu erfassen sind. Man wird aber in vielen Punkten zu neuen Erkenntnissen gelangen und nach Untersuchung der Hauptfaktoren auch mehr Einsicht und Klarheit über die allgemeinen Zusammenhänge gewinnen.

Die Praxis wird die Ergebnisse der Faktorenanalyse erst dann richtig schätzen, wenn die Aufwendungen mit irgendwelchen exakten Maßstäben gemessen und dadurch genaue Zahlenwerte geliefert werden, die die Möglichkeit einwandfreier Vergleiche bieten und für die Zukunft die Festlegung des optimalen Wertes als Norm gestatten.

In einem Vortrag über Wärmewirtschaft hörte ich einmal den Ausspruch: »Messen heißt Sparen«. Diese These ist schon längst Gemeingut aller Wärmefachleute, und ihre praktische Anwendung hat zur Aufdeckung mancher Verlustquellen geführt und viel zur Verbesserung des Wirkungsgrades wärmetechnischer Anlagen beigetragen.

Dieses »Messen heißt Sparen« gilt ebenso für Fabrikationsfragen, denn Wirtschaftlichkeit im Fabrikationsbetrieb kann nur durch dauernde und planmäßige Überwachung jedes Fertigungsganges und der gesamten Verwaltung erreicht werden. In Deutschland ist leider diese Anschauung und ihre praktische Nutzenanwendung noch lange nicht genug verbreitet.

Die Maßstäbe für Fabrikationsuntersuchungen sind Gewicht, Zeit und Geld. Die Fabrikationsselbstkosten setzen sich aus folgenden Einzelkomponenten zusammen¹⁾:

Fabrikationsselbstkosten für ein Werkstück

$$S_F = M + L + N_F,$$

wobei M = Materialkosten in Mark,

L = Lohnkosten in Mark,

N_F = Fabrikationsunkosten in Mark.

Diese Hauptkomponenten sind wieder aus Teilkomponenten entstanden.

Die Materialkosten $M = G \cdot p_m$, wobei

G = Rohgewicht des Werkstücks in kg,

p_m = Rohstoffpreis in Mark für 1 kg.

Die Lohnkosten $L = p_{lz} \cdot \frac{t}{60}$, wobei

p_{lz} = der bei dem betreffenden Arbeiter für Akkordarbeit angesetzte Stundenlohn in Mark (= Akkordbasis),

t = die für 1 Werkstück vorgegebene Arbeitszeit in Minuten.

Die Fabrikationsunkosten $N_F = p_{nf} \cdot \frac{t}{60}$, wobei

p_{nf} = Maschinenunkosten für eine Arbeitsstunde in Mark. Es können also die Gesamtfabrikationskosten für 1 Werkstück angegeben werden zu:

$$S_F = M + L + N_F = G \cdot p_m + \frac{t}{60} (p_{lz} + p_{nf}).$$

Hat das Werkstück verschiedene Bearbeitungsvorgänge (1, 2, 3) durchzumachen, so ist sinngemäß:

$$S_F = G \cdot p_m + \frac{t_1}{60} \cdot (p_{lz_1} + p_{nf_1}) + \frac{t_2}{60} \cdot (p_{lz_2} + p_{nf_2}) + \frac{t_3}{60} \cdot (p_{lz_3} + p_{nf_3}) + \dots$$

¹⁾ Die Buchstabensymbole sind aus dem Vortrag über Fabrikorganisation von Herrn Professor Häbich, Technische Hochschule Stuttgart.

Es sei gleich hier ein Überblick über die Größenverhältnisse gegeben. G hängt ab von der Größe des Werkstücks und schwankt in sehr weiten Grenzen.

p_m ist abhängig von der gewählten Werkstoffart; für S.M.St. kann durchschnittlich mit 0,20 M./kg gerechnet werden, bei Grauguß mit 0,40 M./kg.

Über die Größe von t kann erst im konkreten Einzelfall etwas ausgesagt werden, da sie von zu vielen Faktoren beeinflusst wird. Es spielen herein: der Rohstoff des Werkstücks und die abzuhebende Spanmenge, die Art und Größe der Arbeitsflächen und die verlangte Genauigkeit und nicht zuletzt die zur Verfügung stehenden Maschinen und Werkzeuge und die angewandten Arbeitsverfahren, also die ganzen Fabrikationseinrichtungen einschließlich der Organisation der Fabrik.

Dagegen ist die Größe von p_{1z} durch Tarifverträge innerhalb recht enger Grenzen festgelegt. Die Akkordbasis eines Arbeiters ist heute zwischen 0,90 und 1,30 M., so daß als Durchschnitt 1,10 M. angesehen werden kann. (Von der Verringerung dieses Betrages durch Bedienung mehrerer Maschinen sei hier abgesehen.)

p_{n_f} ist von den Anschaffungs- bzw. Abschreibungskosten, den Unterhaltungs- und Betriebskosten und der Betriebsorganisation abhängig. Die Grenzen sind hier bedeutend weiter als bei p_{1z} . Als Anhaltspunkt für die Größenordnung sei bei einer mittelgroßen Maschine ein Durchschnittswert von etwa 2 M./Arbeitsstunde angenommen.

Damit erhält man allgemein:

Bei Werkstücken aus S.M.St.:

$$S_F = G \cdot 0,20 + \frac{t}{60} (1,10 + 2,00) = 0,2 \cdot G + 0,05 t.$$

Bei Werkstücken aus Grauguß:

$$S_F = 0,40 \cdot G + 0,05 t.$$

Das Verhältnis von G zu t hängt ganz von der Größe und der Bearbeitung des Werkstückes ab; es kann ein kleines Werkstück viel Bearbeitung erfordern und ein sehr großes wenig. Es ist aber interessant, das Verhältnis der Material- und Lohnkosten in Amerika und Deutschland zu betrachten. In Amerika ist dieses Verhältnis im allgemeinen Maschinenbau 1 : 2, in Deutschland 1 : 1. In Amerika sind die Rohstoffe im Verhältnis zu den Arbeitslöhnen billig, bei uns ist es umgekehrt. Hierauf beruht die nationale Eigenart der Konstruktionen und Fabrikbetriebe.

Amerika hat infolge teurer Löhne die Produktionsseite aufs höchste entwickelt und geht mit seinen Rohstoffen nicht sehr haushälterisch um; in Deutschland ist man erst heute auf dem Wege, die beim Werkstoffverbrauch schon lange gepflogene Sparsamkeit auch auf die Arbeits-

kraft auszudehnen und die vielfach vernachlässigte Fabrikation rationaler zu gestalten.

Die Bearbeitungszeit t setzt sich nach A.W.F. aus 3 Unterbegriffen zusammen¹⁾:

Aus der Stückzeit t_{stg} , der Einrichtezeit t_{eg} und der Verlustzeit t_v ; außerdem kommt jetzt als Korrelat zur Stückzeit die Stückzahl z der in einer Serie angefertigten Werkstücke herein. Dann ist die Gesamtzeit für eine Arbeitsstufe:

$$\begin{aligned} t &= z \cdot (t_{1g} + t_{vst}) + (t_{eeg} + t_{ve}) \\ &= z \cdot [(\text{Stückzeit} + \text{Verlustzuschlag})] + (\text{Einrichtezeit} + \text{Verlustzuschlag}). \end{aligned}$$

Die Bearbeitungszeit setzt sich also aus folgenden Unterfaktoren zusammen: Stückzahl mal [(Stückzeit einschließlich Verlustzuschlag)] + Einrichtezeit + Verlustzuschlag zur Einrichtezeit. Damit ergibt die Zerlegung der Fabrikationsselbstkosten in die Einzelfaktoren folgendes Bild:

Fabrikationsselbstkosten = Materialkosten + Lohnkosten + Fabrikationsunkosten.

$$\begin{aligned} S_F &= M + L + N_F \\ &= G \cdot p_m + \frac{t}{60} \cdot p_{lz} + \frac{t}{60} \cdot p_{nf}. \end{aligned}$$

Bei mehreren Arbeitsvorgängen wird entsprechend

$$\begin{aligned} S_F &= G \cdot p_m + \frac{1}{60} \left[(z \cdot (t_{1g_1} + t_{vst_1}) + (t_{eeg_1} + t_{ve_1})) \cdot (p_{lz_1} + p_{nf_1}) \right] + \\ &\quad \frac{1}{60} \left[(z \cdot (t_{1g_2} + t_{vst_2}) + (t_{eeg_2} + t_{ve_2})) \cdot (p_{lz_2} + p_{nf_2}) \right] + \dots \end{aligned}$$

Teilkomponenten: Werkstückgewicht, Material-Einheitspreis, Stückzahl in der Serie, Stückzeit, Einrichtezeit, Verlustzeit, Akkordbasis oder der für Akkordarbeit angesetzte Stundenlohn des Arbeiters, Unkosten.

Auf die tatsächlichen Herstellungskosten haben folgende Hauptfaktoren der Fabrikation Einfluß:

1. das herzustellende Objekt: das Werkstück,
2. das persönliche Element: der Arbeiter,
3. die direkten Hilfsmittel: Maschine, Vorrichtungen, Werkzeuge,
4. die indirekten Hilfsmittel: das Arbeitsverfahren, die Organisation.

Zur systematischen Behandlung der Einflüsse der einzelnen Fabrikationsfaktoren auf die einzelnen Komponenten der Herstellungskosten diene folgendes Übersichtsschema:

¹⁾ Vgl. Hegner, Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten, Verlag Springer, S. 12, Bild 2.

Hauptfaktoren der Fabrikation	Komponenten der Herstellungskosten							Unkosten der Fabri- kation
	Werkstoffkosten		Lohnkosten				Akkord- basis	
	Roh- gewicht	Werkstoff- einheits- preis	Bearbeitungszeit			Ver- lustzeit		
			Stück- zahl	Stück- zeit	Ein- richte- zeit			
Werkstück								
Arbeiter								
Maschine.....								
Vorrichtung								
Werkzeug.....								
Arbeitsverfahren.								
Organisation								

Im ersten Abschnitt wird der Versuch gemacht, die verschiedenen gegenseitigen Abhängigkeiten und Einflüsse und die Wege zur Einwirkung auf die einzelnen Teilkomponenten an Hand von Literaturstudien und eigenen praktischen Erfahrungen zu beleuchten.

I. Teil.

1. Der Einfluß des Werkstücks auf die Werkstoffkosten.

Die Werkstoffkosten sind das Produkt aus Rohgewicht und Werkstoffeinheitspreis: $M = G \cdot p_m$.

Aufgabe des Konstrukteurs ist es, Quantität und Qualität des zu verwendenden Werkstoffes so zu wählen, daß die Werkstoffkosten zu einem Minimum werden, ohne daß die richtige Funktion des Teiles bei der Verwendung im praktischen Betrieb beeinträchtigt wird. Die zweckmäßige Formgebung des Werkstückes kann der Konstrukteur im allgemeinen nur aus seiner Erfahrung und einem gesunden Formensinn schöpfen. Die Aufwendung eines Kostenminimums wird durch Berechnung der gefährlichen Querschnitte und zweckentsprechende Wahl des Werkstoffes gefördert werden¹⁾.

Die Verwendung von Werkstoffen, die die eigene Volkswirtschaft erzeugt, und die möglichste Vermeidung ausländischer Rohstoffe ist im volkswirtschaftlichen Interesse zu erstreben. Über die Eigenschaften und Preise der verschiedenen in einer Fabrik verarbeiteten Werkstoffe müssen dem Konstrukteur Werknormen Aufschluß geben. Im Hinblick auf den Bezug und die Lagerhaltung muß man sich bei der Festlegung der Werkstoffnormen weise Beschränkung auferlegen, ohne die Erfordernisse der Fabrikation außer acht zu lassen. Durch den hierdurch von selbst gegebenen Bezug größerer Mengen derselben Sorte kann unter Umständen eine Senkung des Werkstoffpreises eintreten; es muß daher dem Konstrukteur die Verwendung der laut Werknorm geführten Werkstoffe zur Pflicht gemacht und die Einhaltung der Normen überwacht werden. Dieses Bestehen auf Einhaltung der Werkstoffnormen darf allerdings nicht so weit getrieben werden, daß der Konstrukteur infolge Fehlens geeigneter Rohstoffe gezwungen ist, sein Ziel auf Umwegen zu erreichen. Es müssen dann nach Prüfung der Zweckmäßigkeit die fehlenden Materialsorten in die Werkstoffnormen aufgenommen werden, so daß die persönliche Initiative tüchtiger Konstrukteure nicht völlig unterbunden wird.

Eine weitere Forderung, die bei der Einführung von Werkstoffnormen sich von selbst einstellt, ist die Prüfung der eingegangenen

¹⁾ Maschinenbau, Bd. 4, S. 257, Koczyk: »Einfluß des Werkstoffes auf die Kosten der Werkstücke«.

Werkstoffe auf die vorgeschriebenen Eigenschaften und die Einführung klarer, einwandfreier Bezeichnungen der einzelnen Werkstoffe mit entsprechend pünktlicher Lagerhaltung und Ordnung. Nur so können verhängnisvolle Irrtümer bei der Verarbeitung der einzelnen Materialien verhütet und einer Verschwendung durch unbeabsichtigte Verwendung hochwertiger Werkstoffe vorgebeugt werden.

Im Laufe der Entwicklung eines Fabrikates wird sich immer wieder die Notwendigkeit von Änderungen in der Formgebung einzelner Werkstücke herausstellen¹⁾ oder die Verwendung eines anderen Werkstoffes als besser erweisen. Es kann sich z. B. zeigen, daß ein kleiner Arm an einem großen Gußkörper beim Transport öfters abbricht und dadurch ein neues Gußstück nötig wird, oder scheint die Verwendung von Schmiedestücken gegenüber Stahlguß Vorteile zu bieten, oder es hat ein Meister einen guten Vorschlag für die Herstellung eines Werkstücks unter wesentlicher Werkstoffersparnis, wobei die Funktion dieses Teiles vielleicht noch besser erfüllt wird als in der alten Ausführung.

Auf alle Fälle muß die Möglichkeit bestehen, derartige Verbesserungen unter Wahrung der Autorehre vorzuschlagen und bei Erzielung wesentlicher Ersparnisse auch eine Belohnung dafür zu erhalten. Die Höhe der Belohnung wird sich zweckmäßig nach der Größe der in einem Jahr durch die Verbesserung erzielten Ersparnis richten; wenn die jährliche Ersparnis einen bestimmten Betrag übersteigt, sollte dem Vorschlagenden einmal ein angemessener Prozentsatz dieser Jahresersparnis ausbezahlt werden. Durch eine solche Belohnung würde sicher das Interesse an Verbesserungsvorschlägen gefördert, und ich glaube, daß gerade dieser Punkt für die schnelle fabrikatorische Entwicklung Amerikas eine nicht unwesentliche Rolle gespielt hat. Dort ist die freudige Zusammenarbeit aller Beteiligten an der Weiterentwicklung des Werks eine Selbstverständlichkeit, von der wir in Deutschland leider noch weit entfernt sind. Wenn man bedenkt, daß bei uns die Werkstoffkosten von größeren Wertstücken meist den Hauptbestandteil der Selbstkosten bilden, und daß auch die erdenkbar rationellste Bearbeitung verhältnismäßig wenig daran ändern kann, wird man erst richtig erkennen, wie schwerwiegend Fehler in der Formgebung oder der Wahl des Werkstoffs sind.

Die organisatorische Behandlung von Verbesserungsvorschlägen kennt zwei Wege: Briefkästen im Betrieb, oder das sogenannte »Konstruktionsänderungsbuch«, das zur Eintragung von Vorschlägen auf Anfordern ausgegeben wird. Ob die eine oder die andere Form besser ist, sei dahingestellt. Viel wichtiger ist die gewissenhafte Prüfung aller eingehenden Vorschläge durch den Betriebsleiter und den Vorstand des Konstruktionsbüros und die ehrliche Anerkennung guter Vorschläge

¹⁾ Maschinenbau, Bd. 4, S. 275, Weil: »Ersparnisse an Herstellungskosten durch zweckmäßige Formgebung, Materialverteilung und Bearbeitung«.

durch finanzielle Belohnung. Dazu gehört auch, daß Vorschläge, die für den Betrieb unbrauchbar sind oder bei genauer Nachrechnung sich als unrentabel erweisen, nicht einfach stillschweigend in den Papierkorb wandern; der Vorschlagende muß über das Ergebnis der Untersuchung und die Gründe der Ablehnung in taktvoller Weise unterrichtet werden¹⁾).

2. Die Werkstoffkosten in Abhängigkeit vom Arbeiter.

Auf den Werkstoffeinheitspreis hat der Arbeiter keinen Einfluß, dagegen wird das Rohgewicht eines Werkstücks hauptsächlich in Gießerei und Schmiede von der Pünktlichkeit des Arbeiters abhängen. Eine gewisse Materialverschwendung erleichtert dem Gießer und dem Schmied seine Arbeit; zu den Kosten des vergeudeten Werkstoffs kommt noch die Mehrarbeit in den mechanischen Werkstätten, die oft erhebliche Kosten verursacht. Hier ist nur durch stetige Kontrolle und Erziehung zur sparsamen Werkstoffverwendung dauernde Verschwendung zu verhüten. Außerdem darf in solchen Fällen die Art der Entlohnung nicht einen Anreiz zur Werkstoffvergeudung bieten, wie es z. B. bei Bezahlung nach verarbeitetem Werkstoff, also nach Gewicht der Fall ist.

Auch abgesägtes oder abgestochenes Stangenmaterial muß auf Einhaltung der richtigen Länge geprüft werden, da bei dem Arbeiter immer die Tendenz besteht, etwas mehr zuzugeben, damit es sicher reicht.

Es sind also Normen für die Werkstoffzugaben nötig, und zwar für Gußstücke, Schmiedestücke und abgesägtes Stangenmaterial. Die Zugaben müssen natürlich den einzelnen Arbeitsverfahren und den Bedürfnissen der späteren mechanischen Bearbeitung gerecht werden.

Wenn diese Normung mit entsprechender Kontrolle auf Einhaltung der Vorschriften fehlt, wird die Unsicherheit über den Materialverbrauch einen Sicherheitszuschlag auf die Werkstoffkosten erfordern und damit die Fabrikate verteuern. Die Kontrolle über Einhaltung des vorgeschriebenen Werkstoffverbrauchs wird auch Materialschiebungen bedeutend erschweren und dadurch zur Vermeidung von Verlusten beitragen.

In den mechanischen Werkstätten, in die der abgeschnittene, geschmiedete oder gegossene Rohling geliefert wird, kann der Arbeiter die Werkstoffkosten durch Ausschußstücke verteuern. Es ist daher eine selbstverständliche Forderung, den Ausschuß dauernd zu überwachen und durch geeignete Maßnahmen²⁾ stetig an der Verminderung des Ausschußprozentsatzes zu arbeiten.

Die Verluste durch Materialvergeudung und Ausschuß werden ja im allgemeinen nicht sehr hoch sein, aber wenn die stetige Kontrolle

¹⁾ Maschinenbau, Bd. 2, S. 325, v. Radecki: »Verbesserungsvorschläge seitens der Arbeiter«.

²⁾ Maschinenbau, Bd. 2, S. 633 Hegner: »Ursachen zu Fehlarbeiten«. Maschinenbau, Bd. 3, S. 609 ff: »Erfahrungsaustausch aus der Praxis der Fehlarbeit«.

und Erziehung fehlt, kann hier ganz unmerklich eine Verlustquelle fließen, die die unangenehme Eigenschaft besitzt, daß sie nur in langsamer, mühseliger Kleinarbeit eingedämmt werden kann.

3. Der Einfluß von Maschine, Vorrichtung und Werkzeug auf die Werkstoffkosten.

Durch abgenützte Maschinen können die Werkstoffkosten unnötig vermehrt werden; z. B. wird eine Bügelsäge, die durch Verlaufen des Schnittes schief sägt, eine Längenzugabe am Werkstück bedingen, die bei geradem Schnitt nicht nötig ist. Auch der eben erwähnte Fabrikationsausschuß wird neben Unachtsamkeit des Arbeiters in sehr vielen Fällen durch ausgeleierte oder reparaturbedürftige Maschinen verursacht. Hier kann nur systematische Instandhaltung des Maschinenparks Abhilfe schaffen, die einer besonderen Abteilung, der Betriebswerkstatt, als ausschließliche Aufgabe obliegt. Mit dem gleichen Recht, mit dem die regelmäßige Prüfung von Dampfkesseln, Kranen und Aufzügen verlangt wird, kann man die systematische Instandhaltung des meist viel wertvolleren Maschinenparks fordern¹⁾. Die Kosten für diese regelmäßige Nachprüfung werden wohl auch nicht größer als Reparaturkosten, die bei völligem Zusammenbruch einer Maschine entstehen, weil bei laufender Instandhaltung viele kleine Mängel mit wenig Aufwand behoben werden, die sich sonst allmählich zu schweren Störungen ausgewachsen hätten.

Durch zweckentsprechende Vorrichtungen wird die Ausschußgefahr vermindert. Es kann z. B. durch Anreiß- oder Bearbeitungsvorrichtungen für Guß- und Schmiedestücke das Werkstück nach den maßgebenden Flächen so ausgerichtet werden, daß nicht zum Schluß an irgendeiner Fläche das Material zur Bearbeitung fehlt.

Richtige und gute Spann-, Schnitt- und Meßwerkzeuge erhöhen die Qualität der Arbeit und wirken dadurch ausschußvermindernd.

In der Hauptsache wird also die Beeinflussung der Werkstoffkosten durch Maschinen, Vorrichtungen und Werkzeuge in der Verhütung von Ausschuß bestehen, da die für den Rohling einmal aufgewandten Kosten durch die spätere Bearbeitung nicht verkleinert werden können; von dem Erlös aus Spänen kann hier abgesehen werden, während er bei dem Vergleich verschiedener Arbeitsverfahren ins Gewicht fallen kann.

4. Die Werkstoffkosten in Abhängigkeit vom Arbeitsverfahren.

Durch Anwendung verschiedener Arbeitsverfahren können die Werkstoffkosten sehr erhebliche Unterschiede zeigen. Es sei hier nur hingewiesen auf Stahlguß, Schmieden und Ausschuppen aus dem Vollen

¹⁾ Vortrag über Fabrikorganisation von Herrn Prof. Häbich.

oder die moderne Stanztechnik, die manche früher aus Guß hergestellten Teile mit sehr viel weniger Werkstoffaufwand bedeutend billiger herzustellen ermöglicht. Die herzustellende Stückzahl spielt vielfach für die Wirtschaftlichkeit des einen oder anderen Verfahrens eine ausschlaggebende Rolle und muß bei einem Vergleich mit den Werkstoffkosten, den Bearbeitungslohnen und den Unkosten mit in Betracht gezogen und in der Berechnung festgelegt werden (vgl. S. 47). Es tritt manchmal auch der Fall ein, daß dasselbe Werkstück in ganz verschiedenen Serienstückzahlen angefertigt werden muß, und es ist dann oft von Vorteil, wenn man die wirtschaftlichen Losgrößen für die verschiedenen Arbeitsverfahren genau kennt, um das bei der gegebenen Stückzahl zweckmäßigste Verfahren wählen zu können. Wenn die bei dem gegenwärtigen Bedarf gegebene Stückzahl die Anfertigung einer Vorrichtung oder die Wahl eines anderen Arbeitsverfahrens noch nicht zweckmäßig erscheinen läßt, so kann eine günstige Konjunktur die Absatzmöglichkeiten derart steigern, daß die Fabrikationsmenge sich in unerwartet kurzer Zeit der wirtschaftlichen Stückzahl nähert, und es ist dann sehr praktisch, wenn man die frühere Berechnung wieder hervorholen kann und sie nicht wieder neu anzustellen braucht.

Weniger groß sind die Ersparnisse durch Verbesserungen, die den Bedürfnissen der einzelnen Arbeitsverfahren entspringen. (Gießen¹⁾, Schmieden²⁾, Ausstechen aus Vollmaterial³⁾).

Beim Stanzen spielt die Einteilung der Stanzstücke auf dem Blechstreifen oft eine nicht unwesentliche Rolle für den Werkstoffverbrauch.

Gerade auf dem Gebiet »Arbeitsverfahren« tauchen manchmal Vorschläge auf, die außerordentliche Ersparnisse an Werkstoffkosten zeitigen. Hier kann die Prüfung der Vorschläge (vgl. S. 7) nicht peinlich und sorgfältig genug vorgenommen werden, da Ersparnisse dieser Art im volkswirtschaftlichen Interesse besonders zu begrüßen sind.

5. Der Einfluß der Organisation auf die Werkstoffkosten.

Um nicht allzu weitschweifig zu werden, soll der sehr allgemeine Begriff »Organisation« auf folgende für die Herstellungskosten wesentlichen Punkte beschränkt werden:

- a) Typisierung und Normalisierung,
- b) Fabrikationsprogramm,

¹⁾ Maschinenbau, Bd. 1, S. 143, Löwer: »Form- und arbeitsgerechte Konstruktionen in der Gießerei«.

²⁾ Maschinenbau, Bd. 2, S. 964, Rinner: »Wie muß der Konstrukteur konstruieren um eine wirtschaftliche Herstellung von Schmiedestücken zu erzielen«.

³⁾ Werkstattstechnik 1925, S. 416, Rothenberg: »Material- und Zeitersparnis durch Ausstechverfahren in der Dreherei«. Maschinenbau, Bd. 3, S. 307, Ehrhardt: »Gleichzeitige Herstellung des Außen- und Innenrings von Kugellagern von der Stange«.