

**Schriften der Arbeitsgemeinschaft  
Deutscher Betriebsingenieure · Band VIII**

---

# **Kontrollen der Betriebswirtschaft**

Herausgegeben von  
**Dr.-Ing. O. Kienzle**

**Schriften der Arbeitsgemeinschaft  
Deutscher Betriebsingenieure · Band VIII**

---

# **Kontrollen der Betriebswirtschaft**

Bearbeitet von

**E. Th. Bickel, Obering. P. Brauer, Dr.-Ing. B. Buxbaum  
Dipl.-Ing. W. Eckenberg, Dr.-Ing. K. H. Fraenkel  
Dipl.-Ing. H. Grässler †, Prof. Dr.-Ing. G. Keinath  
Dr.-Ing. O. Kienzle, Prof. Dr.-Ing. E. H. Schulz  
Dr. F. H. Zschacke**

Herausgegeben von

**Dr.-Ing. Otto Kienzle**

Mit 321 Textabbildungen



**Berlin**  
Verlag von Julius Springer  
1931

ISBN 978-3-7091-3164-0      ISBN 978-3-7091-3200-5 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-7091-3200-5

Alle Rechte, insbesondere das  
der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten  
Copyright 1931 by Julius Springer in Berlin  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1931

## Vorwort.

Die in diesem Buche enthaltene Vortragsreihe fand im Winter 1929/30 vor der Ortsgruppe Berlin der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure statt. Der Anlaß, die „Kontrollen der Betriebswirtschaft“ zum Gegenstand einer so ausgedehnten Vortragsreihe zu machen, lag in folgenden Verhältnissen: Den Leitern unserer Werke und der einzelnen Betriebe werden von allen Seiten viele neue Gedanken der Betriebsverbesserung zugetragen, bald von der Seite der Fertigung, bald der der Organisation. Gar vieles davon würde eingeführt, jedoch fehlte es häufig an einem — dem Festhalten der gewonnenen Vereinfachung oder auch schon an der restlosen Durchführung des gefaßten Planes. Man hatte versäumt, das Hilfsmittel der Kontrolle zu benutzen.

Kontrolle wollen wir Ingenieure aber nicht im Sinne der Einführung eines Polizeigeistes aufgefaßt wissen, der das vielfach gesunkene Verantwortungsbewußtsein noch weiter herabdrücken würde, sondern wir gehen von der Tatsache aus, daß Menschen und Stoffe mit unvermeidlichen Fehlern behaftet sind, die es einzudämmen gilt. Wir wollen ehrlich den Tatsachen ins Gesicht sehen, wollen praktisch brauchbare Maßstäbe für Betriebsleistungen aller Art schaffen. Und dann soll uns eine mit aller Offenheit durchzuführende Kontrolle helfen, die geplanten Leistungen einzuhalten, übersehene Fehlerquellen aufdecken und so auch ihrerseits zu immer besseren und sichereren Ergebnissen verhelfen.

Wir sind uns bewußt, daß die zehn Kapitel das ganze Gebiet nicht überdecken, wichtige Gebiete, wie die Kontrolle der Termine oder die Buchhaltungskontrolle mußten wegbleiben. Doch gaben uns die abgehaltenen Vorträge unter den Gesichtspunkten der Kontrolle von Menschen, Stoffen, Zeiten und Werten reichlich Gelegenheit, in fast alle Betriebsprobleme hineinzuleuchten. Wir wenden uns mit diesen Ausführungen denn auch durchaus nicht nur an die Betriebsleute der Metallindustrie, sondern möchten besonders hervorheben, daß die Kontrollprobleme grundsätzlich für jede Art von Betrieben gleich liegen. So ist dieses Buch für die ganze Industrie, für den kleinen wie für den großen Betrieb bestimmt.

Gleichzeitig glauben wir damit eine auffallende Lücke in der Betriebsliteratur der neueren Zeit auszufüllen. Seit dem Erscheinen des Buches von Grull über „Kontrolle in gewerblichen Betrieben“ sind unseres

Wissens größere Darstellungen aus diesem Gebiet nicht erschienen, auch ein Zeichen dafür, wie diese sich in der Praxis sehr ergiebig erweisende Hilfsquelle bisher vernachlässigt worden ist. Aus den ausgezeichneten Grundlagen Grull's haben wir aber gerne eine Reihe von Gedanken in den einleitenden Vortrag eingeflochten, so den alten Faden aufgenommen und nach der praktischen Seite hin durch die Mitarbeit bewährter Fachmänner ergänzt.

Wie bei allen Gemeinschaftsarbeiten auf technischem Gebiet, so haben wir auch hier den Firmen aufrichtig zu danken, die durch die Mitarbeiter wertvolles, aus der neuesten Praxis geschöpftes Material zur Verfügung gestellt haben.

Leider durfte einer der Mitarbeiter, Dipl.-Ing. Horst Grässler, der außer seinem eigenen Vortrag an der planmäßigen Durchführung des Ganzen erheblichen Anteil nahm, die Herausgabe des Buches nicht mehr erleben; durch den Druck seines Vortrages ist ihm ein bleibender Gedenkstein gesetzt.

Herr Dipl.-Ing. E. Kogler hat es übernommen, die Vorträge mit den Vortragenden zusammen so durchzuarbeiten, daß eine harmonische Einheit entstand; ihm sei dafür anerkennender Dank gesagt.

Schließlich möge nicht versäumt werden, der Verlagsbuchhandlung Julius Springer den Dank von Herausgeber und Mitarbeitern dafür auszusprechen, daß sie das Buch in so kurzer Zeit herausgebracht hat und dabei die sie stets auszeichnende Sorgfalt dem Druck und der Wiedergabe der Darstellungen gewidmet hat.

Berlin, im November 1930.

Dr.-Ing. **Otto Kienzle.**

# Inhaltsverzeichnis.

Seite

## Allgemeine Gesichtspunkte für die Kontrolle und ihre wirtschaftlichen Grenzen. Von Dr.-Ing. O. Kienzle.

1. Begriff . . . . .	1
2. Die Kontrollfelder . . . . .	4
3. Die Gefahren der Fehlerquellen . . . . .	9
4. Die Aufstellung des Soll und der zulässigen Abweichungen . . . . .	12
5. Methoden und Mittel der Kontrolle . . . . .	21
6. Die Personen in der Kontrolle . . . . .	30
7. Die Organisation der Kontrolle . . . . .	34
8. Wirtschaftlichkeit der Kontrolle . . . . .	41

## Lagerkontrolle. Von E. Th. Bickel.

1. Bedeutung, Zweck und Stellung der Lagerkontrolle in der Betriebswirtschaft . . . . .	45
2. Beziehungen der Lagerkontrolle zu anderen Gliedern der Betriebsorganisation . . . . .	48
3. Umfang und Arbeitsabwicklung der Lagerkontrolle. . . . .	55
4. Kontrolle der Vorratswirtschaft . . . . .	64
5. Zweckmäßige Lagereinrichtungen, Abstell- und Stapelordnung zur Erleichterung der Lagerkontrolle . . . . .	71

## Mengenkontrolle im Materialfluß. Von Dipl.-Ing. H. Gräßler†.

1. Aufgabenbereich . . . . .	78
2. Festlegung des Solls . . . . .	79
3. Vergleichsmaßeinheiten . . . . .	82
4. Die mechanischen Kontrollmittel . . . . .	83
Festlegung der Meßaufgabe S. 83. — Die Kontrolle der Stückzahl S. 86. — Die Stückzahlkontrolle nach dem Längenbedarf S. 86. — Die Stückzahlkontrolle nach dem Raumbedarf S. 87. — Die Stückzahlkontrolle nach dem Gewicht S. 92. — Die Stückzahlkontrolle durch Zählwerke S. 95. — Die Kontrolle der Herstelllänge S. 100. — Die Kontrolle des Rauminhaltes S. 101. — Die Kontrolle des Gewichtes S. 108.	
5. Sicherung der Mengenkontrolle . . . . .	108
6. Wirtschaftliche Grenze der Mengenkontrolle . . . . .	112

## Kontrolle durch Wiegen. Von Dr. F. H. Zschacke.

1. Begriff des Wiegens und seine Stellung zur Mengenkontrolle . . . . .	114
2. Zweck und Aufgabe der Kontrolle durch Wiegen . . . . .	115
a) Eingang der Rohstoffe . . . . .	116
b) Rohstofflager . . . . .	117
c) Kontrolle beim Eintritt der Rohstoffe in den Fertigungsgang . . . . .	122
d) Kontrolle der Halb- und Fertigerzeugnisse . . . . .	123
e) Verpackung und Versand . . . . .	130

	Seite
3. Die verschiedenen Waagentypen . . . . .	134
4. Sicherstellung einer einwandfreien Wägung . . . . .	142
5. Genauigkeit der Abwägung. Fehlerquellen . . . . .	147
6. Wirtschaftlichkeit der Kontrolle durch Wiegen . . . . .	151
<b>Kontrolle von Energie- und Stoffverbrauch unter besonderer Berücksichtigung elektrischer Meßgeräte. Von Prof. Dr.-Ing. Georg Keinath.</b>	
1. Allgemeines . . . . .	152
2. Anwendungsweise und Arten der Meßgeräte. . . . .	153
3. Elektrische Messungen zur Energie- und Betriebskontrolle . . . . .	156
4. Messungen der Wärmewirtschaft . . . . .	164
5. Gasanalyse . . . . .	172
6. Gasmengen-Meßgeräte . . . . .	182
7. Wärmewarte . . . . .	185
8. Kesselregelung . . . . .	190
9. Erfolge der Betriebsüberwachung . . . . .	193
<b>Werkstoffkontrolle. Von Prof. Dr.-Ing. E. H. Schulz.</b>	
1. Notwendigkeit der Werkstoffkontrolle . . . . .	195
2. Kriterien der Werkstoffkontrolle . . . . .	198
3. Aufstellung des „Prüfungssolls“ und der „Gütevorschrift“ . . . . .	200
4. Durchführung der Werkstoffprüfung . . . . .	206
5. Verfahren zur Kontrolle der Werkstoffe . . . . .	210
6. Organisation der Werkstoffkontrolle . . . . .	213
7. Wirtschaftlichkeit der Werkstoffkontrolle . . . . .	218
<b>Kontrolle des Zustandes und der Ausnutzung von Maschinen und maschinellen Einrichtungen. Von Dr.-Ing. B. Buxbaum.</b>	
Maschinen.	
1. Kontrolle der Maschinen bei Lieferung . . . . .	224
2. Eigentliche Betriebskontrolle der Maschinen . . . . .	239
a) Laufende tägliche Maschinenkontrolle . . . . .	239
b) Periodische Durchkontrolle ganzer Werkstätten . . . . .	247
c) Kontrolle der Maschinenausnutzung und -besetzung . . . . .	249
3. Die Aufarbeitung der Maschinen . . . . .	251
Werkzeuge.	
4. Kontrolle der Werkzeuge bei Lieferung . . . . .	256
5. Betriebskontrolle der im Gebrauch befindlichen Werkzeuge . . . . .	264
6. Aufarbeitung der Werkzeuge (einschließlich Nachschliff) . . . . .	266
<b>Kontrolle der Maßrichtigkeit von Werkstücken. Von Obering. P. Brauer.</b>	
1. Zweck der Maßkontrolle . . . . .	270
2. Umfang der Maßkontrolle . . . . .	272
3. Das Soll . . . . .	273
4. Meßgeräte und Meßmethoden . . . . .	279
5. Organisation der Maßkontrolle . . . . .	287
6. Schwierigkeiten in der Maßkontrolle . . . . .	289
7. Wirtschaftlichkeit der Maßkontrolle . . . . .	289
8. Der Mensch in der Maßkontrolle . . . . .	291

<b>Zeitkontrollen.</b> Von Obering. Dr.-Ing. K. H. Fraenkel und Dipl.-Ing. W. Eckenberg.	
1. Die Hilfsmittel zur Zeitkontrolle . . . . .	293
2. Hilfsmittel für Zeitstudien . . . . .	296
a) Stoppuhren . . . . .	296
b) Instrumente zur Untersuchung von Originalbewegungen . . . . .	300
c) Bandschreiber . . . . .	304
d) Zeitsäulenschreiber . . . . .	312
e) Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Geräte . . . . .	313
f) Photographische Verfahren . . . . .	320
3. Vergleich einiger Zeitstudien-Hilfsmittel . . . . .	321
4. Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung. Registrierende und anzeigende Geräte . . . . .	326
a) Geräte zur Kontrolle von Originalbewegungen . . . . .	326
b) Bandschreiber . . . . .	329
c) Kreisschreiber . . . . .	331
d) Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Geräte . . . . .	338
e) Anzeigende Geräte . . . . .	341
5. Vergleich einiger registrierender und anzeigender Betriebsüberwachungs- Hilfsmittel . . . . .	342
6. Zeitdrucker . . . . .	347
7. Aufschreibungen und Aufzeichnungen von Hand . . . . .	350
<b>Die Kontrolle der Wertumsätze.</b> Von Dr.-Ing. Otto Kienzle.	
1. Die Wirtschaftsgleichung . . . . .	352
2. Die Kontrolle des Erlöses . . . . .	353
3. Die Überwachung der Selbstkosten. . . . .	357
a) Der Stoffaufwand . . . . .	358
b) Der Lohnaufwand . . . . .	360
c) Die Gemeinkosten . . . . .	362
4. Haushaltplanung . . . . .	369
5. Zusammenfassung . . . . .	375
<b>Sach- und Namenverzeichnis</b> . . . . .	376

---

**Druckfehlerberichtigung.**

Auf Seite 180, Zeile 4 v. u. lies „in“ statt „ohne“.

# Allgemeine Gesichtspunkte für die Kontrolle und ihre wirtschaftlichen Grenzen.

Von Dr.-Ing. Otto Kienzle.

## 1. Begriff.

Bei der Erledigung der Aufgaben, die einer Betriebswirtschaft obliegen, spielt die Kontrolle eine erhebliche Rolle. Sie greift tief in alle Arbeitsabläufe hinein, und doch wurde sie in der Betriebswirtschaftslehre bisher nur in bezug auf Einzelgebiete, aber nirgends im großen Zusammenhang behandelt, und man vermißt eine dem heutigen Stand der Fertigungstechnik und der Organisation entsprechende zusammenfassende Darstellung<sup>1</sup>.

Der Zweck dieses Kapitels soll sein, in die allgemeinen Gesichtspunkte der Kontrolle einzuführen und eine Grundlage für ihre planmäßige Durchführung in jeder Art von Betrieb zu schaffen. Deshalb wird bei jedem Punkt versucht, das Grundsätzliche herauszuarbeiten, in der Erwartung, dadurch beim Leser Gedanken über die Anwendungsmöglichkeit in seiner eigenen Betriebstätigkeit wachzurufen.

Um die Kontrolle in ihrem Wesen zu erfassen, sei zunächst auf den sprachlichen Begriff eingegangen. Kontrolle leitet sich ab von den französischen Worten *contre* und *rôle* und bedeutet wörtlich Gegenliste, Gegenaufschreibung, und so bedeutet Kontrolle: Vergleich irgendeiner Sache mit einer „dagegen zu vergleichenden Aufschreibung“. Heute scheint man über den engeren Begriff „Aufschreibung“ hinausgewachsen zu sein, und doch werden wir sehen, daß dieser Punkt heute noch von grundlegender Bedeutung ist. Wir können heute „Kontrolle“ allgemein erklären als Vergleich eines Ist-Zustandes mit einem Soll-Zustand, einer Ist-Menge mit einer Soll-Menge, einer Ist-Leistung mit einer Soll-Leistung oder ganz allgemein eines „Ist“ mit einem „Soll“. Die Amerikaner bezeichnen das Soll mit dem auch

---

<sup>1</sup> Die bisher umfassendste Darstellung befindet sich in dem 1921 erschienenen Buch „Kontrolle in gewerblichen Betrieben“ von Werner Grull, dem der Verfasser manche Anregungen verdankt.

uns nicht ungeläufigen Wort „Standard“, was etwa das bedeutet, was man sich in bezug auf eine Sache als zu erreichen vornimmt, oder das, was man sich selbst einmal festgesetzt hat. Hier geht das „Standard“ weit über unseren Begriff „Norm“ hinaus.

Da wir im Betriebe praktische Arbeit zu leisten haben, so müssen wir uns zunächst über das Soll klar werden, denn, wie bekannt, besteht über das, was im einzelnen Falle erreicht werden soll, zwischen verschiedenen Dienststellen oft eine recht verschiedene Auffassung.

In allem können wir uns ein ideales Soll denken. Es ist der Zustand oder die Leistung, die man sich als die denkbar beste vorstellen kann. Man weiß zwar, daß man dieses Soll nie erreichen kann; trotzdem soll es aber als ideales Ziel der Arbeit vorschweben, denn nur derjenige kann fortgesetzt auf den Fortschritt bedacht sein, dem ein solches Ideal vorschwebt. Wir möchten z. B. haben, daß alle Arbeiter gesund und leistungsfähig, pünktlich und arbeitswillig an ihren Plätzen sind; wir möchten, daß im Lager keine Lagerhüter sind und die Lieferungen von draußen genau auf den Tag eintreffen; wir möchten, daß alle Maschinen voll besetzt sind und daß alle Arbeitsstücke genau gleich ausfallen. Vor allem sollte man sich von seinem Erzeugnis ein ideales Bild machen. Einer macht z. B. Radioapparate, er sollte sich dann ausmalen, welche Eigenschaften ein idealer Radioapparat haben sollte. Alle diese Ideale haben, wiewohl sie nie erreicht werden, einen sehr praktischen Wert, denn sie weisen die Richtung, in der die Entwicklung geleitet werden soll. Bei Maschinen kann ein ideales Soll z. B. als Konstruktionsforderung vor der Durchkonstruktion schriftlich festgelegt sein. Man denke stets daran, daß es nichts Gefährlicheres gibt, als wenn man sich in einem Unternehmen einbildet, es sei nicht mehr zu verbessern, und man erkennt den Wert des idealen Soll.

In der Praxis des täglichen Geschehens brauchen wir ein anderes Soll, das wir als praktisches Soll bezeichnen wollen. Es ist das Soll, das mit den jeweiligen zur Verfügung stehenden Mitteln in wirtschaftlicher Weise angestrebt wird. In manchen Beziehungen trifft es mit dem idealen Soll zusammen, z. B. bezüglich der Richtigkeit des Kassenbestandes oder der Stückzahlen im Lager. Aber in bezug auf die Güte von Erzeugnissen besteht ein erheblicher Unterschied. Der Annäherung an das ideale Soll stehen nämlich wirtschaftliche Erwägungen gegenüber. Es gibt für jedes Erzeugnis verschiedene Gütestufen, die verschiedenen Abstand vom idealen Soll haben, deren jede aber einen bestimmten Markt hat, wie man an dem Beispiel des Radioapparates deutlich sieht.

Hier ist das z. B. in Gestalt eines Musterapparates oder in einer Zeichnung festgelegte praktische Soll das, was man in der betreffenden Preisklasse augenblicklich für erreichbar hält. Sich ihm möglichst anzunähern, ist die tägliche Bemühung des Betriebes. Während die An-

näherung an das ideale Soll Aufgabe konstruktiver Maßnahmen ist, ist die Annäherung an das praktische Soll Aufgabe betrieblicher Maßnahmen.

Nun weiß jedermann, daß in der Fertigung kein einziges Erzeugnis absolut genau so ausfällt, wie das Muster, denn jedes Teil wie auch der zusammengebaute Apparat zeigt die bekannten unvermeidlichen Abweichungen. Um diese zu berücksichtigen, legen wir ein toleriertes Soll fest. Dies gilt nun wieder ganz allgemein, denn in jeder Beziehung treten in der Praxis Abweichungen von dem Soll auf, gleichgültig, ob es sich um Zeiten, Leistungen, Stückzahlen, Gewichte oder Maße handelt.

Diese Abweichungen oder Toleranzen in erträglichen, die Brauchbarkeit nicht beeinträchtigenden Grenzen zu halten, ist Aufgabe der Kontrolle. Sie darf Abweichungen nur innerhalb bestimmter Grenzen oder innerhalb des tolerierten Soll zulassen. Dieses ist also nun das Soll, das unter allen Umständen erreicht werden muß. Kontrollen gibt es nur, weil alles, womit wir im Betriebe zu tun haben, Unvollkommenheiten aufweist und weil offenbar dauernd Einflüsse am Werk sind, die die Erreichung nicht nur des praktischen Soll, sondern auch des tolerierten Soll mit tausend Mittelchen bekämpfen und so Schaden anrichten wollen. Die Kontrolle soll also diese Schäden verhindern; es ist dies ihre negative Seite. Diese Aufgabe führt die Kontrolle dazu, die Ursachen zu bekämpfen, und wo die Ursachen nicht beseitigt werden können, die Auswirkung der Ursachen abzusperren und schließlich dazu, die Betriebsabläufe mit Sicherungen zu versehen und damit gesichert zu leiten; das ist die positive Seite der Kontrolle.

Es ist psychologisch nicht unwichtig, im Auge zu behalten, daß die Kontrolle nicht nur jene negative, sondern auch diese positive Seite hat, denn Kontrolle wird, wenigstens soweit sie sich mit menschlichen Tätigkeiten befaßt, um so unangenehmer empfunden, je stärker ihre negative Seite hervortritt und man muß gestehen, daß dies in deutschen Betrieben stärker als in amerikanischen der Fall ist. In Amerika ist die positive Seite sehr viel stärker entwickelt und daher die Kontrolle auch in viel höherem Maße als bei uns als ein positiver Bestandteil der Betriebsgliederung anerkannt. Dazu kommt, daß man dort weniger empfindlich gegen Kritik ist und eher als bei uns geneigt ist, aus Kontrollergebnissen selbst zu lernen.

Um nunmehr zu den praktischen Gesichtspunkten zu gelangen, wird im folgenden zunächst auf die verschiedenen Felder und Gegenstände (Objekte) der Kontrolle eingegangen. Hieraus werden wir entwickeln, welche Gefahrenquellen es sind, die dauernd der Erreichung des Soll im Wege stehen und deren Einfluß durch die Kontrolle so weit als möglich behoben werden soll.

Haben wir diese erkannt, so werden wir die Grundsätze für die Aufstellung des Soll und der zulässigen Abweichungen (Toleranzen) zu-

sammenstellen und danach auf die Methoden und Mittel der Kontrollen übergehen. Dann werden wir von den Menschen zu reden haben, die in der Kontrolle tätig sind und von der Organisation, die sie zusammenschließt; den Abschluß unserer Betrachtungen wird die Frage der Wirtschaftlichkeit der Kontrolle bilden.

## 2. Die Kontrollfelder.

Im Betriebe haben wir es im wesentlichen mit vier Gruppen zu tun:

1. mit den Menschen,
2. mit der Einrichtung,
3. mit dem Material und
4. mit dem Kapital.

Wenn man genauer zusieht, so muß in jeder Gruppe die Kontrolle nach drei Richtungen gehen. Sie muß feststellen:

- a) ob die Dinge die verlangte Güte haben (Frage nach dem „Wie?“),
- b) ob sie in der verlangten Menge vorhanden sind (Frage nach dem „Wieviel?“),

- c) ob sie den verlangten Zeitaufwand erfordern und ob sie zum vorgesehenen Zeitpunkt zur Verfügung stehen (Frage nach dem „Wann?“) (S. Übersicht Abb. 1).

Menschen	Gesundheitszustand, Unfallschutz, Eignung	Güte
	Leistungsfähigkeit, Anwesenheit	Menge
	Bereitschaft	Zeit
Einrichtung	Zustand und Genauigkeit	Güte
	Raum, Leistungsfähigkeit	Menge
	Bereitschaft	Zeit
Güter	Stoffbeschaffenheit, Maße, Gewichte	Güte
	Stückzahlen und andere Mengen	Menge
	Liefertermine	Zeit
Kapital	Güte von Forderungen, Waren und Einrichtungen	Güte
	Werte	Menge
	Zahlungstermine	Zeit

Abb. 1. Kontroll-Felder und -Arten.

Dieses alles ist nötig, um in einem Betriebe gute Leistungen auf wirtschaftliche Weise zur rechten Zeit zu erzielen. Je größer die Unvollkommenheit in jeder einzelnen dieser Beziehungen ist, desto stärker wird der Betriebserfolg beeinträchtigt.

1a. Was die Gütekontrolle anbelangt, so läßt sie auch die Menschen nicht außer Betracht; sie überwacht ihren Gesundheitszustand, besonders bei gesundheitsgefährlichen Arbeiten, den Unfallschutz, den Ge-

sundheitszustand der Räume in bezug auf Heizung, Beleuchtung, Lüftung. Hierzu gehört auch die Überwachung der Eignung der verschiedenen Menschen; heute wird ja der Lehrling vielfach auf Eignung geprüft und nach Eignung verwendet; es ist aber bereits erkannt worden, daß damit erst die Hälfte getan ist und daß es wichtig ist, auch zu kontrollieren, ob dieser Eignungsbefund sich als richtig bewährt und ob der Einzelne entsprechend seiner Eignung an den richtigen Platz gestellt ist. Dementsprechend hat man die Eignungskontrolle mit Erfolg<sup>1</sup> auch auf die erwachsenen Menschen ausgedehnt, die man in den Betrieb einstellt.

1b. Mengenmäßige Einflüsse bei den Personen beziehen sich darauf, ob entsprechend der Arbeitsmenge genügend Leute angestellt sind und ob diese Leute innerhalb bestimmter Zeiten die einmal als möglich festgestellten (vorkalkulierten) Arbeitsmengen fertigbringen.

1c. Damit kommen wir zur Zeitkontrolle. Sie kontrolliert grundsätzlich zweierlei, nämlich Zeitdauer und Zeitmaß. Diese Doppelseigenschaft werden wir bei der Zeitkontrolle auch in den anderen Kontrollfeldern wiederfinden. Bei den Menschen erstreckt sich die Zeitdauerkontrolle auf die Anwesenheitszeit und im Anschluß an die soeben erwähnte Mengenkontrolle auf die Zeit, die auf die einzelnen Arbeiten verwandt wird.

Die Zeitpunktkontrolle sorgt dafür, daß die Leute zum richtigen Zeitpunkt für eine bestimmte Arbeit zur Verfügung stehen.

2a. Der Zustand beeinflußt auch die Menge der zur Verfügung stehenden Betriebsmittel, denn stark abgenutzte stehen für genaue Arbeiten nicht mehr und reparaturbedürftige überhaupt nicht zur Verfügung.

2b. Die Zeitkontrolle hat hier die gleiche Bedeutung wie bei den Menschen. Die Laufzeit der Maschinen ist überdies ein wesentliches Merkmal der wirtschaftlichen Betriebsausnutzung. Die Zeitpunktkontrolle findet ihren Ausdruck in den Maschinenbesetzungstafeln, deren Abstimmung mit dem wirklichen Betriebsgeschehen Vorbedingung für eine wirksame Terminkontrolle ist. Sie ist gleichzeitig eine der am schwierigsten durchzuführenden Aufgaben der Betriebsorganisation.

3a. Am meisten sind wir in bezug auf die Güter selbst gewöhnt, von Gütekontrolle und Mengenkontrolle zu sprechen. Die Gütekontrolle erstreckt sich einesteils auf die innere Beschaffenheit der Stoffe, d. h. auf die Werkstoffkontrolle und andererseits auf die Einhaltung der vorgeschriebenen Maße und die Ausübung der erwarteten Funktion

---

<sup>1</sup> In einem größeren Betrieb hat man beobachtet, daß dadurch der Arbeiterwechsel auf ein Viertel vermindert wurde.

(Maß- und Funktionskontrolle). Diesen beiden Gebieten ist je ein Kapitel gewidmet. Wie umfassend die Werkstoffkontrolle ist, zeigt die Übersicht Abb. 2 durch einige Beispiele.

	Eingehende Stoffe	Stoffänderung während der Fertigung	In d. Fertigung verändert. Stoffe		Fertig-Erzeugnisse
			Grundstoff	Oberfläche	
Stichproben	Heizwertbestimmung von Kohlen	—	1. Hilfsstoffe Formsandprüfung in Gießerei		Generatorgasprüfung im Stahlwerk
Stichproben	chemische Analyse Zerreiβversuch	Schmiedeproben in Stahlwerken	2. Fertigungsstoffe Metallographische Untersuchung eines Autogenschnittes		Tauchversuch mit verzinktem Stahldraht Probebelastung eines Drahtseiles
Vollproben	Schlaghärteprüfung	Schweißkontrolle an elektrischen Maschinen	Prüfung gehärteter Stichplatten (Nähmaschinen) mit dem Skleroskop	Isolationsprüfung von Emaillendrähten	Längung von Gliederketten
		Temperaturkontrolle an Härteöfen			Isolationsprüfung von Motoren

Abb. 2. Beispiele für regelmäßige Werkstoffkontrolle.

Man versteht unter Werkstoffkontrolle gewöhnlich nur die sogenannte Materialprüfung, d. h. die chemische und physikalische Untersuchung der eingehenden Werkstoffe, jedoch muß sich häufig die Werkstoffkontrolle durch den Betrieb bis zum fertigen Erzeugnis durcherstrecken. Gerade diesen Kontrollen im Betriebe müssen wir unsere besondere Aufmerksamkeit schenken, denn sie werden von immer größerer Bedeutung. Dieser Gedanke sei in bezug auf die regelmäßige Werkstoffkontrolle an Hand der Übersicht Abb. 2 erläutert. So sind von den Hilfsstoffen z. B. die Kohlen von Zeit zu Zeit auf ihren Heizwert zu untersuchen. Während in diesem Falle der Stoff beim Eingang in das Werk geprüft wird, sind in anderen Fällen Prüfungen während oder nach der Herstellung der Hilfsstoffe notwendig. Die Übersicht zeigt als Beispiele die Prüfung des Formsandes in Gießereien während seiner Aufbereitung und die Kontrolle des Generatorgases in Stahlwerken.

Für die Fertigungsstoffe bringt das Bild eine Reihe von Beispielen für Stich- und Vollproben. Der höchste Grad ist die selbsttätige Regelung, wie sie z. B. beim Schweißkontroller an einer elektrischen Schweißmaschine erfolgt, der selbsttätig die Schweißtemperatur regelt und dadurch eine nachträgliche Beeinflussung des Werkstoffes verhütet.

Die Einzelheiten des Gebietes „Werkstoffkontrolle“ behandelt Kapitel 6<sup>1</sup>. Ebenso erstreckt sich die Maßkontrolle im weitesten Sinne vom Materialeingang bis zum Ausgang des fertigen Erzeugnisses aus der Werkstatt. Sie geht, wie aus den Beispielen der Übersicht Abb. 3 hervorgeht, von der Maßfeststellung an eingehenden Stangen, Stoffen, Schmiedestücken, Gußstücken über die Maßprüfung der Einzelteile bis zur Funktionsprüfung und Leistungsprüfung des fertigen Erzeugnisses. Die Einzelheiten behandelt Kapitel 8<sup>2</sup>. Fahren wir nun in der Besprechung der Abb. 1 fort.

	Bei der Anlieferung			Bei der Fertigung		Fertigerzeugnisse Maße u. Funktion
	Roh- teile	Halbzeuge	Teile und Gruppen	Einzelteile	mehrere Teile zusammen	
Voll- proben	Guß- stücke	gezogene Stangen  Rohre	Kugel- lager  Zünd- apparate	von Hand: Werkstücke an Drehbank, Fräsmaschine usw.  selbsttätig: Meßuhr an Schleif- maschine	selbsttätig: Druckmes- sung beim Einpressen von Buchsen in Pleuel- stangen	Kontrolle vor und nach dem Zusammenbau   Probelauf
Stich- proben	Spritz- guß- stücke	Profil- eisen	Schrau- ben	Automaten- stücke		

Abb. 3. Beispiele für regelmäßige Maß- und Funktionskontrolle.

3b. Die Mengenkontrolle der Güter ist nebst der Gütekontrolle wohl das größte Tätigkeitsfeld der Kontrolle. Die Mengenkontrolle sichert den Arbeitsfluß und schafft die Unterlagen für die Abrechnung, so aufs engste mit der Wertkontrolle zusammenarbeitend. Diesem Gebiet sind zwei Kapitel gewidmet: 3 Mengenkontrolle<sup>3</sup> und 4 Kontrolle durch Wiegen<sup>4</sup>. Wie Mengenkontrolle den gesamten Materialfluß, und zwar gleichermaßen den der Hauptstoffe wie den der Hilfsstoffe, begleitet, zeigt die Übersicht Abb. 4.

3c. Die Zeitkontrolle in bezug auf die Güter ist natürlich aufs engste mit den Zeitkontrollen in bezug auf Menschen und Einrichtungen verknüpft und wird daher im gesamten Zusammenhang in Kapitel 9<sup>5</sup> behandelt.

Die Zeitdauerkontrolle, bezogen auf die Arbeitsstücke, ist die

<sup>1</sup> Schulz, E. H.: Werkstoffkontrolle (Materialprüfung).

<sup>2</sup> Brauer, P.: Kontrolle der Maßrichtigkeit von Werkstücken.

<sup>3</sup> Grässler, H.: Mengenkontrolle im Materialfluß.

<sup>4</sup> Zschacke, E. H.: Kontrolle durch Wiegen.

<sup>5</sup> Fraenkel, K. H.: Zeitkontrollen.

Grundlage für die Nachkalkulation. Daneben ist die Zeitdauerkontrolle für gewisse Dauerprozesse wie Glühen, Trocknen, Mischen wichtig, weil davon die Güte des Erzeugnisses abhängt. Bei der Zeitpunktkontrolle in bezug auf den Güterfluß handelt es sich im besonderen um die Liefertermine, und zwar wiederum von Anfang bis zu Ende des Betriebes, d. h. vom Materialeingang über die Liefertermine von Werkstatt zu Werkstatt, bis zum Liefertermin für den Kunden.

4a. Schließlich ist in der Übersicht noch das Kapital genannt, das unter denselben Gesichtspunkten zu kontrollieren ist. Nicht jeder

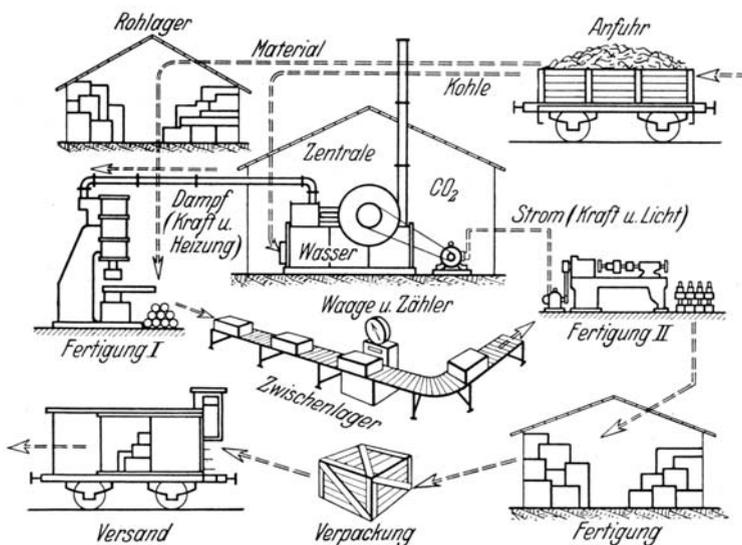


Abb. 4. Wo erfolgt Mengenkontrolle ?

Kapitalposten ist gut, er bedarf daher sehr wohl in bezug auf seine Güte einer Kontrolle. Forderungen können faul werden, Patentrechte können verfallen, als brauchbar eingesetzte Maschinen können wertlos werden; so steht man heute auf dem Standpunkt, daß die Kontrolle der aktiven Posten auf ihre Güte nicht mehr wie früher nur alle Jahre einmal bei der Bilanz, sondern in kürzeren Zeitabständen vorgenommen werden muß.

4b. Die mengenmäßige Kontrolle des Kapitals ist die Aufgabe der gesamten Buchhaltung, soweit sie sich auf den Betrieb bezieht, im besonderen der Betriebsbuchhaltung. Sie kontrolliert den Fluß der Dinge durch den Betrieb unter dem Gesichtspunkt des Wertes. Dies ist durchaus nicht gleichbedeutend mit dem Materialfluß. Dieser bildet nur einen Teil der Werte. Andere Werte bestehen in Löhnen und schließlich in Kosten, die zur Aufrechterhaltung des Betriebes dienen und daher auf die Erzeugnisse aufzuteilen sind.

Eine andere Art von Wertfluß ist die in der Abschreibung zum Ausdruck kommende Maschinenabnutzung, deren Gegenwert in den Erzeugnissen wiederkehren muß.

4c. Schließlich kommt auch beim Kapital die Zeitkontrolle mit hinein, die in bezug auf Zeitdauer die Zinseinflüsse und in bezug auf Zeitpunkte die Termine ein- und ausgehender Zahlungen zu überwachen hat. Hierher rechnen wir auch die Zeitpunktkontrolle, welche für rechtzeitige Erfüllung anderer Vertragsverpflichtungen, z. B. Ausnutzung von Optionen, Garantienzeiten u. dgl. sorgt. Wir sehen also, daß tatsächlich durch alles, womit man im Betriebe zu tun hat, diese Dreiteilung geht: Zustands- oder Gütekontrolle, Mengenkontrolle und Zeitkontrolle. Diese Betrachtung war notwendig, um eine Grundlage für die Organisation der Kontrolle zu finden und außerdem, um nunmehr die Gefahrquellen zu untersuchen und die Einflüsse herauszufinden, die dauernd am Werke sind, um den glatten Ablauf der Dinge zu stören und den Betriebsleuten das Leben schwer zu machen. An Hand der Übersicht Abb. 1 ist es sofort gesagt: Wir haben es mit Unvollkommenheiten der Menschen, der Einrichtungen, der Güter (des Materials) und auch des Kapitals zu tun.

### **3. Die Gefahren oder Fehlerquellen.**

Die Gefahren beim Menschen liegen in körperlichen und psychischen, mehr aber in moralischen Eigenschaften. Körperliche Gebrechen, Gesundheitsstörungen, Unvollkommenheiten der Sinne, schwache Augen, schlechtes Gehör, ungenügende Feinfühligkeit sowie Ermüdung beeinträchtigen Güte und Menge der Arbeitsleistung. Unfälle beeinträchtigen unmittelbar die Leistung; ebenso nachteilig wirken sich psychische Mängel aus, wie Mangel an Konzentration, schlechte Auffassungsgabe, schlechtes Gedächtnis, Unaufmerksamkeit, Unpünktlichkeit, Nachlässigkeit, leichte Erregbarkeit und vieles andere.

An moralischen Eigenschaften spielen Egoismus, Mißgunst, Neid und Haß eine Rolle; am meisten haben wir es mit dem Egoismus zu tun. Er wirkt sich darin aus, die eigene Arbeitsleistung möglichst teuer zu verkaufen oder, wie man leider oft sagen muß, für eine zu empfangende Leistung möglichst wenig zu leisten, ferner darin, Güter nicht abzuliefern bzw. zu entwenden und schließlich darin, einen verschuldeten Schaden zu verdecken. So wirkt sich der Egoismus auf Lieferungen, sei es an die nächste Arbeitsstelle, sei es nach draußen, aus. Der Gebende hat stets ein Interesse daran, daß die zu bezahlende Menge möglichst hoch beziffert wird, der Empfangende daran, daß sie möglichst niedrig beziffert wird. Der Beispiele dafür gibt es unzählige.

a) Ein nachlässiger Kassierer oder Lagerverwalter wird nie beunruhigt sein, wenn er mehr Geld bzw. Ware in seinem Gewahrsam hat,

als das Soll im Buche beträgt und daher eher eine Einnahme als eine Ausgabe zu buchen vergessen.

b) Bei Bezahlung nach Zeitlohn will der Arbeiter viele Stunden, bei Bezahlung nach Akkord will er hohe Stückzahl und daher Ausschuß vertuschen oder schon früher gelieferte Stücke nochmals abgeben.

c) Ein Arbeiter läßt trotz Abwesenheit durch einen anderen seine Zeitkarte stempeln.

Ganz allgemein muß man sich also wappnen gegen:

a) Unterdrücken von Tatsachen (Kassierer unterläßt Buchung).

b) Entstellung oder Fälschung von Tatsachen (Stundenzahl, falsche Stückzahl).

c) Erdichten von Tatsachen (betrügerisches Stempeln).

Bei den Betriebseinrichtungen liegt eine tatsächliche Gefahr in der Zerstörung durch Witterungseinflüsse (Durchweichung durch Regen, Anfressen durch Rost, durch chemisch verunreinigte Luft u. dgl.) und in der Abnutzung durch den Gebrauch. Diese Abnutzung findet statt auf dem Fußboden der Werkstatt, am Riemen, der die Maschine treibt, in deren Lagern und an den Führungen der Maschinen und schließlich an Werkzeugen und Meßmitteln. Weiterhin liegt eine Gefahrquelle in der durch falsche Benutzung herbeigeführten Zerstörung, die zwar beim Bruch gewöhnlich sofort sichtbar wird, häufig aber nur in einer Verbiegung besteht. Eine wirtschaftliche Gefahr in bezug auf die Einrichtungen besteht im Veralten von Einrichtungen. In bezug auf die Arbeit drohen falsche Einstellung von Werkzeug und Geschwindigkeit, ungenügende Schmierung und Kühlung, Überlastung, Undichtigkeit, Falsch- oder Nichtauslösung von Bewegungen.

Beim Material liegen die Gefahrquellen in der ungleichmäßigen Beschaffenheit des Stoffes, in Maßabweichungen, und zwar beides sowohl beim Eingang der Ware wie auch während des ganzen Fertigungsganges.

In bezug auf die Menge drohen falsches Zählen und Wiegen, Diebstahl, Bruch, Zerstörung, Auslaufen bei Flüssigkeiten, Schwund, Zufügung von Ausschuß oder Fremdware, um Behälter voll erscheinen zu lassen.

Die Gefahren beim Kapital haben wir bereits angedeutet. Kapitalwerte verschwinden, wenn eine Kunde unauffindbar verschwindet oder zahlungsunfähig wird. Werte können auch gemindert werden oder verschwinden, wenn von außen hereingetragener Schaden entsteht, z. B. Brandschaden, Einbruchschaden, Haftpflichtschaden und man nicht durch genügende Versicherung gedeckt ist. Hinzu kommt die Gefahr, daß trotzdem durch irgendwelche Vertragsverletzungen, wie Unterlassung pflichtmäßiger Sicherungen, Versäumnis von Prämienzahlungen, Ansprüche hinfällig werden. Kapitalschaden entsteht auch, wenn Un-

kosten falsch disponiert sind und deshalb Waren zu billig verkauft werden. Auch bei einer guten Selbstkostenrechnung kann dies passieren, wenn man z. B. Jahresunkosten, die erst am Ende des Jahres auflaufen, während des Jahres nicht berücksichtigt hat. Überdies ist das Kapital am meisten den von außen drohenden Gefahren ausgesetzt, insbesondere auch der Gefahr eines absinkenden Marktes, der seine Ursachen in der Jahreszeit, der Mode, dem Wettbewerb, dem Geschmack und der Kaufkraft hat. Hierdurch können plötzlich große Lagerposten sehr erheblich entwertet werden; sogar auf den Wert von Betriebseinrichtungen kann sich dies auswirken, wenn diese plötzlich und dauernd beschäftigungslos werden. (Beispiele: Die Klavierindustrie ist durch Radio und Sprechmaschinenindustrie eingeengt, viele Webereien durch die Kunstseidenindustrie).

Wir sahen soeben an dem Versicherungsfall, daß häufig noch Gefahren bestehen, auch wenn die Erstgefahr beseitigt ist. Wir sprechen dann von Gefahrenketten für die Übersicht Abb. 5 einige anschauliche Beispiele gibt.

Soll	Beispiel für		
	Güte	Menge	Zeit
	Maßrichtiges Werkstück	1000 Fertigstücke	Termin
Gefahren	Falsche Zeichnung Unleserliche Zahlen Unleserliche Pause Falsche Meßmittel Falsche Handhabung Falsche Ablesung Falsche Folgerung (Vergessen Stück nachzuarbeiten) Nachträgliche Maßänderung (z. B. durch Verbiegen)	Ungenügende Halbzeugmenge Werkstofffehler Falsches Muster Ausschuß durch Maßfehler Entwendung von Halbzeug Verlust von Stücken Falsches Zählen Nachträgliche Entwendung	Vergessene Bestellung Verspäteter Materialeingang Verspätet in Lager genommen Verzögerung durch Kontrolle Vergessener Betriebsauftrag Maschine nicht frei Fehlen des Mannes Fehlen von Werkzeug Zu langsame Arbeit Herumliegen in Werkstatt Warten auf zugehörige Teile

Abb. 5. Gefahrenketten.

Wir sehen also, daß auf allen Gebieten dauernd Einflüsse am Werk sind, die verhindern wollen, daß das Ist das Soll erreicht, und zwar sind diese Einflüsse derart, daß das Ist immer unter dem Soll liegt, d. h., daß die Abweichung immer eine solche ist, die Schaden verursacht; diese Erkenntnis schafft die wirtschaftliche Berechtigung der Kontrolle. Außerdem haben wir durch die Betrachtung der Gefahr-

quellen eine zweite wichtige Grundlage für Methodik und Organisation der Kontrolle gefunden.

Wir kommen nunmehr zum Ausgangspunkt jeder Kontrolle, das ist:

#### **4. Die Aufstellung des Soll und der zulässigen Abweichungen.**

Indem man sich das ideale Soll, das man eigentlich erreichen möchte, dauernd vor Augen hält, stellt man ein praktisches, toleriertes Soll auf, das nach dem Stand der Technik und des Marktes mit wirtschaftlichen Mitteln zu erreichen ist. Wir wollen aus unseren Kontrollfeldern (Abb. 1) zunächst die Güter in Betracht ziehen. Hierbei kann die Aufstellung eines Soll auf mehrere Arten geschehen: durch Herstellung eines Modells, durch Beschreibung, durch Zeichnung, durch zahlenmäßige Angaben. Das Ideal ist, ein Soll ausschließlich in zahlenmäßigen, meßbaren Angaben festzulegen. Daran erkennen wir wieder den ursprünglichen Begriff der Kontrolle als „Vergleich mit einer Aufschreibung“.

**Einheiten.** Zahlenmäßige Angaben setzen natürlich das Vorhandensein einer Maßeinheit voraus, wie Stückzahl, Mark und Pfennig, Meter, Pferdestärken. Man muß zunächst die Maßeinheit richtig wählen, z. B. entsteht bei Schüttgütern häufig die Frage, ob Rauminhalt oder Gewicht maßgebend und für die Kontrolle geeignet sind. Auch bei Mengen von Werkstücken, besonders solchen der Massenfertigung, ist die Einheit nicht immer selbstverständlich, und es ist bisweilen zu entscheiden, ob Stückzahl, Gewicht oder Rauminhalt (Anzahl von Normalbehältern) als Grundlage der Einheit zu wählen sind. Sogar betriebsorganisatorische Gründe können die Wahl der Einheit bestimmen. Z. B. gibt man Papierbogen in der Einzelfertigung einzeln aus, in der Fließfertigung kann man sie nach Gewicht ausgeben und abbuchen.

Auf vielen Gebieten ist es aber durchaus noch nicht selbstverständlich, daß man über Maßeinheiten verfügt. Z. B. gibt es noch keine allgemein gültige Einheit für Lautstärken, die uns positiv bei allen Sprechgeräten und negativ als Lautlosigkeit bei Motoren und anderen Maschinen interessiert.

Die Lichttechnik hat sich erst im letzten Jahrzehnt eine neue Einheit im Lumen geschaffen. Die Metallbearbeitung versucht in jüngster Zeit eine Einheit für die Bearbeitbarkeit zu schaffen.

Eine allgemeine Einheit für die Härte gibt es noch nicht; man behilft sich, indem man Vergleichszahlen bestimmter Kontrollverfahren heranzieht und spricht so von Brinellhärte, Skleroskophärte und anderen.

Die Darstellung zahlenmäßiger Angaben findet statt in Schriftstücken, Zahlentafeln, in Zeichnungen und in graphischen Darstellungen (z. B. Sollverlauf von Leistungskurven).

Häufig sind die zahlenmäßigen Angaben durch Beschreibung zu ergänzen, wie wir es aus Bestellungen wissen; auch sollte man auf Zeichnungen mit textlichen Erläuterungen nie zu sparsam sein. Sehr oft werden Zeichnungen durch sehr eingehende Abnahme- bzw. Prüfbedingungen ergänzt (s. später Abb. 8).

Wo zahlenmäßige Angaben nicht zur Verfügung stehen, tritt das Muster ein. Die Muster spielten früher eine viel größere Rolle als heute; der neuzeitliche Verkehr lehnt sie wegen der damit verbundenen Unzulänglichkeiten und Unbequemlichkeiten ab.

Ein Muster ist häufig nicht in allen Eigenschaften maßgebend; auch ist es schwer, die zulässigen Abweichungen festzulegen. Eine Hauptschwierigkeit liegt aber in folgendem: Wenn man es mit Dritten zu tun hat, stößt man in jedem Fall auf Schwierigkeiten, gleichgültig, ob man mit einem oder mit mehreren Mustern arbeitet.

Arbeitet man mit zwei Mustern, von denen man eines zurückbehält, so ist das Soll nicht genau umrissen, denn das eigene Muster ist nie genau gleich dem übersandten.

Arbeitet man mit einem Muster, so drohen als Gefahren: Verlust, Beschädigung, Veränderung, die teils ohne eigenes oder des Dritten Zutun oder durch dessen Böswilligkeit verursacht sein können.

Bisweilen setzt man an Stelle des Musters ein Gegenstück (z. B. eine Durchbruchlehre für ein gezogenes Profil). Damit wird noch viel gearbeitet, obwohl hier die gleichen Gefahren drohen.

In gewissem Maße bedrohen diese sogar Zeichnungen und Beschreibungen und da es, besonders im Verkehr mit Dritten oft eine starke Belastung darstellt, genaue Beschreibungen zu schreiben und zu lesen, so gewinnen die Lieferungsnormen als Beschreibungen des Soll eine immer wachsende Bedeutung. Sie haben den Vorzug, daß die Bedingungen immer gleich lauten, somit dem Besteller und Lieferer rasch bekannt werden und dadurch weniger Fehlerursachen in sich bergen. Somit werden die Lieferungsnormen zu einer außerordentlich wichtigen Unterlage für Kontrollen. Wir denken an die Dinormen über tolerierte Teile, über Werkstoffe (Abb. 6), an die Liefernormen des Reichsausschusses für Lieferbedingungen (RAL) (Abb. 7). Diese Normen sind natürlich besonders wichtig, wo sie die Übersendung von Mustern sparen, wie es z. B. die Ostwaldschen Farbnormen erzielt haben. So hat man auf Gebieten, die anscheinend einer Kontrolle ganz unzugänglich waren, Kontrollmöglichkeiten geschaffen, z. B. in Amerika bei landwirtschaftlichen Erzeugnissen; da bezeichnet z. B. Apfel xx eine ganz bestimmte Sorte und Größe mit bestimmten Eigenschaften, so daß ein Besteller nach der beschreibenden Norm seine Ware kontrollieren kann. Und im ganzen Schriftverkehr genügt es, mit der Ordnungszahl der

Deutsche Normen.

<b>Kupfer-Vollprofile.</b> Rund-, Flach-, Vierkant-, Sechskantkupfer und ähnliche Profile gezogen Technische Lieferbedingungen	<b>DIN</b> <b>1773</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------

Bei Bestellung sind Markenbezeichnung und Zustand anzugeben. Ob und welche Abnahmeprobe verlangt werden, ist zu vereinbaren. Empfohlen wird, den Verwendungszweck anzugeben. Kupfer-Vollprofile werden handelsüblich sowohl hart gezogen als auch gegläht (weich) geliefert; falls keine besondere Vorschrift erfolgt, im harten Zustande.

**Profilbeispiele**



**Werkstoffeigenschaften**

a) mechanische

Benennung	Markenbezeichnung (vgl. DIN 1708 Blatt 1)	Zustand der Probe	Zugversuch nach DIN 1605 Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup> mindestens	Bruchdehnung $\delta_{10}$ % mindestens
Hüttenkupfer A	A — Cu	geglüht	23	38
Hüttenkupfer C	C — Cu	geglüht	21	38
Elektrolytkupfer E	E — Cu	geglüht	20	40

b) chemische

Markenbezeichnung	Reingehalt mindestens %	Höchstzulässige Beimengungen %	Spezifisches Gewicht
A — Cu	99,0	siehe DIN 1708 Blatt 2	8,9
C — Cu	99,4		
E — Cu	Für die Beurteilung ist nur die elektr. Leitfähigkeit maßgebend.		

Hüttenkupfer A — Cu mit absichtlichen Zusätzen von Arsen oder Nickel dient als Werkstoff für Lokomotivscholzen und gegebenenfalls für solche Vollprofile, die höheren Temperaturen im Betriebe ausgesetzt werden sollen.

Hüttenkupfer C — Cu unterscheidet sich von A — Cu hauptsächlich durch den Gehalt an Arsen und ist der handelsübliche Werkstoff für Vollprofile.

Elektrolytkupfer E — Cu findet Verwendung für Vollprofile mit vorgeschriebener Leitfähigkeit für elektrotechnische Zwecke; in diesem Falle gelten außerdem die Kupfernormen des VDE. Auch für sonstige Verwendungszwecke ist E — Cu als Werkstoff zulässig, wenn nichts anderes vereinbart wird. C — Cu und E — Cu sind infolge ihrer höheren Reinheit weicher als A — Cu.

**Zugversuch nach DIN 1605**

Langer Normalstab oder langer Proportionalstab.

Ist Lieferung in geglähtem (weichem) Zustand vorgeschrieben, so dürfen die Proben nicht nochmals gegläht werden.

Wird für hart gezogenes Kupfer eine bestimmte Festigkeit vorgeschrieben, so wird diese durch einen Zugversuch im Anlieferungszustande geprüft.

Bei Hüttenkupfer C — Cu ist eine um 1 kg/mm<sup>2</sup> geringere Festigkeit noch zulässig, sofern die Dehnung mindestens 20% über der Mindestgrenze liegt.

Weitere Bestimmungen siehe DIN 1602 Werkstoffprüfung, Begriffe und DIN 1603 Werkstoffprüfung, Allgemeines.

**Chemische Analyse**

Bei Schiedsanalysen ist nach den vom Chemiker-Fachausschuß der „Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute“ ausgewählten Methoden zu verfahren.

**Anzahl der Proben und Versuche**

Zur Prüfung dürfen für Zugversuche entnommen werden:

bei Sorten bis zu 1 kg/m 1 Stück von je 500 kg oder angefangenen 500 kg,

bei Sorten über 1 kg/m 1 Stück von je 1000 kg oder angefangenen 1000 kg.

Beträgt das Gesamtgewicht der Lieferung weniger als 500 bzw. 1000 kg, so können je 2 Zugversuche verlangt werden.

Beträgt das Gesamtgewicht der Lieferung mehr als 1500 bzw. 3000 kg, so ist für die überschießende Menge nur die Hälfte der oben angegebenen Proben zu entnehmen.

Proben können nicht verlangt werden, wenn das dafür benötigte Gewicht 0,5% der Lieferung übersteigt.

**Bemerkungen**

Lagergrößen und zulässige Maßabweichungen für gezogene Kupfer-Vollprofile siehe DIN 1767 und DIN 1768. Die Vorschriften dieses Blattes sind sinngemäß auch auf gepreßte Vollprofile aus Kupfer anwendbar.

<b>Messingrohr</b> nahtlos gezogen handelsüblich Technische Lieferbedingungen	<b>DIN</b> 1775
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Bei Bestellung sind Markenbezeichnung, Güteklasse und Zustand anzugeben. Ob und welche Abnahmeprüfungen verlangt werden, ist zu vereinbaren. Empfohlen wird, den Verwendungszweck anzugeben.

**Werkstoffeigenschaften a) mechanische**

Markenbezeichnung (vgl. DIN 1709 Blatt 1)	Güteklasse	Zustand	Zugversuch nach DIN 1605		Bemerkungen
			Zugfestigkeit $\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup> mindestens	Bruchdehnung $\delta_{10}$ % mindestens	
Ms 60 Ms 63	A Handelsgüte ohne vorgeschriebene Festigkeitseigenschaften	geglüht oder handelsüblich gezogen	—	—	Je nach Verwendungszweck kann Aufweit-, Flachschlage- und Wasserdruckversuch vorgeschrieben werden. Sonderbestimmungen dazu siehe unten.
Ms 60	B Sondergüte (Konstruktionsmaterial) mit vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften	geglüht gezogen	35 45	35 15	
Ms 63		geglüht gezogen	29 40	40 15	

**b) chemische**

Markenbezeichnung	Zusammensetzung %			Zulässige Abweichung % Cu	Höchstzulässige Beimengungen %	Spezifisches Gewicht
	Cu	Pb	Zn			
Ms 60	60	—	Rest	+ 2 — 1	Pb < 0,8 Sn < 0,3 Fe < 0,2 Al < 0,1 zusammen (Pb + Fe + Sn + Al) < 1,0 Sonstige Beimengungen < 0,1 <sup>1</sup>	8,45 bis 8,55
Ms 63	63	—	Rest	+ 2 — 1	Pb < 0,5 Sn < 0,2 Fe < 0,2 Al < 0,05 zusammen (Pb + Fe + Sn + Al) < 0,6 Sonstige Beimengungen < 0,1 <sup>1</sup>	im Mittel 8,5

<sup>1</sup> Ni gilt nicht als Verunreinigung.

**Versuche**

1. **Zugversuch** nach DIN 1605. Der Zugversuch wird im allgemeinen nur mit solchen Rohren ausgeführt, die in festen Längen bestellt und zum Einbau in wärmetechnische Apparate bestimmt sind.

Soweit die Bauart der Zerreißmaschine es zuläßt, werden die Rohre als Rundproben zerrissen, wobei in die Rohrenden Dorne eingeführt werden. Bei Rohren größeren Durchmessers wird ein Rohrstreifen von 15 bis 20 mm Breite mittels zweier Längsschnitte herausgetrennt, dessen Enden zur sicheren Einspannung kalt flach zu richten sind; innerhalb der Versuchslänge behält der Streifen seine ursprüngliche Flächenkrümmung. Mit weiten Rohren unter 1 mm Wanddicke, die nicht mehr als Rundprobe zerrissen werden können, wird kein Zugversuch ausgeführt.

2. **Flachschlageversuch.** Geglühte Probestücke von Rohren bis 3 mm Wanddicke müssen sich bis zur vollständigen Berührung der Innenflächen zusammenschlagen lassen, ohne daß ein Anbruch auf der Zugseite auftritt (Zugrisse im metallischen Werkstoff).

3. **Aufweitversuch.** Rohre mit 0,75 bis 3,0 mm Wanddicke müssen sich in geglühtem Zustande durch Eintreiben eines kegeligen Dornes (Kegelwinkel 45°) um 25% des Innendurchmessers aufweiten lassen, ohne daß Ribbildung eintritt.

4. **Wasserdruckversuch.** Die Rohre sind mit einem Wasserdruck von 20 kg/cm<sup>2</sup> abzupressen bzw. mit dem doppelten Betriebsdruck, sofern dieser bei Bestellung angegeben ist.

Weitere Bestimmungen siehe DIN 1602 Werkstoffprüfung, Begriffe und DIN 1603 Werkstoffprüfung, Allgemeines.

**Chemische Analyse**

Als Analysenprobe sind Späne von mindestens 5 verschiedenen Rohren zu entnehmen und gut zu mischen. Bei Schiedsanalysen ist nach den vom Chemiker-Fachausschuß der „Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute“ ausgewählten Methoden zu verfahren.

**Anzahl der Proben und Versuche**

Zur Prüfung dürfen für Versuche entnommen werden:

bei Rohren über 0,5 kg/m 1 Stück von je 500 Stück oder angefangenen 500 Stück,

bei Rohren unter 0,5 kg/m 1 Stück von je 1000 Stück oder angefangenen 1000 Stück.

Beträgt die Gesamtstückzahl der Lieferung weniger als 500 bzw. 1000, so können je 2 Versuche von jeder Art verlangt werden.

Beträgt die Gesamtstückzahl der Lieferung mehr als 1500 bzw. 3000 Stück, so ist für die überschießende Menge nur die Hälfte der oben angegebenen Proben zu entnehmen.

Proben können nicht verlangt werden, wenn das dafür benötigte Gewicht 0,5% der Lieferung übersteigt.

Der Wasserdruckversuch ist bei Rohren, die zur Leitung von Gasen, Dampf oder Flüssigkeiten dienen sollen, vom Lieferwerk an jedem einzelnen Stück auszuführen. Bei der Abnahme sind im allgemeinen nur Stichproben vorzunehmen.

**Bemerkungen**

Lagergrößen und zulässige Maßabweichungen für gezogene Messingrohre siehe DIN 1755 und DIN 1772.

Werkstoffvorschriften für Kondensatorrohre unterliegen besonderen Vereinbarungen.

Juli 1927.

Fachnormenausschuß für Halbzeug aus Nichteisen-Metallen.

Norm zu verkehren, z. B. „Stahl St 50.11“ oder „gezogenes Sechskantmessing DIN 1763“. Häufig sind mehrere Normen anzuziehen, z. B. Zylinderstifte DIN 7 (Abmessung), nach T (Treibsitz, DIN 57) (Toleranzen), aus Stahl St 60.11 (DIN 1611) (Werkstoff) und dementsprechend auch bei der Kontrolle zu benützen. Wie umfassend solche Vorschriften schon gediehen sind, zeigen in nachhaltiger Weise die Prüfvorschriften für Werkzeugmaschinen (Prüfbuch für



Abb. 7. Lieferbedingungen für Siegelack.

Werkzeugmaschinen, G. Schlesinger<sup>1</sup>), nebenbei ein treffliches Beispiel für das Zusammenwirken von Zeichnungen und Beschreibungen.

Für ganze Erzeugnisse gliedert sich das Soll natürlich in sehr viele Einzelangaben, wie Materialbeschaffenheit, elektrische Beschaffenheit, Leistung, Farbe, Maße und Funktion.

Zu jedem einzelnen Glied dieses Soll ist nun anzugeben, wieweit das Ist davon abweichen darf. Diese Grenzen sind so festzulegen, daß, wenn etwas jene Grenze überschreitet, es auch tatsächlich nicht mehr brauchbar ist. In dieser Beziehung werden leider noch häufig Fehler gemacht, indem zu enge Toleranzen gegeben werden. Auch der ent-

<sup>1</sup> Schlesinger, G.: Die Arbeitsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1931.

gegengesetzte Fehler wird gemacht, daß man nämlich die Grenze so weit hinausschiebt, daß ein befriedigender Zustand nicht mehr erreicht wird. Die Grenzmaße können in verschiedener Beziehung zum Sollmaß stehen; bald fällt das Größtmaß, bald das Kleinstmaß mit dem Sollmaß zusammen, in einem Fall ist nur eine Unterschreitung, im anderen nur eine Überschreitung gestattet. Häufig liegt das Sollmaß zwischen den Grenzmaßen. Der häufigste Fall ist aber der, daß überhaupt kein Sollmaß, sondern nur zwei Grenzmaße (Größt- und Kleinstmaß) angegeben werden. Bisweilen gibt man auch nur ein Grenzmaß als Größtmaß oder als Kleinstmaß an, besonders dann, wenn der technische Prozeß nach der anderen Seite keine schädliche Überschreitung hervorrufen kann (z. B. Mindestdehnung bei einem Werkstoff).

Wichtig ist, daß Soll und Abweichungen insofern in einer gewissen Beziehung zueinander stehen, als einem sehr hohen Soll nicht eine sehr große Abweichung zugeordnet werden darf. Wenn man z. B. eine Präzisionsmaschine mit besonders konstruierten Lagern und reichlichen Führungen erzeugt, die also in der Konstruktion einen hohen Stand zeigt, so darf man nicht die Hauptspindel mit 0,2 mm Toleranz ausführen; denn damit kommt man bereits in eine andere Klasse, also auch in ein anderes Soll hinein. Das mit der Konstruktion gedachte Soll ist sinnlos, da ein Käufer, dem diese Abweichung bekannt ist, die Maschine doch nur als eine mittelmäßige beurteilen wird. Oder: Es wäre ein Unsinn, eine Meßuhr mit 0,01 mm Ablesegenauigkeit auszuführen, wenn die Toleranz in der Zahnstange 0,05 mm beträgt. Konstruktion und Ausführungsgenauigkeit müssen also im Einklang miteinander stehen.

Wir haben gefordert, daß das Soll und seine Abweichungen meßbar sein sollen, und zwar mit den Mitteln, die die wirtschaftlichen Verhältnisse im einzelnen Falle gestatten. Dabei dürfen die Fehler der Meßverfahren nicht übersehen werden; sie dürfen einen gewissen Prozentsatz jener Abweichungen nicht überschreiten. Diese Meßfehler setzen sich zusammen aus: Eigener Ungenauigkeit des Meßwerkzeuges, Fehlern bei der Handhabung, Fehlern bei der Beobachtung (s. auch Abb. 5, linke Seite).

Häufig ist eine Zahlenangabe nur im Zusammenhang mit einer bestimmten Meßmethode eindeutig, dann muß man die Meßmethode oder Prüfmethode angeben. Dies ist z. B. in der Norm, Abb. 6, erfolgt oder man schreibt in der Zeichnung: „Nach Lehre . . .“ und gibt diese mit (im Verkehr mit Dritten Gefahr wie bei den Mustern).

Wir kommen damit zur Festlegung der Prüfvorschrift, wovon Abb. 8 ein Beispiel zeigt. Erst mit deren Vollendung ist genau festgelegt, welches Soll erwartet wird. Daher spielen die Prüfvorschriften bei Ab-

(Fortsetzung s. S. 20)

Prüf- und Abnahmevorschrift zu 201, P. A. Gruppe 01, Teil 201—1, Kurvenstück													Nr Av 201—1							
Änd.	Lfd.	Spalte	Tag	Name	gen.	Änd.	Lfd.	Spalte	Tag	Name	gen.	Änd.	Lfd.	Spalte	Tag	Name	gen.	Vorschrift besteht aus 2 Blatt		
																		Abteilung V Neumann		
																		Entworfen	Tag	Name
																		Geprüft	26.9.28	Mj
																		Normgeprüft	5.10.28	Sa
Lfd. Nr	Art der Abnahme						Abnahme-Gerät			Prüfmittel z. Abnahme-Gerät			Bem.							
	1						2			3			4							
1	<p><i>Der zur Herstellung von Schmiedeteilen für Kurvenstücke zur Verwendung gelangende „Federstahl“ muß der vorzunehmenden Werkstoffprüfung genügt haben. Die Werkstoffprüfung hat nach den unter DIN 1603 und DIN 1605 festgelegten Richtlinien zu erfolgen. Die Anfertigung der für die Prüfung erforderlichen Zerreißstäbe und Probestücke ist von der Abnahme zu überwachen. Die zur Prüfung gelangenden Werkstoffteile müssen durch einwandfreie Stempelung gekennzeichnet sein.</i></p> <p>Zu fordern ist:</p> <p>Streckgrenze mindestens (35 kg/mm<sup>2</sup>)</p> <p>Bruchgrenze mindestens (65 kg/mm<sup>2</sup>)</p> <p>Dehnung mindestens (20 %)</p>						Zerreißmaschine													
2	<p><i>Werden die Schmiedeteile der verarbeitenden Abteilung angeliefert, so muß eine unbedingte Gewähr für Werkstoffzuverlässigkeit gegeben sein. Die Schmiedeteile müssen in ihren Abmessungen der Rohteilzeichnung R 201—1 entsprechen und es darf ihre Bearbeitbarkeit nicht durch besondere Härte beeinträchtigt sein.</i></p>						Kugeldruckversuch													
3	<p><i>Die Abnahme des Kurvenstückes erfolgt im fertigen Zustand mit Prüfung auf Härterisse. Vorkommen dürfen Bohr- und Reibriefen in den Bohrungen, sofern sie nicht die Funktion beeinträchtigen. Die Partien des Kurvenstückes, welche verdeckt liegen, ausgenommen die Rasten, dürfen Fräsriefen, wie sie bei gut laufender Fertigung hin und wieder vorkommen, aufweisen.</i></p>						Handlupe													
4	<p><i>Bei der Härteprüfung hat jedes Kurvenstück an den Partien, welche von einem Radius von 12 mm eingeschlossen sind, die vorgeschriebene Härtezahl von 45—50 zu erreichen.</i></p>						Rockwell-Härteprüfer													

Die gewählte Reihenfolge gilt als Richtlinie.

Prüf- und Abnahmevorschrift zu 201, P. A. Gruppe 01, Teil 201—1, Kurvenstück		Nr Av 201—1									
Änderungszustand											
Lfd. Nr	Art der Abnahme	Abnahme-Gerät		Prüfmittel z. Abnahme-Gerät		Bem.					
	1	2		3		4					
noch 4	<i>Das Anlassen soll so ausgeführt sein, daß der über dem Radius 26—0,2 liegende Teil mindestens blaue Farbe aufweist.</i>										
5	Ausschußprüfung der Bohrung (5,05)	201—1 L 1									
6	Grenzprüfung der Bohrung (3 g <sup>1</sup> )	Abnahmegrenzlehrdorn 3 g <sup>1</sup> DIN 306 u. 819									
7	Grenzprüfung der Kurvenstückbreite (7 gW)	Abnahmegrenzrachenlehre 7 gW DIN 819									
8	Prüfung der Mittenentfernungen (34,5) und (4,5) sowie der Abstände (40,6—0,2) (5,6—0,2) (3,05—0,1) Führe Kurvenstück auf Zapfen der L 2; durch Festlegen mit L 3 prüfe Mittenentfernungen, mit L 4 prüfe Abstand 3,05, mit L 5 prüfe Abstand 40,6 und 5,6.	201—1 L 2		201—1 L 3		201—1 L 6					
9	Grenzprüfung (26—0,2)	201—1 L 7									
10	Prüfung der vorderen Form	201—1 L 8		201—1 L 9							
11	Prüfung der Rundungen (35,3) (18,5) Schiebe Kurvenstück in L 10, durch Festlegung mit L 11 erfolgt Prüfung.	201—1 L 10 201—1 L 11		201—1 L 12							
12	Grenzprüfung (6—0,1)	201—1 L 13									
13	Grenzprüfung (6,7—0,1)	201—1 L 14									
14	Grenzprüfung (3+0,1)	201—1 L 15									

Die gewählte Reihenfolge gilt als Richtlinie.

nahme durch bestellende Firmen oder Behörden eine so große Rolle; aber auch im inneren Betrieb erkennt man mehr und mehr ihre Bedeutung.

Schließlich sei noch erwähnt, daß man bei der Aufstellung eines tolerierten Soll auch die späteren Veränderungen im Betrieb im Auge haben muß, die durch Temperatur und Abnutzung bedingt sind. Beispiele sind für Temperatureinflüsse: Kolbenspiel bei heißem Motor, Längung an heißdampfbespülten, dampfdichten Verschraubungen, z. B. längen sich Chromnickelstahlbolzen so viel stärker als die Umgebung, daß Undichtigkeiten auftreten. Für die Abnutzung: Außendurchmesser von Eisenbahnbandagen größer als Idealsoll; Sollmaß der Gutseite neuer Lehren wird in bezug auf das Idealmaß der Gutseite entgegengesetzt zur Abnutzung verlegt.

Bei der Beschreibung, wie das Soll festzulegen ist, haben wir uns zunächst auf dem dem Betriebsmann geläufigsten Gebiet, der Gütekontrolle der Erzeugung, bewegt, doch ist es bei den anderen Gebieten nicht wesentlich anders. Die Gütekontrolle der Einrichtungsgegenstände erfolgt an sich in derselben Weise.

Für die Mengenkontrolle wird das Soll in Bestellungen, Laufzetteln, Materialentnahmezetteln, Lagerkarten u. dgl. festgelegt. Abweichungen sind bei größeren oder bei wertvollen Stücken und im allgemeinen bei geringen Stückzahlen nicht zugelassen. Dagegen hat man Mengentoleranzen bei Stanzteilen oder Automatenteilen, bei denen der Lieferungsumfang um 5% unter- oder überschritten werden darf. Allerdings ist dann wiederum bezüglich der Preisberechnung keine Toleranz zugelassen. Bei ganz billigen Massengegenständen, wie kleinen Schraubchen, Nägeln, die man nach Gewicht bezieht, ist natürlich die durch die Meßmethode, in diesem Fall das Wiegen, bedingte Toleranz für die Stückzahlen zugelassen.

Das Soll in bezug auf Zeitdauer wird durch die Vorkalkulation in Kalkulationslisten und Akkordkarten festgehalten. Die Besetzungsdauer von Maschinen wird in graphischen Besetzungsplänen dargestellt; für die zeitliche Ausnutzung von Maschinen hat sich die graphische Darstellung nach dem Gantt-Verfahren bewährt. Das Soll in bezug auf Zeitpunkte wird außer durch zahlenmäßige Zeitangabe auch vielfach in graphischer Form festgelegt; Beispiele sind graphische Fahrpläne und Terminpläne.

Das Soll im Rechnungswesen wird im Wege der Kostenplanung (Budgetierung) festgehalten und wie die wirklichen Werte nach den verschiedenen Kategorien unterteilt. Da sich letzten Endes alle Soll, gleichgültig, ob sie sich auf Menschen, Betriebsmittel oder Güter, ob sie sich auf Güte, Menge oder Zeit beziehen, in der Kapitalberechnung auswirken müssen, so ist die Aufstellung aller wertmäßigen Soll von allergrößter Bedeutung. Daher soll sich, nachdem alle mechanischen

Einflüsse und alle mechanischen Kontrollmöglichkeiten erörtert sind, das Schlußkapitel mit der Kontrolle des Wertflusses und der Aufstellung der diesbezüglichen Soll beschäftigen.

## 5. Methoden und Mittel der Kontrolle.

Eine Methode, d. h. die Art und Weise zu kontrollieren, entwickelt sich jeweils aus den Grundaufgaben der Kontrolle. Sie muß nämlich:

- a) das Ist feststellen,
- b) mit dem Soll vergleichen,
- c) das Kontrollergebnis festlegen und
- d) die Abweichungen für die Zukunft eindämmen.

Es kann sich hier natürlich nicht darum handeln, einzelne Kontrollmethoden zu beschreiben, denn das ist Aufgabe der einzelnen Vorträge. Wir wollen uns hier lediglich auf einige grundsätzliche Ausführungen beschränken.

Wie wir schon gesehen haben, ist die vollkommenste Kontrolle da möglich, wo man messen kann. Hierbei muß die Meßgenauigkeit bekannt und der Toleranz des zu kontrollierenden Soll angepaßt sein. Die Meßgeräte müssen vor Ingebrauchnahme auf ihre Richtigkeit geprüft werden; diese Prüfung ist in dem Maße zu wiederholen, als die Abnutzung oder sonstige Veränderungen es angezeigt erscheinen lassen.

Innerhalb der Meßmethoden wird stets diejenige Methode überlegen sein, die den persönlichen Einfluß und damit die in den Kontrollpersonen liegenden persönlichen Fehlerquellen möglichst ausschalten. Der Einfluß des Meßgefühls wird z. B. durch Meßinstrumente mit selbsttätig sich einstellenden Meßdruck ausgeschaltet. Mängel des Auges, wie sie beim Ablesen eine Rolle spielen können, werden vielfach durch feste Lehren ausgeschaltet (Lehrdorn, Gewindelehrdorn). Außerdem ist die feste Lehre geeignet, Fehler, die sonst durch ungenügende Beobachtungsfähigkeit und Übung entstehen können, auszuschalten; sie kann auch von ungeübten Personen sehr bald in einwandfreier Weise benutzt werden. Dieser Gesichtspunkt beschränkt sich durchaus nicht auf die Kontrolle von Längenmaßen, er findet ebenso Anwendung z. B. bei der Feststellung des spezifischen Gewichtes einer Flüssigkeit mittels eines Areometers mit nur zwei Toleranzmarkenstrichen oder in Gestalt eines Gefäßes mit Eichstrich oder bei der Stückzahl durch Normalbehälter, bei denen Zählfehler ausscheiden, da ja gar nicht gezählt wird. Spinnen wir diesen Gedanken fort, so können wir sehen, wie sich ein einmal erkannter Grundsatz rasch weiter übertragen läßt: Zu einer Anzahl von Werkstücken, deren Zahl bereits bekannt ist, sollen jeweils weitere Teile zugegeben werden. Sagen wir zu 100 Uhren 100 Zifferblätter, so kann man sich sowohl das Auszählen der Zifferblätter aus dem Lagerbehälter wie auch die Kontrolle der Zahl der Zifferblätter ersparen bzw. die Kon-

trolle selbsttätig erfolgen lassen, wenn man beim Herausnehmen aus dem Lager sofort auf jede Uhr ein Zifferblatt aufsteckt. Die Zahl ist damit selbsttätig festgestellt. Man macht davon bei der Fließarbeit zweckmäßigerweise Gebrauch, indem man lediglich die Zahl der Fertigerzeugnisse feststellt und danach die Lagerentnahme durch entsprechende Multiplikation der Zahlen der Stückliste unter Hinzuzählung etwa Ausschuß gewordener Teile feststellt.

So können wir uns fast bei allen auf Messung beruhenden Kontrollen die beiden Möglichkeiten denken, entweder das betreffende Maß positiv zu ermitteln, d. h. im engeren Sinne zu messen, oder nur festzustellen, ob das erreichte Maß zwischen den Grenzmaßen liegt. Die Entwicklung geht, je häufiger im Betriebe die betreffende Kontrolle zu wiederholen ist, zweifellos in der Richtung der letzten Methode (Feststellmethode gegen Meßmethode). Ein Beweis dafür wird in Abb. 9 gezeigt. Wir

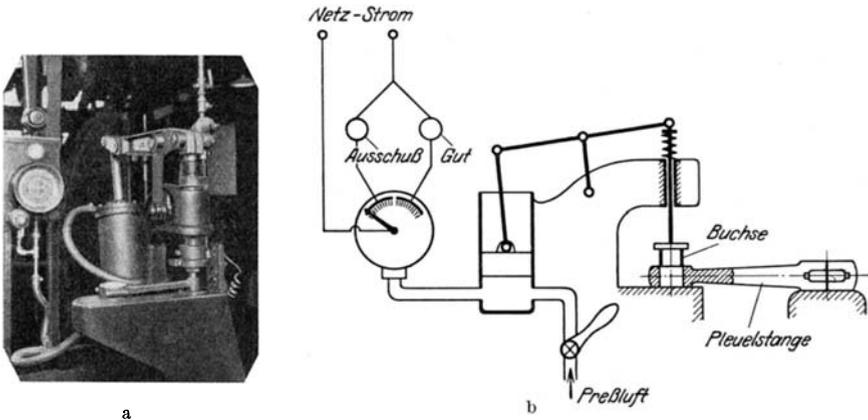


Abb. 9a und 9b. Selbsttätige Feststellung des Übermaßes während des Einpressens.  
(Factory and Industrial Management, Sept. 1929, Fa. Packard Motor Co.)

sehen dort das Einpressen von Buchsen, und es soll kontrolliert werden, ob sie genügend festsitzen. Dies geschieht durch Kontrolle des Preßdruckes. Je nachdem der Preßdruck groß genug oder zu klein ist, wird eine andere farbige Lampe zum Aufleuchten angebracht. Würde man in einem allzu großen Druck eine Gefahr erblicken, so könnte man auch dies kontrollieren, indem man eine dritte Lampe zum Aufleuchten bringt. Wir kommen damit von den handbedienten Kontrollmitteln zu den selbsttätigen. Während man bei den handbedienten Kontrollmitteln jeweils an das zu kontrollierende Objekt herangeht, sind selbsttätige dauernd dort angebracht und somit dauernd und ohne fremdes Zutun in Tätigkeit. Das Ist wird also selbsttätig festgestellt. Doch ist es häufig dann noch nötig, daß ein beobachtender Mensch mit dem Soll vergleicht. Dies ist z. B. bei den anzeigenden Instrumenten aller Art der Fall.

		Längenmaße	Stückzahlen	Druck	Elektr. Spannung	Gewicht	Sonstiges
Messende Kontrollmittel	durch Personen	Schublehre	Zählen von Hand	Handmanometer	Handspannungsmesser	gewöhnliche Waage	Pyrometer
	selbsttätig	Meßuhr an der Schleifmaschine	Zählwerk	eingebautes Manometer	eingebauter Spannungsmesser	Hängebahnwaage	eingebautes Thermoelement
Feststellende Kontrollmittel	durch Personen	Feste Lehre	Zählbehälter	Handmanometer mit Markenstrichen	Spannungsmesser mit Markenstrichen	Plus-Minus-Waage	Segerkegel
	selbsttätig	Stangenvorschub beim Drehautomaten	Auffädeln von Stanzstücken bis zu einer Marke	eingebautes Manometer mit Markenstrichen	Spannungsschreiber mit Toleranzfeld	Gattierungswaage	Taktuhr in der Fließarbeit
	selbsttätig und Überschreitung anzeigend	Kugelsortierapparat	Zählwerk mit Signal	Manometer mit Klingelkontakt oder Pfeifsignal	Kontaktspannungsmesser	Farbstrich auf Gummi bei Mehr- oder Mindergewicht	Schienenschweißprüfer kennzeichnet Fehlstellen
	selbsttätig und auslösend	selbstt. Lehrdorn an Schleifmaschine	Wickelmaschine bei bestimmter Windungszahl ausschaltend	Auslöseventil	Minimal- oder Maximalauslöerspule	selbsttätige Absackwaage	Schmelzsicherungen in Sprinkleranlagen
	selbsttätig und regelnd			Druckregler	Spannungsregler	Waage regelt Gummi-kalander	Temperaturregler an Härteöfen

Abb. 10. Verschiedene Stufen mechanischer Kontrollmittel.

Wir nehmen als Beispiel die Meßuhr an der Schleifmaschine, das Manometer am Dampfkessel, den Tourenzähler an der Dampfmaschine, die Voltmeter in der elektrischen Leitung. An sich ist es denkbar, alle Kontrollmittel dieser selbsttätigen Methode noch auf eine höhere Stufe zu entwickeln, indem man ihnen nämlich auch die Aufgabe überträgt, festzustellen, ob das festgestellte Ist auch dem Soll entspricht. Die bekannte Innenschleifmaschine, die jeweils selbsttätig mit einem Lehrdorn das geschliffene Loch prüft, stellt selbsttätig fest, wenn das Loch groß genug ist. Und sie tut noch ein Drittes, was wir oben gefordert haben, sie legt dieses Kontrollergebnis fest, indem sie die Maschine selbsttätig stillsetzt.

Der Druckmesser findet eine höhere Entwicklung, wenn man ihn mit elektrischen Kontakten versieht, die in Tätigkeit treten, wenn der Druck die untere oder die obere Grenze erreicht bzw. überschreitet. Durch Signale (Leucht- oder Lautsignale) wird ein Beobachter herbeigerufen, der die unerwünschte Abweichung beseitigt und den Druck im Kessel wieder auf die richtige Höhe bringt. Die dritte vollkommenste

Stufe in der Kontrolle des Druckes wird erreicht, wenn auch diese Person nicht mehr nötig ist und an Stelle des Druckmaßes der Druckregler tritt, der sofort nach Feststellung einer zu großen Abweichung den Druck wieder innerhalb der Soll-Grenzen zurückführt. Dem Druckregler entspricht der Drehzahlregler bezüglich der Umdrehungszahl, der Spannungsregler bezüglich elektrischer Spannung. Hierbei entdecken wir noch eine Zwischenstufe. Ein Spannungsmesser kann wie der erwähnte Druckmesser durch ein Signal eine Person herbeirufen, er kann aber, wenn schon nicht die Spannung wieder regeln, so doch die Gefahr, die in einer zu niedrigen oder zu hohen Spannung liegt, durch selbsttätiges Ausschalten beseitigen. Die selbsttätige Ausschaltung einer durch Überschreitung des Soll entstandenen Gefahr ist ja ohnehin eine Aufgabe der Kontrolle, deshalb ist auch diese Funktion möglichst in Richtung der Selbsttätigkeit zu entwickeln. Im allgemeinen handelt es sich dabei um selbsttätige Auslösung. Die Drehbank löst selbsttätig beim Drehen langer Wellen aus, wenn eine bestimmte Länge am Werkstück gedreht ist. Ein besonderes Bohrfutter löst selbsttätig aus, wenn die Bruchgefahr des Bohrers wegen Überlastung nahegekommen ist; Sprinkler-Anlagen lösen Wasserstrahlen aus, wenn durch einen Brandherd die Temperatur gefährlich geworden ist, und so könnten noch zahlreiche Beispiele aus der Betriebstechnik hinzugefügt werden.

Nicht immer ist eine unmittelbare Messung möglich, man muß dann indirekte Kontrollmethoden anwenden. Dies ist natürlich nur möglich, wenn eine bekannte Gesetzmäßigkeit zwischen dem, was unmittelbar kontrolliert werden soll, und dem, was mittelbar kontrolliert wird, besteht. Einige Beispiele sind: Das Übermaß zwischen Welle und Bohrung durch Kontrollieren des Reibungsdruckes festzustellen. Innerhalb bestimmter Stahlsorten kann die Festigkeit mittelbar durch die Härtefeststellung kontrolliert werden. Hierbei muß man sich aber stets der Fehlerquellen bewußt sein, z. B. daß der Reibungsdruck bei eingepreßten Wellen von der Oberfläche, vom Schmiermittel und von der Art des Ansetzens abhängig ist.

Die indirekten Kontrollen bedienen sich außer mechanischen Methoden der nächsten Klasse, der physikalischen Methoden, bei denen man physikalische Gesetze nicht etwa im Meßmittel, sondern im Verfahren selbst anwendet. Beispiele sind: (Abb. 11) Die Ebenheit und die Parallelität der Meßflächen von Rachenlehren werden durch Beobachten des Spiegelbildes einer geraden Linie festgestellt (Abb. 11a); die Ebenheit von Endmaßen durch Beobachten der Interferenzstreifen (Abb. 11b); Schwingungszahlen mittels Resonanz im Frequenzmesser (Abb. 11c). Drehzahlen durch Beleuchten einer mit radialen Strichen versehenen umlaufenden Scheibe (Stroboskopische Scheibe) durch eine Wechselstromlampe (Abb. 11d).

Eine große Rolle spielen ferner die rechnerischen Kontrollmethoden, für die Abb. 12 einige Beispiele gibt. Zu den rechnerischen Methoden zählen auch viele indirekte Kontrollen, welche Umrechnungen erforderlich machen. Z. B. kann die Leistungsabgabe eines

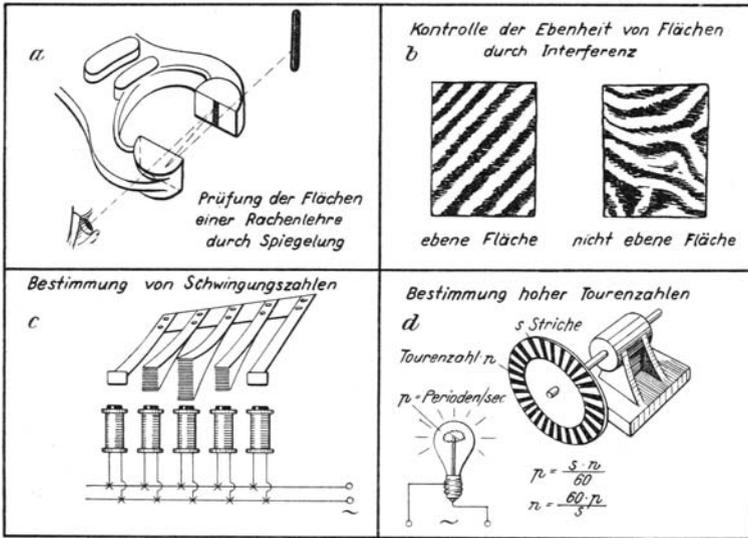


Abb. 11. Physikalische Kontrollmethoden.

Transformators aus der Leistungsaufnahme errechnet werden, wenn das Leistungsdiagramm bekannt ist. Außerdem werden wir auf eine rechnerische Kontrollmethode noch bei Anwendung der Großzahlforschung stoßen.

Schließlich sind die organisatorischen Hilfsmittel zu nennen; diese spielen eine sehr umfangreiche Rolle, doch ist es leider an dieser Stelle nur möglich, einige wenige davon anzudeuten, um wenigstens den Zusammenhang mit den übrigen Kontrollmitteln zu zeigen. Ein wichtiges Kontrollmittel bildet die Quittung oder Empfangsbescheinigung, die entweder durch Namensunterschrift erfolgt oder durch Hingabe eines Zettels (z. B. an der Materialausgabe) oder einer Marke (z. B. Werkzeugmarke). Das wichtigste organisatorische Kontrollmittel ist aber die Aufschreibung. Eine Aufschreibung hat entweder mit einem tatsächlichen Zustand übereinzustimmen, z. B. der Bestand auf der Lagerkarte mit dem wirklichen Bestand, oder es muß eine Aufschreibung mit einer anderen übereinstimmen. Letztere Kontrolle wird dadurch selbsttätig gemacht, daß man Durchschriften benutzt. Ein Gegenbeispiel ist, daß man die gleiche Sache von verschiedenen Personen kontrollieren und aufschreiben läßt, z. B. ankommende Waren werden

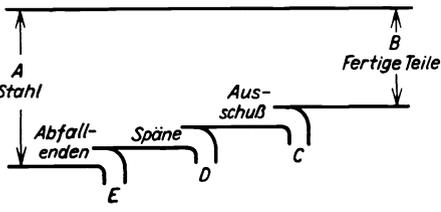
<p>1. <math>\Sigma(a \pm b) = \Sigma a \pm \Sigma b</math></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Lagerkarte</th> </tr> <tr> <th><i>a</i></th> <th><i>b</i></th> <th><i>a</i> <math>\pm</math> <i>b</i></th> </tr> <tr> <th>Eingang</th> <th>Ausgang</th> <th>Bestand</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>17</td> <td></td> <td>17</td> </tr> <tr> <td></td> <td>11</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td></td> <td>24</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>+ 35</td> <td>- 15</td> <td>= 20</td> </tr> </tbody> </table>	Lagerkarte			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> $\pm$ <i>b</i>	Eingang	Ausgang	Bestand	17		17		11	6	18		24		4	20	+ 35	- 15	= 20	<p>2. Eckensummen</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Lohnempfänger</th> <th colspan="4">Lohnarten</th> <th rowspan="2">Gesamt</th> </tr> <tr> <th>Abt. 1</th> <th>Abt. 2</th> <th>Förderw.</th> <th>Werkzeug</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ritter</td> <td>4,20</td> <td>18,60</td> <td>—</td> <td>2,60</td> <td>25,40</td> </tr> <tr> <td>Kauer</td> <td>18,40</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>5,40</td> <td>23,80</td> </tr> <tr> <td>Abel</td> <td>21,10</td> <td>4,20</td> <td>2,30</td> <td>—</td> <td>27,60</td> </tr> <tr> <td>Klein</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>12,40</td> <td>10,20</td> <td>22,60</td> </tr> <tr> <td>Lehmann</td> <td>—</td> <td>18,30</td> <td>—</td> <td>4,50</td> <td>22,80</td> </tr> <tr> <td></td> <td>43,70</td> <td>41,10</td> <td>14,70</td> <td>22,70</td> <td>122,20</td> </tr> </tbody> </table>	Lohnempfänger	Lohnarten				Gesamt	Abt. 1	Abt. 2	Förderw.	Werkzeug	Ritter	4,20	18,60	—	2,60	25,40	Kauer	18,40	—	—	5,40	23,80	Abel	21,10	4,20	2,30	—	27,60	Klein	—	—	12,40	10,20	22,60	Lehmann	—	18,30	—	4,50	22,80		43,70	41,10	14,70	22,70	122,20
Lagerkarte																																																																							
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i> $\pm$ <i>b</i>																																																																					
Eingang	Ausgang	Bestand																																																																					
17		17																																																																					
	11	6																																																																					
18		24																																																																					
	4	20																																																																					
+ 35	- 15	= 20																																																																					
Lohnempfänger	Lohnarten				Gesamt																																																																		
	Abt. 1	Abt. 2	Förderw.	Werkzeug																																																																			
Ritter	4,20	18,60	—	2,60	25,40																																																																		
Kauer	18,40	—	—	5,40	23,80																																																																		
Abel	21,10	4,20	2,30	—	27,60																																																																		
Klein	—	—	12,40	10,20	22,60																																																																		
Lehmann	—	18,30	—	4,50	22,80																																																																		
	43,70	41,10	14,70	22,70	122,20																																																																		
<p>3. <i>Unveränderlichkeit</i> <math>A = B + C + D + E</math></p> 	<p>4. Überschlagsrechnung</p> <p>a) mittels Kennziffern: z. B. Gesamtpreis = Kilo <math>\times</math> Preis/Kilo Selbstkosten = Stunden <math>\times</math> Kosten/Stunde, ohne Mat. Ausbringen = Arb. - Zahl <math>\times</math> Ausbringen/Arb.</p> <p>b) mittels Rückrechnung auf Einheit: z. B. Unkosten je 1.— RM prod. Lohn Akkordverdienst je 1 Stunde Benzinverbrauch je 1 km</p>																																																																						

Abb. 12. Rechnerische Kontrollmethoden.

von der Eingangskontrolle aufgeschrieben und diese Aufschreibung wird mit der Aufschreibung des Lieferers (Lieferschein, Rechnung) verglichen.

Die Verwendung laufend numerierter Vordrucke bildet dann ein Kontrollmittel, wenn die betreffenden Vordrucke an einer Stelle wieder zusammenlaufen und dort der Reihe nach abgelegt werden, so daß das Fehlen einer Nummer sofort auffällt. Farben verschiedener Schriftstücke kennzeichnen deren Lauf, verhindern falsche Ablage.

**Umfang der Kontrolle.** Bei der Bestimmung einer Kontrollmethode ist nicht nur die Art und Weise, sondern auch der Umfang zu entscheiden, in dem sie vorzunehmen ist. Man kann entweder alles oder nur einen Teil kontrollieren. Es ist zunächst festzustellen, wie viele Einzelheiten am einzelnen Objekt und in welcher Vollständigkeit diese zu prüfen sind. Ferner ist festzulegen, ob alle oder nur einzelne Objekte einer Kontrolle zu unterziehen sind.

a) Bezüglich der Arbeitszeit wird in rückständigen Fabriken nur festgestellt, wie lange ein Arbeiter im Betriebe ist, während in der neuzeitlichen Fabrik die Kontrolle die Zeiten der Beschäftigung für die verschiedenen Aufträge überwacht. Ja, es kann sogar interessieren, die für einen einzelnen Auftrag verwendete Zeit noch daraufhin zu kontrollieren, ob die Teilzeiten den in der Vorkalkulation vorgesehenen entsprechen. Man findet dann häufig trotz Übereinstimmung der Ge-

samtzeit Über- und Unterschreitungen von Teilzeiten, die wichtige Fingerzeige für Abänderungen geben.

Bei der Kontrolle eines Werkstückes ist festzulegen, welche Maße zu messen sind. Dabei spielt es bisweilen sogar eine Rolle, vorzuschreiben, in welcher Vollständigkeit ein solches Maß zu prüfen ist. Bei einer langen Welle ist es unter Umständen nötig, den Durchmesser in mehreren Quer- und Längsschnitten zu prüfen, um eine etwaige Kegeligkeit, Welligkeit oder Unrundheit festzustellen. Bei einer Lochprüfung ist es ein Unterschied, ob man mit einem Stichmaß nur einen Einzeldurchmesser prüft oder mit einem kurzen Lehdorn die runde Form oder mit einem langen Lehdorn die runde und zylindrische Form. Ähnliche Gesichtspunkte dürfen auch bei anderen Kontrollen nicht außer Betracht bleiben. Wie aus einem Bankeinbruch bekannt ist, genügt es bei einem Tresor nicht, nur die Tür und Seitenwände zu kontrollieren, es muß auch die Rückwand kontrolliert werden. Oder bei der Kontrolle der Temperatur in Räumen mit endzündlichen Stoffen genügt es nicht, die Temperatur nur an einem Platz, und vielleicht sogar an einem ungünstigen Platz zu messen, sondern es ist sorgfältig zu überlegen, an welchen und wie vielen Plätzen eine solche Kontrolle einzusetzen ist.

Was den Umfang der Kontrolle in bezug auf die Summe der Objekte anbelangt, so sprechen wir von Stichproben, wenn nur einzelne aus der Gesamtzahl der zu prüfenden Objekte herausgegriffen werden und von Vollproben, wenn alle geprüft werden. Die Vollprobe wird man immer dann vornehmen, wenn jedes einzelne Objekt zu einem Schaden führen kann, daher vor allem bei Fertigerzeugnissen und bei all den Teilen, die für die Funktion oder für den Zusammenbau wesentlich sind. Mit Stichproben muß man sich begnügen, wenn eine Kontrolle nur durch Zerstörung des betreffenden Stückes möglich ist, z. B. bei physikalischen und chemischen Untersuchungen von Werkstoffen, oder wenn eine Vollprobe übermäßige Kosten verursachen würde.

Bei der Stichprobe muß man nun von dem Kontrollergebnis an dem herausgegriffenen Stück auf die Beschaffenheit der anderen schließen. Man muß daher sehr sorgfältige Überlegungen hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen beiden anstellen. Eine Stichprobe an Schrauben läßt z. B. einen sehr viel sicherern Schluß zu, wenn bekannt ist, daß das betreffende Los insgesamt von einer einzigen Maschine stammt; noch sicherer, wenn man weiß, daß es mit dem gleichen Werkzeug bearbeitet ist und am sichersten, wenn man bei den Stichproben weiß, in welcher Reihenfolge die herausgegriffenen Stücke innerhalb der Gesamtfertigung liegen, z. B. Anfangsstücke, je einige Stücke nach einigen Hundert und Endstücke. Dieselben Verknüpfungen liegen vor, wenn man Werkstoffproben nur aus einer bestimmten Charge entnimmt. Wie viele Stich-

proben man macht, hängt von der Fehlergefahr ab. Diese zu beurteilen, erfordert eine sehr große Erfahrung. Sicher ist, daß bei neuen Fertigungsmethoden oder neuen Maschinen oder bei neu eingestellten Arbeitern mehr Stichproben erforderlich sind als sonst. Unter Umständen können solche Zustände sogar für eine Zeitlang Vollproben erfordern, die später im geeigneten Zeitpunkt durch Stichproben abgelöst werden. Wesentlich ist, festzulegen, welche Abweichungen innerhalb der Stichprobe zulässig sind, um die entsprechende Totalmenge als brauchbar zu kennzeichnen. Hierbei spielen die Methoden der Großzahlforschung bzw. der Wahrscheinlichkeitsrechnung eine große Rolle. Bezüglich der Einzelheiten muß auf die einschlägige Literatur verwiesen werden.

In dritter Linie ist festzulegen, was getan werden soll, wenn innerhalb der Stichprobe zu wenig Stücke das Soll erreicht haben. Es gibt dann verschiedene Methoden. Man kann bei nicht zufriedenstellender Stichprobe eine Vollprobe verlangen oder eine einfache Wiederholung oder eine Wiederholung mit größerer Stückzahl oder eine Wiederholung mit hohem Prozentsatz der Gutstücke, oder man kann auch die betreffende Lieferung schon nach der ersten Stichprobe verwerfen. In der Praxis gibt es zwischen diesen Stufen eine sehr große Anzahl verschiedenster Abwandlungen. Unbedingt festzulegen ist die Art und Weise der Entnahme der Stichproben, wie wir schon an einem früheren Beispiel gesehen haben. Deshalb wird keine Stichprobenprüfmethode von Werkstoffen für brauchbar gehalten, die nicht gleichzeitig die Art der Probeentnahme, und zwar in bezug auf die Zeit wie in bezug auf das räumliche Verhältnis zum genannten Objekt angibt. Solche Proben spielen auch bei der Probeentnahme von Schüttgütern eine sehr große Rolle. Ein System für sich bildet z. B. die Vorschrift für die Probeentnahme von hochwertigen Erzen.

Diese Gesamtbetrachtung über Kontrollmethoden zeigt, daß es unbedingt notwendig ist, für jede Kontrolle in schriftlicher Form Methode und Mittel festzuhalten.

Aus einer Statistik über die entstandenen Fehler (Abb. 13) kann man Schlüsse auf die weitere Entwicklung der Kontrollmethoden ziehen, indem man bei der Kontrolle an manchen Punkten eine Vollprobe durch eine Stichprobe ersetzt oder, soweit die Kontrolle eine genügende Sicherung nachgewiesen hat, eine Teilkontrolle auch ganz wegfällen läßt (Beispiel, Verwendung eines Drehornes als Lochlehre).

**Festlegung des Kontrollergebnisses.** Eine Kontrolle bleibt so lange wertlos, wie ihr Ergebnis nicht festgelegt wird. Auch hierfür gibt es die verschiedensten Methoden. Kontrollierte Stücke kann man in besondere Kästen legen oder man kann sie stempeln oder durch Anstrich kennzeichnen, noch wichtiger ist aber die Kennzeichnung der als nicht

Fehlerübersicht für Pleuelstangen							
Los Nr	Ausschuß-Ziffern						
	335	336	337	338	339	340	
Losgröße	1200	1000	500	1000	1500	800	
Bohrung 18 $\varnothing$	zu groß	4	4	—	—	3	—
	zu klein	6	—	—	—	—	2
	zu viel kegelig	5	3	1	—	4	—
	zu viel unrund	—	2	1	3	—	—
Bohrung 35 $\varnothing$	zu groß	3	—	1	2	2	1
	zu klein	2	2	—	2	3	2
	zu viel kegelig	4	2	1	—	—	—
	zu viel unrund	—	1	—	—	2	4
Bohrungsachsen zu wenig parallel	in senkrecht. Ebene	7	5	—	1	1	2
	in wagerecht. Ebene	4	3	2	2	2	—
Gewicht	zu groß	—	2	2	—	—	—
	zu klein	3	1	—	4	6	2
Schwerpunktlage falsch	1	2	—	3	10	4	
schwarze Flecke	—	4	—	3	5	—	
Risse	3	—	2	2	4	—	

Abb. 13. Kontrolle der Ausschußziffern bei Pleuelstangen.

brauchbar befundenen Stücke. Bei ihnen besteht die Kennzeichnung häufig in einer Unbrauchbarmachung (Zerstörung).

In allen Fällen kann das Prüfergebnis, wie wir es in Abb. 13 gesehen haben, verzeichnet werden, je nachdem man darauf zurückkommen will oder nicht. Aber auch nur dann darf es verzeichnet werden, denn unnütze Aufschreibungen sind mehr als schädlich. Die Festlegung kann manchmal überhaupt nur schriftlich erfolgen, z. B. bei der Freigabe von Chargen im Stahlwerk. Die Festlegung sollte sich nicht darauf beschränken, nur brauchbare und unbrauchbare Objekte zu unterscheiden, sondern die unbrauchbaren Objekte wieder in solche einzuteilen, die wieder gut zu machen sind und solche, die nicht mehr zu retten sind. Bei diesem eigentlichen Ausschuß ist wiederum zu überlegen, ob nicht eine Anzahl gleichartiger Ausschußstücke wiederum Verwendung finden kann, z. B. indem man sie als zweite Güte verkauft oder indem man neue Verwendungsmöglichkeiten schafft. Nach alledem erst bleibt derjenige Ausschuß übrig, der nicht mehr zu retten ist, jedoch ist auch bei diesem zu überlegen, wie er noch wirtschaftlich verwendet werden kann. Je höher diese wirtschaftliche Verwendungsfähigkeit ist, desto weniger genau braucht die Grenze zwischen brauchbar und unbrauchbar gezogen zu werden. Ein Messinggußstück, das sofort nach dem Guß

geprüft wird und Ausschuß ist, kann ohne großen wirtschaftlichen Schaden wieder eingeschmolzen werden. Anders ist es, wenn dasselbe Stück erst als Ausschuß befunden wird, nachdem es eine große Anzahl von Arbeitsgängen durchgemacht hat; dann ist viel sorgfältiger zu überlegen, was damit geschieht.

Schließlich handelt es sich bei der Kontrolle darum, die Abweichungen einzudämmen, indem man den Einfluß der Gefahren oder Fehlerquellen verringert oder beseitigt. Man kann eine Gefahr

- a) vernichten,      b) verringern,      c) abwehren.

Ein Vernichten der Gefahr eines Fehlers erfolgt z. B., wenn man selbsttätig rechnende Kontrollmittel benutzt.

Für die Verringerung von Gefahrquellen nennen wir folgende Beispiele: Prüfung der Reibahle, bevor sie benutzt wird; Arbeitsteilung zwischen Kassenschalter und Kassenerheber erschwert einen Kassentrag; eine gute Bezahlung eines Einkäufers verringert die Gefahr der Bestechung.

Für das Absperrn von Gefahren gibt es ebenso zahlreiche Beispiele im Betriebe, und es ist bekanntlich Aufgabe jeder Organisation, zu überlegen, wie eine Gefahr nicht nur vernichtet oder verringert, sondern, wenn sie schon fortbesteht, wenigstens abgesperrt werden kann. Das Absperrn findet im wörtlichen Sinne statt, um Güter gegen Diebstahl zu schützen. Eine unerlaubte Ersatzfertigung für Ausschußstücke wird verhindert (abgesperrt), wenn Materialentnahme dafür nur mit Unterschrift der Direktion möglich ist; die Verwechslungsgefahr von Gewindefertigungswerkzeugen wird durch gute Bezeichnung verringert, dadurch, daß man auch nur eine Gewindeart im Betriebe führt, vernichtet.

Daneben laufen die Gefahren, die negativer Natur sind; an Stelle dieser müssen Maßnahmen positiver Natur treten, die wir als Sicherungsmaßnahmen bezeichnen. Hierbei spielt in erster Linie die Sicherung der Kontrolle selbst eine Rolle. Sie muß gegen egoistische Einflüsse (Entwendung, Bestechung), gegen Irrtümer beim Messen, gegen Fehler und Abnutzung der Meßmittel sichern.

Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß gegen Fälschungen jeder Art, wie sie an Meßmitteln oder an Meßergebnissen vorkommen können, Vorbeugungsmaßnahmen zu treffen sind.

## 6. Die Personen in der Kontrolle.

Eine wirksame Kontrolle kann man dann nachhaltig durchführen, wenn alle Beteiligten mitmachen und genau das tun, was im Sinne der Kontrolle notwendig ist. Dies gilt nicht nur für die die Kontrolle ausübenden Personen, sondern auch für alle anderen, die in der Fertigung und in der Organisation beschäftigt sind und deren Tätigkeit und Arbeitsergebnisse kontrolliert werden. Sie alle muß man davon über-

zeugen, daß die Kontrolle nicht etwas Feindliches ist, sondern daß sie im Betriebsgeschehen ebenso notwendig ist wie jede andere produktive Arbeit, denn so wenig wie die Arbeit von selbst geschieht, ebensowenig wird das Arbeitsergebnis von selbst und ohne Kontrolle richtig. Man muß die Leute davon überzeugen, daß der Erfolg ihrer eigenen Arbeit in weit höherem Maße gesichert ist, wenn durch Kontrolle dafür gesorgt wird, daß ein möglichst hoher Vomhundertsatz gut und brauchbar wird. Man muß ihnen zeigen, daß das Wohl des Unternehmens und damit die Sicherheit ihrer eigenen Beschäftigung davon abhängt, daß die Kontrolle die dauernde Güte des Erzeugnisses gewährleistet, und außerdem muß man die Leute beim Ehrgeiz packen, der darauf abzielt, sowohl die eigene Arbeit wie auch die Enderzeugnisse seiner Firma gut, ja mustergültig ausgeführt zu sehen.

Abb. 14 und 15 zeigen, wie man die Leute in einem amerikanischen Betrieb dafür interessiert. An einer Stelle, an der sie häufig vorbeigehen müssen, führt man eine Menge Ausschuß vor, die sie erzeugt haben (Abb. 14). An der

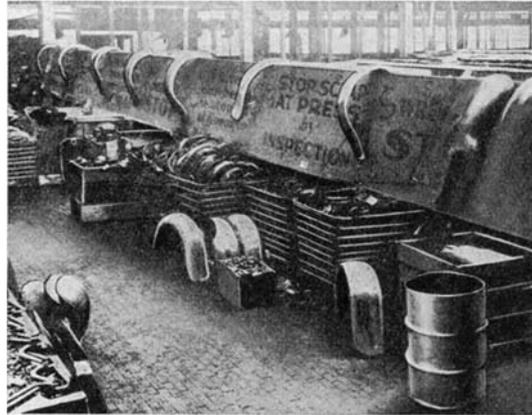


Abb. 14. „Waste“ (Friedhof). (Aus Am. Machinist.)

anderen Stelle zeigt man ihnen an einer Wandtafel (Abb. 15), nachdem durch die erste Abbildung schon ein gewisses Schamgefühl wachgerufen worden ist, worin im einzelnen der Ausschuß besteht. Solche Beispiele wirken unbedingt darauf hin, daß jeder bei seiner Arbeit sich hütet, den Fehler, der an der Wand dargestellt wird, selbst zu



Abb. 15. „Waste“ (Ausschußtafel). (Aus Am. Machinist.)

Abb. 14 und 15 zeigen, wie man die Leute in einem amerikanischen Betrieb dafür interessiert. An einer Stelle, an der sie häufig vorbeigehen müssen, führt man eine Menge Ausschuß vor, die sie erzeugt haben (Abb. 14). An der anderen Stelle zeigt man ihnen an einer Wandtafel (Abb. 15), nachdem durch die erste Abbildung schon ein gewisses Schamgefühl wachgerufen worden ist, worin im einzelnen der Ausschuß besteht. Solche Beispiele wirken unbedingt darauf hin, daß jeder bei seiner Arbeit sich hütet, den Fehler, der an der Wand dargestellt wird, selbst zu

machen. Wie die Kontrolle ja immer darauf hinzielen soll, schon die Ursache des Ausschusses zu verhindern, so kann auch diese „Innenwerbung“ in einer weiteren Stufe unmittelbar auf dieses Ziel lossteuern. Ein Beispiel zeigt Abb. 16 aus einer deutschen Spinnerei<sup>1</sup>.

Die innere Anteilnahme der Arbeiter an der Ausschußvermeidung kann auch dadurch gesteigert werden, daß man sie am Erfolg beteiligt. Dies geschieht schon beim Akkord; mehr aber noch, wenn man dafür, daß eine bestimmte Arbeitsmenge in der erwarteten Güte abgeliefert



Abb. 16. Innenwerbung zwecks Ausschußverhütung.

wird, eine Prämie aussetzt. Es gibt Betriebe, in denen Qualitätsprämien mit Erfolg eingeführt worden sind.

Hat man die Leute innerlich für die Kontrolle gefaßt, so wird man sie immer mehr dazu erziehen können, daß sie bei ihrer Arbeit selbst wichtige Kontrollfunktionen übernehmen. Bei einem Schleifer, der nicht nur durch den Akkord, sondern auch durch sein Verständnis es für seine wichtigste Aufgabe hält, nur gute Wellen abzuliefern, wird man sich eher auf Stichproben beschränken können als bei einem nachlässigen Menschen. Dadurch werden aus vielen Personen, die sich bisher nur als kontrolliert betrachtet haben, Leute, die nun selbst Kontrolle ausüben.

Damit kommen wir zu den ausübenden Personen. Diese können entweder von außen kommen oder zu den eigenen Angestellten zählen. Kontrolleure von außerhalb kommen teils infolge gesetzlicher Bestimmung; das sind die Dampfkesselrevisoren und die Gewerbeaufsichts-

<sup>1</sup> Sachsenberg, E., u. Schubert, E.: Betriebsreklame. Werksleiter 8 (1928), S. 231 (Abb. 18).

beamten, welche die Betriebe auf Unfallgefahren prüfen. Vielfach zieht man auch freiwillig außenstehende Kontrollpersonen heran. Buchprüfer kontrollieren die Buchhaltung oder man übersendet zu kontrollierende Dinge fremden Personen, z. B. einer Materialprüfungsanstalt, einem Nahrungsmittelchemiker, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und dergleichen mehr. Solche Kontrollen durch fremde Personen werden als außerordentlich wirksam betrachtet. Und warum? Weil man diesen Leuten große Erfahrungen und Zuverlässigkeit zutraut, weil man ihre Autorität anerkennt und weil man weiß, daß sie über einwandfreie Kontrollmittel und Kontrollmethoden verfügen.

Genau die gleichen Gesichtspunkte kommen für die Kontrollpersonen des eigenen Betriebes in Betracht. Obenan steht Zuverlässigkeit, sowohl in bezug auf den Charakter wie in bezug auf das Können. Je nach dem Können werden die Kontrollpersonen den verschiedenen Kontrollarbeiten zugeteilt. Es gibt ganz schwierige Kontrollarbeiten, zu deren Ausführung eine langjährige Schulung, Ausübung und Erfahrung nötig ist. Es gibt andere, in denen die Betriebserfahrung eine Rolle spielt, wieder andere, bei denen der Kontrolleur über eine besondere Geschicklichkeit verfügen muß, und es gibt auch wieder ganz einfache Kontrollarbeiten, bei denen lediglich eine einfache Lehre zu handhaben ist. Kann man für letztere leicht ungelernte Personen, in vielen Fällen weibliche, annehmen, so entnimmt man die höheren Kontrolleure gern Betrieben, die ähnliches erzeugt haben wie das zu kontrollierende Gut. Dies hat den Vorteil, daß diese Leute nicht nur die Fehler feststellen, sondern auch Rückschlüsse auf die Fehlerquellen ziehen können. Hierzu gehört natürlich auch ein gesundes Urteil und die Fähigkeit, logisch zu denken.

Neben den Kenntnissen spielen die persönlichen Eigenschaften eine ausschlaggebende Rolle. Der Kontrolleur muß ein ruhiger, verträglicher Mensch sein. Er muß frei von Haß, Mißgunst oder Parteilichkeit sein. Unbedingt muß er unbeeinflußbar und unbestechlich sein. Um diese Eigenschaften in ihm hochzuhalten, wird man die Gefahren, durch die sie beeinträchtigt werden könnten, insbesondere die Beeinflussung und Bestechung, abzuwehren trachten. Daher wird man den Kontrolleuren eine gehobene Stellung einräumen. Man wird sie häufig aus einer Bildungsschicht entnehmen, die höher ist als die der Kontrollierten. Man wird ihre soziale Stellung durch eine angemessene Bezahlung heben und sie möglichst in das Angestellten- oder Beamtenverhältnis übernehmen. Dadurch steigt die Achtung, die die Leute bei den Kontrollierten genießen, und sie wird noch unterstützt, wenn man auch das Alter in Betracht zieht. Es wäre falsch, wenn man ältere erfahrene Facharbeiter durch einen ganz jungen Menschen kontrollieren lassen würde, auch wenn dessen Kenntnisse an sich ausreichen würden. Es

ist sicher besser, für die Kontrolleure ältere Leute zu nehmen, zumal diese auch in ihrem Charakter gefestigter zu sein pflegen. Überdies finden wir darin eine höchst willkommene Gelegenheit, ältere Arbeiter und Angestellte im Betriebe zu halten, die sonst in der Industrie sehr schwer Stellung finden. Davon unberührt bleibt die Erfahrung, daß gemäß physiologischen Feststellungen bestimmte Kontrolltätigkeiten, die gewisse Festigkeiten erfordern, nicht mehr in jedem Lebensalter vollwertig ausgeführt zu werden pflegen; deswegen muß eben die Verteilung der Kontrollarbeit sehr wohl überlegt sein.

Tatsächlich ist die Kontrolltätigkeit in einem Unternehmen so weitgehend abgestuft, daß darin die allerbesten Möglichkeiten zum Vorwärtstkommen bestehen. Auf der Stufenleiter der Kontrolleure kann einer von der bescheidensten Tätigkeit zu einer angesehenen und wichtigen Betriebsstellung gelangen, wie wir nachher bei der Organisation der Kontrolle noch sehen werden. Ein bewährter Facharbeiter wird zunächst in eine Zentralkontrolle kommen können. Hat er sich dort bewährt, so wird man ihn aus dieser Aufsicht entlassen und ihm die Kontrolle an den Maschinen, wo er für sich selbst steht, überlassen können. Späterhin wird er selbst aufsichtsführender Kontrolleur über eine ganze Zentralkontrolle einer Werkstatt oder über eine Gruppe fliegender Werkstattkontrolleure werden, und so können ihm immer größere Verantwortungsbereiche zugewiesen werden. Denkt man einen Augenblick daran, welche Summe von Erfahrungen in bezug auf die dauernd drohenden Gefahrquellen ein solcher Mann in sich aufnimmt, so erkennt man, wie wichtig solche Leute für den Betrieb sind, und man wird die besten von ihnen zur Beratung bei der Aufnahme neuer Erzeugnisse oder neuer Arbeitsmethoden heranziehen.

## 7. Die Organisation der Kontrolle.

Die Aufgaben der Kontrollorganisation sind:

- a) Planmäßiges Einsetzen der Kontrollen entsprechend den Gefahren.
- b) Aufstellung der Anweisungen für die Durchführung.
- c) Arbeitsverteilung und Regelung der Zusammenarbeit.
- d) Überwachung und Sicherung der Kontrolle.
- e) Auswertung der Kontrollergebnisse.

Zu a. Die Kontrollen sind so einzusetzen, wie es den Gefahren entspricht. Dabei kommt zunächst der Umfang in Betracht, den ein Schaden im einzelnen Fall annehmen kann und in zweiter Linie die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Schaden eintreten kann. Es wäre falsch, eine Kontrolle in einer Beziehung bis ins Feinste auszubauen, sagen wir z. B. jede gekaufte Schraube nachzuprüfen und auf einem Nachbargbiet die größten Abweichungen unkontrolliert geschehen zu

lassen, indem man z. B. in der Wareneingangskontrolle die Mengen nicht oder unordentlich kontrolliert. Leider sind solche Fehler noch häufig aufzufinden und gewöhnlich darauf zurückzuführen, daß verschiedenen Kontrollfeldern verschiedene Personen unterstellt sind, die ein ganz verschiedenes Interesse an der Durchführung der Kontrolle haben. Wir fordern also, daß die Kontrolle in ein Gleichgewicht zu den Schadensmöglichkeiten gesetzt wird, ganz gleichgültig, in welchem Kontrollfeld dies der Fall ist.

Was die Wahrscheinlichkeit eines Schadens anbelangt, so ist hier lediglich auf einen Punkt aufmerksam gemacht, nämlich darauf, daß die Wahrscheinlichkeit durchaus kein fester Begriff ist, daß sie vielmehr innerhalb desselben Unternehmens stark wechseln kann. Wir haben schon gehört, daß neue Leute, neue Maschinen, neue Arbeitsmethoden, neue Werkstoffe in der ersten Zeit erhöhte Gefahren in sich bergen und daß da die Kontrolle verstärkt werden muß. Das zeigt sich z. B. auch bei der Verzögerung einer Fertigung bei Hochkonjunktur. Dann werden neue Leute eingestellt, bisher stillstehende Maschinen wieder in Gang gesetzt (vielleicht ohne sie in diesem Augenblick auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen), alles eilig, selbst die Sorgfalt der alten Leute geht wegen der Eiligkeit zurück. Dies alles bedingt eine Verstärkung der Kontrolle über das Maß der Fabrikationsvergrößerung hinaus, und diese Verstärkung kann erst dann wieder zurückgehen, wenn sich der ganze Betrieb wieder auf die allgemeine Qualität eingelaufen hat.

Haben wir bei der Kontrolle zwischen Vollprobe und Stichprobe unterschieden, so haben wir bei der Kontrollorganisation zwischen regelmäßigen und außerordentlichen Kontrollen zu unterscheiden. Bestimmte Sachen können entweder in bestimmten oder in unregelmäßigen Zeitabständen kontrolliert werden oder man setzt eine außerordentliche Kontrolle als Gegenkontrolle von Zeit zu Zeit neben der regelmäßigen Kontrolle ein. Die außerordentliche Kontrolle begegnet der Gefahr, die in der Gewöhnung liegt und in der Möglichkeit, vor der regelmäßigen Kontrolle einen Scheinzustand herzustellen, der der Kontrolle eine wirksame Abweichung vom Soll verdeckt.

Beim richtigen Einsetzen einer Kontrolle muß man auch überlegen, ob man sie dahin nimmt, wo das Arbeitsergebnis entsteht, d. h. ob man die Buchführung in der Buchhaltungsabteilung oder außerhalb kontrolliert, ob man Werkstücke an der Maschine oder in einer zentralen Kontrolle prüft. Eine Prüfung an Ort und Stelle hat zwei Vorteile: 1. Erspart sie den Transport und 2. kann man Fehlerursachen leichter aufdecken. Sie hat aber auch einen sehr großen Nachteil. Es kommt nämlich der Kontrolleur mit dem Kontrollierten in Berührung und ist damit dann der Beeinflussung ausgesetzt.

Was die Weitergabe des Materials in der Werkstatt anbelangt, so

kann sie bei einer Zentralkontrolle ebenso rasch gehen wie bei der Platzkontrolle. In beiden Fällen kommt es auf die Regelung der Sache an. Es gibt natürlich viele Fälle, wo die eine der beiden Methoden unbedingt den Vorzug verdient. Die Platzkontrolle verdient den Vorzug, wenn es sich darum handelt, festzustellen, ob die ersten Stücke, die von einem Automaten oder von einer Vorrichtung kommen, richtig sind. Ebenso ist die Zentralkontrolle unbedingt notwendig, wenn die Kontrollmittel so feinfühlig sind, daß sie nur an dem eingerichteten Kontrollplatz vorgenommen werden kann. Eine Kontrolle kann auch derart eingesetzt werden, daß ein Arbeitsgang zwangsläufig den vorhergehenden kontrolliert. Bei der Aufnahme in Vorrichtungen, z. B. mittels

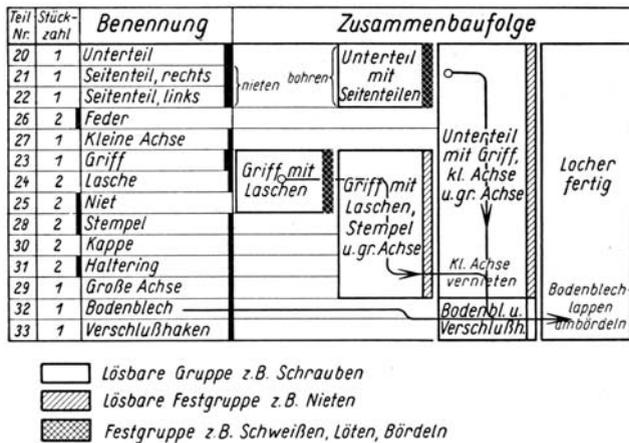


Abb. 17. Zusammenbauplan für Locher.

eines Dornes wird nur das eine Grenzmaß einer Bohrung geprüft, deshalb muß man vorsichtig sein, wenn man eine Kontrolle durch den nächsten Arbeitsgang ersetzen will.

Für die Planmäßigkeit des richtigen Einsetzens der verschiedenen Kontrollen sorgt man durch Aufstellen von Kontrollplänen. Handelt es sich um eine Kontrolle in der Organisation, so können die betreffenden Kontrollstellen im Organisationsplan kenntlich gemacht werden. Handelt es sich z. B. um Gütekontrolle in der Fertigung, so kann man als Kontrollplan den Bauplan benutzen, wie es in Abb. 17 geschehen ist. Hier bedeutet ein dünner Strich eine Kontrolle mit Stichproben, ein dicker eine solche mit Vollproben. Mit solchen Kontrollplänen finden wir häufig ganze Kontrollketten. Darunter verstehen wir die Folgen von Kontrollvorgängen, die sich auf eine Sache beziehen. Die Betrachtung von Kontrollketten deckt häufig Fehler auf, die bei der Aufstellung der Arbeitsgänge oder der Kontrollmittel (der Lehren) gemacht worden

sind. Teils fehlen Kontrollen, teils sind Überkontrollen eingestellt, die sich zum Teil widersprechen; z. B. darf das Aufnahmemaß in einer Vorrichtung nicht von einem anderen Punkt aus kontrolliert werden, als das Toleranzmaß im Werkstück. Kontrollketten in bezug auf Energieverbrauch zeigen Abb. 18a und 18b, in denen die Kontrollstellen

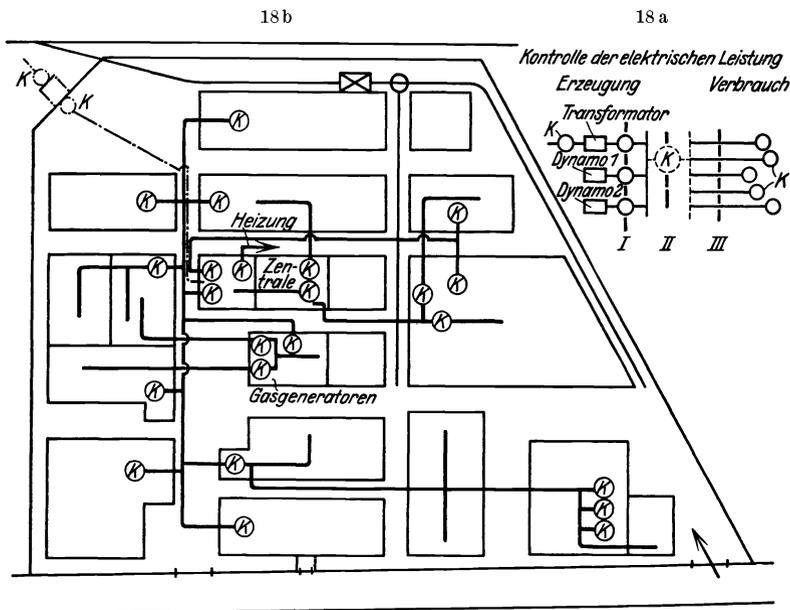


Abb. 18 a u. b. Plan einer Energiekontrolle.

durch Kreise mit eingeschriebenem K gekennzeichnet sind. In Abb. 18a sehen wir Kontrollgeräte auf der Erzeuger- wie auf der Verbraucherseite einer Elektrizitätsverteilung; die Summen müssen auf beiden Seiten bis auf den Energieverlust die gleichen sein; die Kette ist vollständig, wenn noch das gestrichelte Kontrollgerät im „Querschnitt“ II als Summengerät eingesetzt wird; bei Fehlanzeigen eines Gerätes in Querschnitt I oder III entscheidet es. Abb. 18b gibt einen Fabrikplan wieder, in dem einige Leitungen eingezeichnet sind. Derartige Leitungspläne werden zwar bereits jetzt durchweg aufgestellt, jedoch wird dabei häufig übersehen, die Kontrollstellen besonders anzugeben. Als Beispiel sind in vorliegender Abbildung herausgegriffen die Leitungen für elektrischen Strom, selbst erzeugtes Gas und Dampf. Die wichtigsten Verbrauchsstellen haben eigene Kontrollgeräte. Der Verbrauch der übrigen Stellen ergibt sich aus dem Unterschied zwischen Erzeugungsmenge und den einzeln erfaßten Verbrauchswerten. Von der Richtigkeit und den Anteilen jeder einzelnen Stelle überzeugt man sich durch Versuche, die man nach einem festen Plan vornimmt.

Wir kommen dann zu b, den richtigen Anweisungen, die ein wichtiges Gebiet der Organisation bilden. Näheres hierüber zu sagen, ist hier nicht mehr notwendig, da die Einzelheiten bereits im Abschnitt 5 aufgeführt sind. Es sei hier nur darauf hingewiesen, daß eine Kontrollorganisation nicht als wohl ausgebaut gelten kann, wenn nicht für die einzelnen Kontrollmaßnahmen genaue Vorschriften und für die Kontrollpersonen genaue Dienstanweisungen bestehen.

Zu c. Die Arbeitsverteilung spielt eine wichtige Rolle, und zwar sowohl in bezug auf die Zuordnung der richtigen Leute zu den verschiedenen Arbeiten, wie auch in bezug auf die mengenmäßige Verteilung der Arbeit selbst. Bei der Arbeitsverteilung sind wieder eine ganze Reihe von Gesichtspunkten zu beachten. Man kann die Arbeit so verteilen, daß mehrere Personen die gleiche Art von Kontrollarbeit ausführen, oder so, daß jede Person eine andere Art von Kontrolle am gleichen Objekt vornimmt. Dabei wird man danach trachten, mit der Arbeitsverteilung auch eine gewisse Gegenkontrolle zu verbinden. Weiterhin hat man dafür zu sorgen, daß die verschiedenen Kontrolleure in richtiger Weise zusammenarbeiten, und zwar sowohl zeitlich wie sachlich. Werkzeug- und Arbeitslehren sind zu kontrollieren, bevor sie benutzt werden, damit kein unnötiger Aufenthalt entsteht.

Wo es sich nicht um Dauerkontrolle handelt, ist durch eine Terminkartei die Vornahme der Kontrolle in größeren Zeitabständen vorzunehmen, z. B. die Kontrolle von Feuerschutzvorrichtungen, von Aufzügen, Zustand von Maschinen, Unfallschutz und dergleichen. Diese Kontrollterminkartei muß in ganz bestimmten Zeitabständen veranlassen, daß die betreffenden Kontrollen vorgenommen werden. Zweckmäßigerweise verbindet man damit eine Aufschreibung der bei der vorausgehenden Kontrolle aufgedeckten Fehler oder solcher Fehler, auf die man in anderer Weise, z. B. durch Hinweise in Zeitschriften, aufmerksam geworden ist. Damit wird der Kontrolleur sofort auf bestimmte Punkte hingewiesen, denen er ein besonderes Augenmerk zu schenken hat.

Zu d. Auch die Kontrolle ist eine Betriebstätigkeit, die den verschiedensten Gefahren ausgesetzt ist. Gegen diese muß sie gesichert werden, und von Zeit zu Zeit muß ihr richtiges Arbeiten selbst kontrolliert werden. Zunächst handelt es sich darum, die Kontrollmittel innerhalb eines möglichst eng begrenzten Fehlerfeldes zu halten und durch regelmäßige Proben festzustellen, ob sie noch in Ordnung sind. Ferner muß überwacht werden, ob die Entscheidung betreffend „gut“ oder „Ausschuß“ dauernd in richtiger Weise gefällt wird. Hierfür gibt es verschiedene Methoden. Man kann z. B. täglich ein als gut befundenes Stück einer höheren Kontrollstelle zur Gegenprüfung zustellen, oder man kann die Ausschußstücke nochmals durch eine Gegenkontrolle

prüfen lassen. In ganz wichtigen Fällen wird man eine Kontrolle durch eine Stichprobe oder gar eine Vollprobe wiederholen. Sehr zweckmäßig ist es auf alle Fälle, solche Stücke, die hart an der Grenze liegen, von einer höheren Stelle gegenprüfen zu lassen. Man entdeckt hierdurch Fehler der Meßmittel, sei es derer, die in der Hand des Arbeiters oder derer, die in der Hand des Kontrolleurs sind. Oder man entdeckt die Möglichkeit, das Toleranz-

feld nach der einen oder der anderen Richtung zu ver-

legen oder zu vergrößern. Schließlich muß eine Überwachung aber auch in persönlicher Hinsicht erfolgen, damit nicht infolge von Gewöhnung Nachlässigkeiten eintreten oder gar Parteilichkeit oder Bestechung das Kontrollergebnis fälschen kann.

Zu e. Auf die Bedeutung der Auswertung der Kontrolle ist bereits wiederholt hingewiesen worden (siehe auch Abb. 14). Es mag auch hier nochmals betont werden, daß alle Kontrollen, ohne daß man die nötigen Folgerungen aus den aufgefundenen Fehlern zieht,

mehr oder weniger nutzlos sind. Findet ein Kontrolleur, daß an einer Maschine die Arbeitsstücke nicht maßgerecht ausfallen, so soll er das Recht haben, die Maschine abzustoppen. Die Sache des Meisters ist es, die Maschine wieder in brauchbaren Zustand zu bringen. Vielfach dient die Fehlerstatistik dazu, den Ursachen tiefer auf den Grund zu gehen. Es werden die Werkstattkontrollen mit den Meistern, es wird der Kontrollechef mit den Betriebsleitern zu beraten haben, wie die Fehler ihrer Wichtigkeit nach nacheinander abgedeckt werden können. Abb. 19 zeigt ein Beispiel, wie es durch Fehlerauswertung allmählich gelungen ist, den Ausschuß ganz planmäßig herabzusetzen. Nicht unwichtig ist auch die wertmäßige Auswirkung in der Form, daß man innerhalb der Unkostenstatistik den Ausschuß besonders erfaßt und möglichst auch nach verschiedenen Ursachen unterteilt.

So kommen wir zu der Gesamtorganisation der Kontrolle in einem

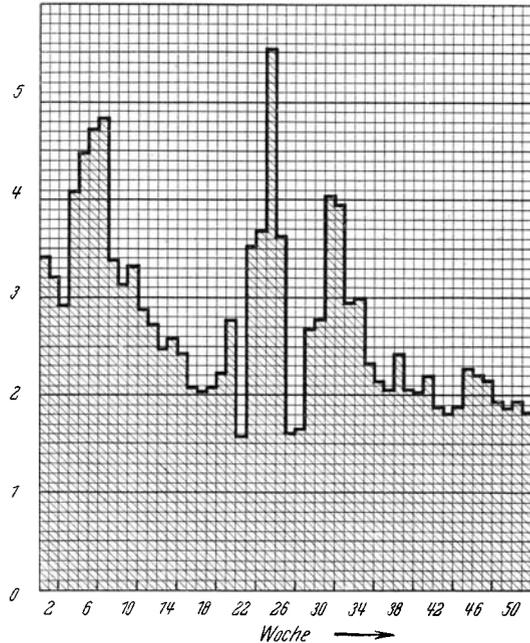


Abb. 19. Kontrolle des Ausschusses bei fortschreitender Fabrikation, aus „Kienzle, Austauschbau“ S. 312.

industriellen Betriebe, die in Abb. 20 dargestellt ist. Wie alles, was hier aufgeführt ist, durchaus keine allgemeine Regelung sein kann, ist auch diese Organisation nur als ein Beispiel anzusehen. Ziemlich allgemein ist der Grundsatz anerkannt, daß die Kontrolle nicht unter der Leitung der für das Arbeitsergebnis Verantwortlichen stehen soll. Die untere Kontrolle soll nicht dem Meister und die obere Kontrolle soll nicht dem Betriebsleiter unterstellt sein. Die größte Vollkommenheit wird zweifellos erreicht, wenn die Kontrolle unter einen besonderen Kontrollchef zusammengefaßt wird und nur der Direktion unterstellt ist.

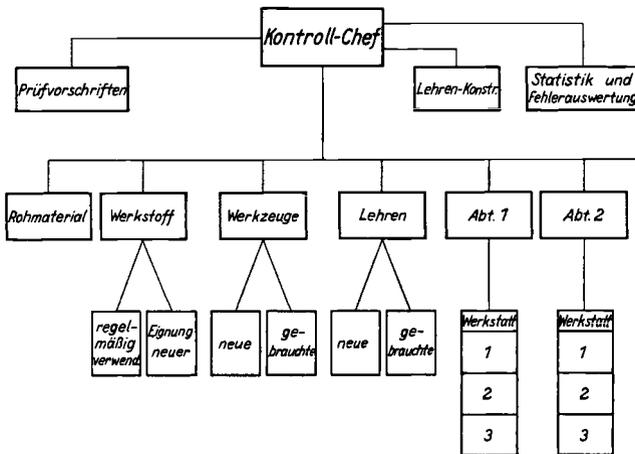


Abb. 20. Gliederung der Kontrolle.

Was hier der rechte Mann am rechten Platze einem Unternehmen zu nützen vermag, braucht wohl nicht mehr näher erläutert zu werden. Man sollte diesen Posten so umfassend wie möglich ausgestalten, damit durch diese Hand das Gleichgewicht der Kontrolle, ihr Zusammenhang, ihre gegenseitige Ergänzung und ihre wirtschaftliche Auswertung zusammengefaßt wird.

Betrachtet man die Zahlen der Personen, die in einem Unternehmen mit Kontrollieren beschäftigt sind, so findet man eine weitere Rechtfertigung für diese Zusammenfassung. Aus Deutschland und Amerika sind folgende Zahlen bekannt (Abb. 21).

Nehmen wir als groben Durchschnitt 6—10%, so finden wir in Unternehmungen von 1000—2000 Arbeitern 60—200 Menschen in der Kontrolle beschäftigt. Also fürwahr, eine recht ansehnliche Abteilung.

Haben wir eingangs gefordert, daß ein dauerndes Ziel für Verbesserung der Güte bestehen muß, so finden wir in dem Kontrollchef den Mann, der hierzu dauernd Anregungen im Betrieb gibt. Eine große Schwierigkeit der Kontrollabteilung sei aber nicht übersehen — und das ist

ihre vollkommene Zersplitterung. Der Kontrollchef hat nicht wie jeder andere Abteilungsleiter seine Leute zusammen, sondern in allen Betrieben verteilt, und doch muß er Mittel und Wege finden, um den Kontrollkörper als einheitliches Ganzes zusammenzuhalten. Er muß die Leute an ihrer Arbeitsstelle beobachten, er muß sie von Zeit zu Zeit zur Aussprache und Belehrung zusammenrufen und er muß sie dauernd durch schriftliche Anweisungen über das auf dem Laufenden halten, was von ihnen verlangt wird. Wichtiger als bei jedem anderen ist es beim Kontrolleur, daß er von oben her mit genauesten Dienstanweisungen versehen wird. Deshalb ist es nötig, daß diese Dienstanweisungen, zu denen

	Kontrollpersonen in % der prod. Arbeiter	
	Deutschland	Amerika
Allgemeiner Maschinenbau . . . . .		2 . . . 3
Werkzeugbau 1. Klasse . . . . .	15	
2. Klasse . . . . .		2 . . . 3
Automobilbau 1. Klasse . . . . .	5 . . . 8	6 . . . 7
2. Klasse . . . . .		3 . . . 5
Motorräder, Fließarbeit . . . . .	10	
Werkzeuge und Werkzeugmaschinen	7	
Pressen . . . . .	7	
Brillen . . . . .	5	
Uhren . . . . .	6	
Akkumulatoren, Fließarbeit . . . . .	10	
Sonst . . . . .	2 . . . 3	

Abb. 21. Anzahl der Kontrollpersonen (Durchschnittswerte).

auch die Prüfvorschriften gehören, verantwortlich vom Kontrollchef ausgearbeitet oder wenigstens gegengezeichnet sind. In bezug auf das zu Kontrollierende und wie es zu kontrollieren ist, darf niemand anders Anweisung geben als der Kontrollchef selbst. Nur so ist es möglich, der Kontrolle die wirksame Stellung im Betriebe zu erhalten.

## 8. Wirtschaftlichkeit der Kontrolle.

Die wirtschaftliche Berechtigung der Kontrolle liegt, wie schon eingangs erwähnt wurde, darin, daß so gut wie alle Abweichungen im Arbeitsablauf derart sind, daß das Ist einen minderen Wert aufweist als das Soll, d. h. mit anderen Worten, daß sich so gut wie alle Abweichungen in Schaden auswirken. Diese Schäden lassen sich teils unmittelbar, teils mittelbar in Geldwert umrechnen. Ein verhältnismäßig einfacher Fall liegt bei der Kontrolle von Werkstücken vor: Die Zusammenhänge zeigt Abb. 22.

Die ausgezogene Gerade  $AB$  zeigt zu jedem Ausschußprozentatz den Schaden, d. h. den in den Ausschußstücken steckenden Wert. Will

man von einem Zustand aus, in dem nicht kontrolliert wird, die Sachlage verbessern und den Ausschußprozentatz herabsetzen, so wird bei einer geringfügigen Kontrolle mit Kosten  $CD$  der Prozentsatz nicht mehr über ein bestimmtes Maß (z. B. 50%) hinausgehen. Das Ideal, durch dauernde Verbesserungen der Kontrolle, d. h. den Ausschußprozentatz 0 zu erreichen, wird nie ganz gelingen, wenn man auch die Kontrolle noch so sehr verfeinert und damit den Aufwand für sie noch so sehr steigert, d. h. die Kurve  $I$  der Kontrollkosten wird asymptotisch zur Ordinate des Ausschußprozentatzes 0 laufen. Es fragt sich nun, bei welchem Punkt die Kontrolle beginnt, mehr zu kosten als der vergütete Schaden wert ist. Dies ist in Punkt  $E$  der Fall. Hier betragen die Kontrollkosten  $EF$ ; die Tangente in  $F$  hat die gleiche Neigung wie  $AB$ ; in  $F$  haben also die Kontrollkosten eine Steigerungstendenz, die genau gleich der Falltendenz der Ausschußkosten ist.

Interessant ist es nun, zu verfolgen, welchen Einfluß die Stückzahl hat. Wenn wir die ins Auge gefaßte Erzeugung verdoppeln, so sind die Ausschußkosten (Gerade  $IB$ ) jeweils bei gleichem Prozentsatz ebenfalls verdoppelt. Die Kontrollarbeit kostet jedoch, obwohl sie an der doppelten Stückzahl auszuführen ist, nicht das Doppelte (gestrichelte Kurve  $II$ ) denn sie setzt sich aus festen Kosten und beweglichen Kostenbestandteilen zusammen. Der Wirtschaftlichkeitspunkt ist nunmehr bei  $G$  wieder Tangentenwinkel in  $H =$  Neigung von  $JB$ ; er ist also nach rechts gewandert, d. h. je größer die Stückzahl ist, desto mehr lohnt sich eine feinfühligere Kontrolle und desto niedriger ist der Ausschußprozentatz. Ein wichtiges und überraschendes Ergebnis. Ein kleiner Teilbeweis dafür, daß Massenfabrikation mit einer wirtschaftlich richtig eingesetzten Kontrolle zu besseren Ergebnissen führen muß als eine kleine Reihenfertigung.

Mit dem Diagramm Abb. 22 soll nun nicht etwa die Forderung aufgestellt werden, alle Kontrollen in einem Werk so genau kostenmäßig zu untersuchen. Jedoch zeigt es, daß es in großen Zügen doch wohl nötig ist, sich zu überlegen, ob Verfeinerungen noch Vorteile bringen können oder ob der Ausschußprozentatz und die Sicherungen so gut sind, daß man umgekehrt Kontrollkosten sparen kann. Denken wir daran, wie manchmal Kontrollen eingeführt werden. Es wird irgendein Mißstand bemerkt, in der Betriebsleitung entstehen große Aufregungen, und man setzt einen Kontrolleur ein. Bei einem anderen Mißstand geschieht dasselbe, und schließlich hat man ein unorganisiertes teures Kontrollwesen, ohne daß die Schäden auf das erwartete Maß zurückgeführt sind.

Um immer wieder Gelegenheit zu haben, die Wirtschaftlichkeit zu prüfen, ist es erforderlich, die Kontrollkosten auch in einem besonderen Konto zu erfassen und sie womöglich so zu unterteilen, daß die einzelnen



Hier muß man fühlen, welchen positiven Wert eine Kontrolle hat, die einen gleichmäßigen beherrschbaren Arbeitsablauf ergibt.

Noch deutlicher fühlt man, welchen Wert die Kontrolle hat, die dem Erzeugnis eine hohe, und was nicht weniger wichtig ist, eine dauernd gleichmäßige Güte sichert. Aller Aufwand für eine hohe Güte ist in dem Augenblick verschwendet, in dem der Käufer merkt, daß diese Güte nicht regelmäßig eingehalten wird und daß sich unter den Erzeugnissen einer Firma immer wieder solche befinden, die erheblich unter der gewöhnlichen Güte liegen. Solche Erfahrungen wirken sich oft zu einem allgemeinen Urteil aus, von dem das Schicksal eines Unternehmens abhängig ist. Man spricht oft vom inneren Wert einer Firma (Fassonwert) oder in der amerikanischen Ausdruckweise „goodwill“. Dieser Firmenwert steckt nicht zuletzt in der Zuverlässigkeit, mit der sie liefert und mit der sie ihre Geschäfte abwickelt, in der Zuverlässigkeit, die der Lohn einer richtigen Kontrolle ist.

### Schluß.

Im vorstehenden wurde versucht, in großen Zügen das Grundsätzliche herauszuarbeiten, dessen sich auch der Betriebsmann bewußt sein muß, um auf seinem Gebiet zu führen. Gleichzeitig sind damit Einleitung und Grundlage für die folgenden Kapitel gegeben. Das Ziel war aber auch, im Bewußtsein des Lesers eine innerlich überzeugte Anerkennung von der Bedeutung der Kontrolle zu schaffen. Er möge nun, in seinen Betrieb zurückgekehrt, auf Schritt und Tritt vergleichen, wie und in welchem Maße die einzelnen hier entwickelten Gesichtspunkte Anwendung gefunden haben oder Anwendung finden können, und wenn er auf Fehlerquellen stößt, mache er daraus Verbesserungsmöglichkeiten und finde damit in ihnen „den Teil von jener Kraft, die stets das Böse will und stets das Gute schafft“.

Jeder schaffe sich selbst im Geiste ein ideales Bild von dem, was er in seinem Betrieb erreichen will, ein ideales Bild von der Kontrolle, mit der die Ziele des Werkes erreicht werden sollen; so gewinnen wir Führer auf einem Wege, auf dem für unsere Wirtschaft gewiß noch viel herausgeholt werden kann. Aber man tue des Guten nicht zuviel, auch beim Ausbau der Kontrolle muß maßgehalten werden.

# Lagerkontrolle.

Von E. Th. Bickel.

## 1. Bedeutung, Zweck und Stellung der Lagerkontrolle in der Betriebswirtschaft.

Die mannigfaltigen Rohstoffe, Teil- und Fertigerzeugnisse sowie Hilfsmaterialien, die in Fabrikbetrieben bei der Fertigung laufend verwendet werden, bedingen die Festlegung verhältnismäßig großer Geldwerte in den Lagerbeständen, und kein Unternehmen wird es sich heute gestatten können, diese Werte sowie ihre Bewegung ohne Kontrolle zu lassen. Die Anschauung, daß das Lagerwesen in einem Betrieb, die Lagerkontrolle und alles, was damit zusammenhängt, ein notwendiges Übel sei, hat sich ja erfreulicherweise geändert, und es dürfte kein Zweifel darüber sein, daß die Lagerkontrolle als ein wichtiges Organ in jedem Unternehmen zum wirtschaftlichen Erfolg in weitem Maß beitragen muß.

Die Bedeutung der Lagerkontrolle wird klar, wenn man bedenkt, daß Bestände in den Lagern, die man nicht braucht, mit Verlust gleichbedeutend sind, nicht sowohl an Zinsen, als auch an Aktivität, die dem freien Gelde innewohnt. Überfüllte Lager sind totes Kapital, dessen Zinsen in ganz unnötiger Weise den Gewinn beschneiden, ja sie können unter Umständen die Ursache für den wirtschaftlichen Ruin eines Unternehmens sein.

Daraus ergibt sich der oberste Zweck der Lagerkontrolle, nämlich die Überwachung des im Lagerwesen investierten Betriebskapitals und die Vorsorge, bei sparsamster Wirtschaft die Schlagfertigkeit des Betriebes in bezug auf seine Lieferbereitschaft zu sichern.

In den Bereich der Lagerkontrolle fallen grundsätzlich sowohl die reinen Vorratslager, als auch die Eingangs-, Bereitstellungs-, Zwischen- und Versandlager. Ebenso muß sich die Lagerkontrolle auch auf die Sonderlager, wie Retourenlager, Werkzeuglager, Büromaterial-, Werbematerial- und Mobilienlager erstrecken.

Für die wirtschaftliche Arbeitsweise und den Erfolg ihrer Maßnahmen ist die Stellung der Lagerkontrolle in der Organisation des Unternehmens von erheblichem Einfluß, und es soll daher auf einen Grundsatz hingewiesen werden, der bei der Ausgestaltung der Lagerkontrolle in der Praxis oft übersehen wird.

Vielfach findet man namentlich in größeren Werken im Lagerwesen eine übertriebene Dezentralisation, indem für die Verwaltung der Rohmaterialien, Halb- und Fertigerzeugnisse voneinander vollständig unabhängige Instanzen bestehen, wobei jede dieser Lagerverwaltungen einem anderen Ressort zugeteilt ist, wie beispielsweise die Verwaltung der Rohmaterialien dem Einkauf, diejenige der Halbfabrikate der Werkstatteleitung und endlich das Fertigerzeugnislager dem Verkauf. Oft haben auch die Konstruktionsabteilungen noch eine eigene Lager-

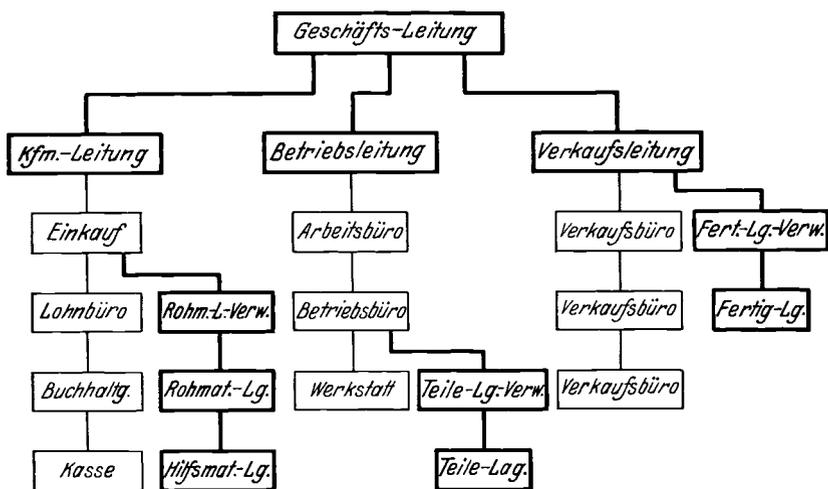


Abb. 1. Dezentralisierte Lagerorganisation.

haltung und geben Vorräte auf. Abb. 1 zeigt diese Form der Lagerorganisation.

Bei einem derartigen System zeigt sich regelmäßig, daß der Lagerbetrieb zu umfangreich, unübersichtlich und teuer ist; denn er erfordert nicht nur viel leitende Personen, sondern auch viel Personal in den Lagern. Letzteres besonders deshalb, weil gegenseitige Aushilfe bei Spitzenbelastungen an einzelnen Stellen in der Praxis meist nicht möglich ist. Außerdem werden erfahrungsgemäß die Zusammenarbeit und gegenseitige Verständigung in allen Lagerhaltungsfragen, die Beschränkung der Vorratsstufen und die Bestrebungen, die Durchlaufzeit des Kapitals zu beschleunigen, kaum gefördert werden; im Gegenteil, jede Instanz wird bestrebt sein, möglichst ihre eigenen Wege zu gehen und, je nach der psychologischen Einstellung der maßgebenden Persönlichkeit, aber auch aus dem Umstand, ob das Lagerwesen einem Kaufmann oder einem Betriebsmann unterstellt ist, wird bei den Maßnahmen der Lagerhaltung den reinen kapitalwirtschaftlichen Forderungen oder den Bedürfnissen — manchmal aber auch der Bequemlichkeit — des Betriebes überwiegend Rechnung getragen.

Die Erzielung einer schlagfertigen Lagerhaltung unter Aufwand geringster Kapitalbeanspruchung und Betriebskosten wird in erster Linie durch die Zusammenfassung aller Lager in eine einzige Lagerverwaltung gefördert. Die örtliche Lage der einzelnen Lagerstellen möglichst nahe an die jeweils vorwiegend in Frage kommenden Verbraucher zur Vermeidung zeitraubender Transporte, braucht dadurch selbstverständlich nicht geändert zu werden. Abb. 2 zeigt die zentralisierte Lagerorganisation eines Unternehmens. Ihre Vorteile sind naheliegend: nur ein

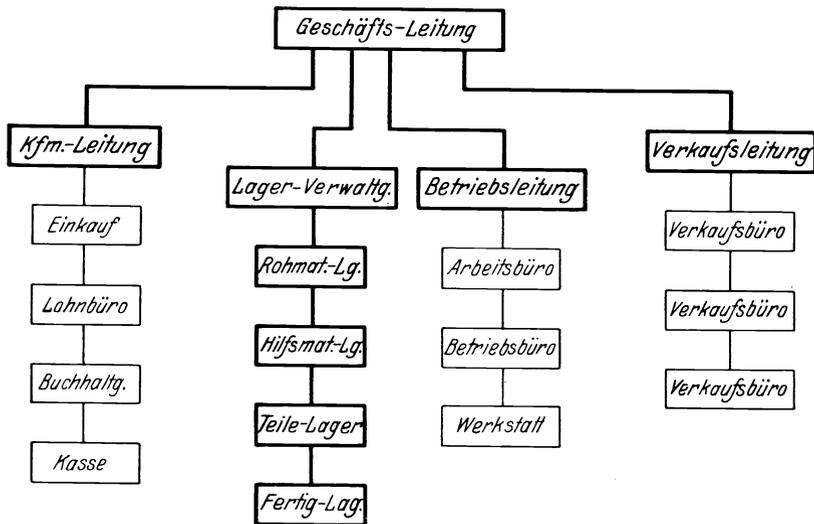


Abb. 2. Zentralisierte Lagerorganisation.

Leiter, wenig Personal, daher niedrige Lagerbetriebskosten. Ferner fördert diese Methode die einheitliche Arbeitsabwicklung, gestattet Personalaustausch zwecks Aushilfen bei Spitzenbelastungen und gibt die beste Möglichkeit der Kontrolle des wirtschaftlichen Gesamtumfanges aller Lager.

Ob die zentrale Lagerverwaltung unmittelbar der Geschäftsleitung unterstellt oder der kaufmännischen oder technischen Abteilung angegliedert wird, hängt von den Verhältnissen des einzelnen Unternehmens ab.

Entsprechend ihrer Bedeutung soll die Lagerverwaltung auch mit den für ihr erfolgreiches Wirken erforderlichen Kompetenzen ausgerüstet werden. Ist sie dagegen nur untergeordnetes und unselbständiges Organ, so wird ihre Entschlußkraft stets gehemmt sein, und sie wird sich den an sie herantretenden Anforderungen nur schwer und langsam anpassen können.

## 2. Beziehungen der Lagerkontrolle zu anderen Gliedern der Betriebsorganisation.

Der organisatorische Zusammenhang der Lagerkontrolle mit anderen Gliedern der Betriebsorganisation ist für die Betrachtung der Lagerkontrolle wichtig, weil er erst klarstellt, wo die Verantwortung für die Aufstellung der Soll-Bestände und die Kontrolle der Ist-Bestände liegt, und weil erst aus einem solchen Plan ersichtlich wird, wie die verschiedenen Kontrollstellen der Gesamtorganisation zusammenwirken. In Abb. 3 sind diese gegenseitigen Beziehungen schematisch dargestellt.

Der Einkauf muß für die Lagerverwaltung, die wir als selbständiges und verantwortliches Glied der Betriebsorganisation ansehen, grundsätzlich ausführendes Organ sein. Er beschafft die von ihr angeforderten Gegenstände, welche von fremden Lieferanten bezogen werden müssen. In großen Konzernen mit rechnerisch selbständigen Fabrikationsstellen besorgt der Einkauf zweckmäßig auch die von anderen eigenen Werken zu liefernden Waren. Die besondere Aufgabe des Einkaufs besteht nun darin, die verlangten Mengen in den vorgeschriebenen Qualitäten zu den günstigsten finanziellen Bedingungen und zu der richtigen Zeit heranzubringen. Einkauf und Lagerverwaltung müssen eng zusammenarbeiten, und es ist Pflicht des Einkaufs, im Interesse des Gesamtbetriebes, die Lagerverwaltung über alle wichtigen Vorgänge auf dem Warenmarkt (Bewegung der Preise und die die Beschaffungszeiten beeinflussende Liefermöglichkeit und Beschäftigungslage der Lieferanten) auf dem laufenden zu halten. Selbst Vorgänge, wie Streiks und Aussperrungen bei Lieferanten, Verkehrsschwierigkeiten, Kartell- und Syndikatbildung oder -auflösung, Konkurse und anderes mehr sind für die Lagerverwaltung für ihre Dispositionen bei der Vorratsaufgabe wissenswert.

Weiter berät der Einkauf die Lagerverwaltung über aufzugebende Mindestmengen, die zur Erzielung günstigster Beschaffungspreise erforderlich sind, aber die Entscheidung darüber, ob in einem bestimmten Fall aus diesem Grunde mehr beschafft werden soll, als dem Bedarf entspricht und von der Lagerverwaltung angefordert ist, trifft allein die letztere. Es ist aus psychologischen Gründen unrichtig, die Lagerverwaltung auch nur teilweise dem Einkauf zu unterstellen, wie es oft z. B. für das Rohmateriallager der Fall ist, denn die Furcht vor Verknappung der zur Verfügung stehenden Bestände mit der dem Einkäufer willkommenen Möglichkeit, bei größeren Mengen billiger einzukaufen, führt allzu leicht dazu, unnötig große Mengen zu beschaffen. Die verringerten Einkaufsspesen, die sich dadurch erzielen lassen, daß ein und derselbe Artikel weniger häufig eingekauft werden muß, und die günstigeren Preise bei Beschaffung größerer Mengen werden aber sehr oft

mehr als ausgeglichen durch den Aufwand für Zinsen zufolge Verringerung des Lagerumschlages und durch die Kosten, die die Aufbewahrung und Verwaltung der Gegenstände verursachen.

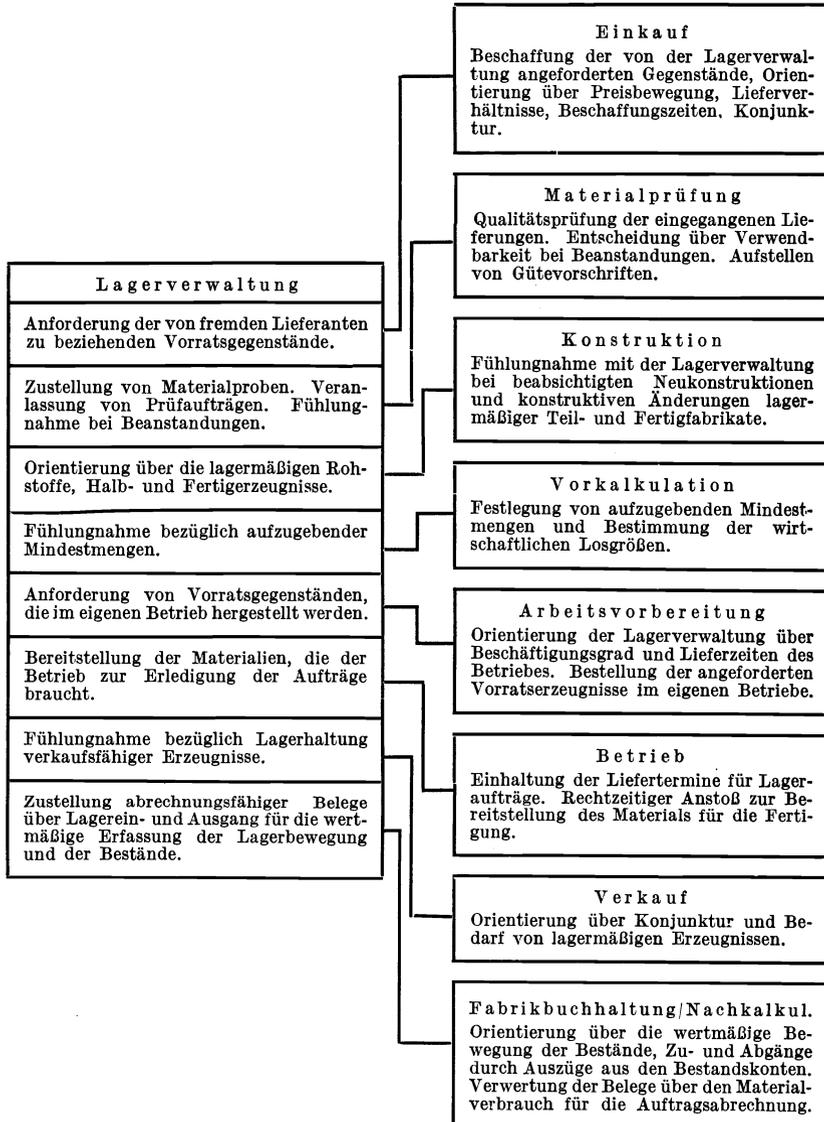


Abb. 3. Beziehungen der Lagerkontrolle zu anderen Gliedern der Betriebsorganisation.

Lagerverwaltung und Betrieb sind ebenfalls gegenseitig aufeinander angewiesen. Die Lagerverwaltung, die den Betrieb störungsfrei mit Material, Halbfabrikaten usw. zu versorgen hat, ist darauf angewiesen, daß auch dieser seinen Lieferverpflichtungen ihr gegenüber bezüglich

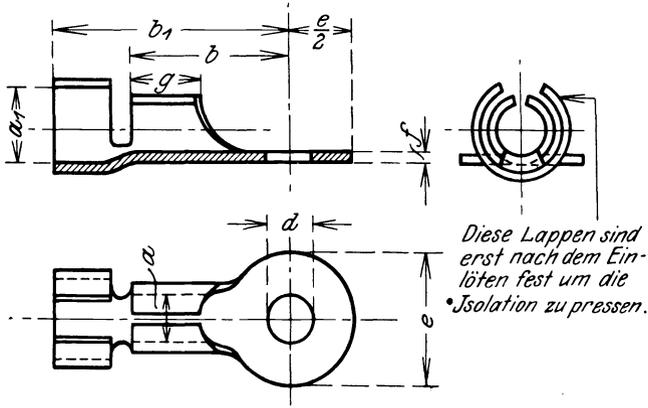
aller im eigenen Betrieb herzustellenden Vorratserzeugnisse gewissenhaft nachkommt. Wenn der Betrieb selbst auf die Lagerhaltung mehr als nur beratenden Einfluß hat, wenn insbesondere, wie es noch in vielen Betrieben hinsichtlich des sogenannten Teilelagers der Fall ist, die Werkstatt über die Vorratsgebarung entscheidet, und die Lagerorgane keine Anforderungen, sondern lediglich Anträge für die Vorratsergänzung stellen können, so liegt doch die Gefahr sehr nahe, daß die kapitalwirtschaftlichen Gesichtspunkte zurückgedrängt werden.

Dispositionen, Arbeitsverteilung und Terminplan dürfen nicht ohne Mitwirkung der Lagerverwaltung getroffen und geändert werden, damit diese ihre Maßnahmen für die Bereitstellung aller vorratsmäßig geführten Gegenstände, die für die Erledigung eingegangener Aufträge notwendig sind, planmäßig treffen kann. Es ist absolut unhaltbar, der Lagerverwaltung Bereitstellungstermine für oft ganz aus dem Rahmen fallenden Bedarf einfach zu diktieren, darauf weitere Dispositionen aufzubauen und, wenn die Abwicklung nicht klappt, die Lagerverwaltung als Sündenbock dafür verantwortlich zu machen. Bei einem derartigen Verfahren ist es ganz unmöglich, einen geregelten und wirtschaftlichen Lagerbetrieb zu führen; im Gegenteil, um sich vor solchen Nackenschlägen zu schützen, werden einfach größere Vorratsbestände gehalten, damit man ja allen Anforderungen gewachsen ist. Das kann aber dem Unternehmen bedeutendes Kapital kosten, und zudem kommt noch der Schaden, der zufolge der schwereren Anpassungsfähigkeit der Lagerhaltung entstehen kann, wenn wie z. B. im Maschinenbau, die Erzeugnisse dauernd konstruktiven Änderungen unterworfen sind.

Sehr wichtig ist daher auch die Fühlungnahme zwischen Lagerverwaltung und Konstruktionsbüro. Die erstere muß das Konstruktionsbüro über alle vorratsmäßig geführten Materialien, Konstruktionselemente, Normteile und Fertigerzeugnisse laufend unterrichten. Das Mittel hierzu sind Lagerlisten, die zweckmäßig in Zusammenarbeit mit dem Normenbüro des betreffenden Unternehmens herausgegeben werden. Die Formen solcher Lagerlisten sind in der Praxis verschieden. Es können z. B. besondere Verzeichnisse der lagermäßig geführten Gegenstände ausgegeben werden. Eine verbreitete und zweckmäßige Form ist die Ergänzung von Normblättern durch Symbole, welche bedeuten, daß die damit versehenen Gegenstände lagermäßig sind (siehe Abb. 4).

Gegenstände, die lagermäßig geführt werden, dürfen unbedingt nur im Einvernehmen mit der Lagerverwaltung konstruktiven Änderungen unterworfen werden. Für die Zusammenarbeit der Lagerverwaltung mit dem Konstruktionsbüro und zur Erzielung der scharfen gegenseitigen Abgrenzung der Verantwortung wird empfohlen, nach folgendem Grundsatz zu verfahren:

Die Konstruktionsbüros sollen nicht, wie es in den allermeisten Betrieben noch üblich ist, bei beabsichtigten Vorratsaufgaben bereits lagermäßig geführter Gegenstände, die Anforderungen zur Begutachtung bekommen, sondern sie müssen umgekehrt etwa beabsichtigte Konstruktionsänderungen oder Neukonstruktionen, die bereits lagermäßig



Die Kabelschuhe sind verzinkt

Konstr. Zehg. NB 203594

Kabel ∅ max.	Quer- schnitts- zahl	Ampere max. dauernd	Lag.-Teil- Nr.	a ∅	a <sub>1</sub> ∅	b	b <sub>1</sub>	d ∅	e	f	g	Gewicht pro Stück Gramm	Konstr. Zehg. Fos.
1,8(Draht)	2,5	25	442 319	2	5	14	20	4,2	9	1	6		8
1,8(Draht)	2,5	25	320	2	5	14	20	5,2	9	1	6		6
2,2	2,5	25	326	2,5	7	16	23	5,2	13	1	6		5
2,5	2,5 u. 4	31	321	3	7	16	23	6,5	13	1	6		4
4	10	43	322	5	9	20	28	6,5	15	1	8		3
6	16	75	323	6,5	11	23	34	6,5	18	1,2	10		2
7,5	25	100	324	8	13	30	43	10,5	22	1,5	12		7
8,5	35	125	325	9	14	30	43	10,5	22	1,5	12		1

▲ Auf Bahnlager. Nicht auf Lager liegende Kabelschuhe dürfen nur im Einverständnis mit dem Normbüro verwendet werden.

Abb. 4. Kennzeichnung der Lagerteile auf einem Normblatt.

geführte ersetzen sollen, der Lagerverwaltung melden, und diese prüft dann an Hand der noch vorhandenen Bestände, wann der geeignete Zeitpunkt für das Inkrafttreten der Änderungen gegeben ist. Es ist sogar vorteilhaft, die Bestimmung zu treffen, daß Vorratserzeugnisse oder -teile nur mit Genehmigung der Direktion geändert werden dürfen. Dadurch gewinnt die Lagerverwaltung eine größere Schlagfertigkeit, indem sie jederzeit disponieren kann und wobei die Einhaltung ihrer Soll-Bestände nicht davon abhängt, wie lange sie auf die Begutachtung von anderer Seite warten muß. Nur so kann Verlusten vorgebeugt

werden, die durch sonst notwendige Ausschachtungen ungangbarer, durch andere Ausführungen ersetzter Lagergegenstände oft unvermeidlich werden.

Die Beziehungen der Lagerverwaltung zur Materialprüfung werden an dieser Stelle lediglich der Vollständigkeit halber erwähnt; in Abschnitt 6, S. 195 u. f., wird hierüber Näheres ausgeführt.

Hinsichtlich der Vorratswirtschaft für verkaufsfähige Fertigerzeugnisse ist eine gute Fühlungnahme zwischen der Verkaufsabteilung und der Lagerverwaltung erforderlich. Seitens des Verkaufs muß die Lagerverwaltung ständig über die Konjunktur und den Bedarf an lagermäßigen Fertigfabrikaten unterrichtet werden, damit sie bei ihren Dispositionen für die Vorratsaufgabe sichere Anhaltspunkte hat.

Die wichtigsten Beziehungen der Lagerverwaltung bestehen mit den Organen der Arbeitsvorbereitung und Arbeitsverteilung für den Betrieb. In erster Linie ist diese Zusammenarbeit die Voraussetzung dafür, daß die Lagerverwaltung dem Betrieb die für die Erledigung eingegangener Aufträge benötigten Materialien sowie Normteile und Halbfertigerzeugnisse überhaupt in den verlangten Mengen zur Verfügung stellen kann. Zweitens ist bei richtiger Zusammenarbeit der Lagerverwaltung die Möglichkeit gegeben, eigentliche Bedarfswirtschaft zu treiben, welche allein sparsamste Kapitalbeanspruchung verbürgt. Und zwar kommt es vor allem darauf an, daß die Bestellorgane für die Werkstatt, die die mengenmäßige Arbeitsvorbereitung zu besorgen haben, der Lagerverwaltung in geeigneter Form, möglichst sogleich nach Eingang von Aufträgen, den Bedarf an Material hierfür melden, damit die Kontrolle über die Versorgungsbereitschaft sofort einsetzen kann.

Diese Einheitlichkeit in den Materialbelegen verbürgt, wie einleuchtet, nicht nur sparsame Schreibearbeit, sondern bildet auch die sicherste Kontrollvoraussetzung, weil Abschreibfehler jeder Art ausgeschlossen sind. Leider wird von beiden Vorteilen noch viel zu wenig Gebrauch gemacht.

Die Bestellbüros für den Betrieb sind in ähnlicher Weise, wie es der Einkauf für die Beschaffung der von auswärts zu beziehenden Vorratsgegenstände ist, ausführende Organe für die Lagerverwaltung. Sie geben die von der letzteren angeforderten, im eigenen Betrieb herzustellenden Vorratsgegenstände auf, für deren pünktliche Anlieferung sie ebenfalls zu sorgen haben. Andererseits beraten sie die Lagerverwaltung über aufzugebende Mindestmengen, die für eine wirtschaftliche Fertigung notwendig sind und sie orientieren die Lagerverwaltung laufend über den Beschäftigungsgrad der Werkstatt und über den Arbeitsvortrag, die für die Liefertermine für Vorratsaufträge von Einfluß sind, damit diese Faktoren in gebührendem Maß bei der Neuaufgabe von Vorräten berücksichtigt werden können.

Bei Aufgabe der im eigenen Betrieb zu fertigenden Halb- und Fertigerzeugnisse spielt die Bemessung der einzelnen Lose für die wirtschaftliche Herstellung eine wichtige Rolle. Die Beratung der Lagerverwaltung durch die Vorkalkulation über die aufzugebenden Mengen bzw. deren Unterteilung in richtig bemessene Lose sollte in jedem Betrieb gepflegt werden. Für die Bestimmung der wirtschaftlichen Losgrößen eignet sich das in Abb. 6 wiedergegebene Diagramm<sup>1</sup>.

Endlich verlangt ein geordnetes Betriebsrechnungswesen die enge Zusammenarbeit der Lagerverwaltung mit der Betriebsbuchhaltung. Lückenlos und zwangsläufig müssen ihr die Belege über die Zu- und Abgänge zufließen.

Damit kontrolliert die Fabrikbuchhaltung ihrerseits die Lagerverwaltung und hält ihr auf Grund der Materialkonten periodisch, in der Regel monatlich, wertvolle Zahlen in Form von Kontoauszügen vor, die der Leiter der Lagerverwaltung für seine Dispositionen zu Rate ziehen kann. Diese periodisch gegebenen Zahlen für Zugang, Abgang und Bestand werden in Kurven, wie Abb. 5 zeigt, festgehalten und mit-

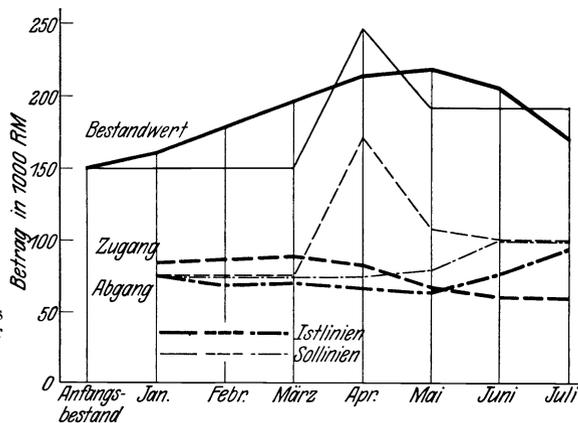


Abb. 5. Wertbewegung des Lagerkontos auf Grund der monatlichen Kontoauszüge der Fabrikbuchhaltung.

einander und mit dem Soll verglichen. Z. B. zeigen die Soll-Linien (gestrichelt), daß im April in Anbetracht eines ab Mai erwarteten Mehrverbrauchs die Bestände erhöht sein sollen. Das Ist ist dieser Erhöhung vorausgeeilt, aber die Zugangskurve wurde rechtzeitig abgebremst, denn der geringe Abgang sorgte schon von selbst für das Anwachsen der Bestände. Jedenfalls wird die Lagerverwaltung stets bestrebt sein, die Nachschübe so zu regeln, daß die Kurve des Bestandswertes ihrer Lager dem Soll entspricht.

Dieser Hinweis dürfte zeigen, wie bedeutungsvoll auch die Zusammenarbeit der Lagerverwaltung mit der Betriebsrechnung unmittelbar für die Kontrolle der Vorratswirtschaft ist.

<sup>1</sup> Von Koch und Kienzle, Doktor-Ingenieure, Berlin W 10, aufgestellt.

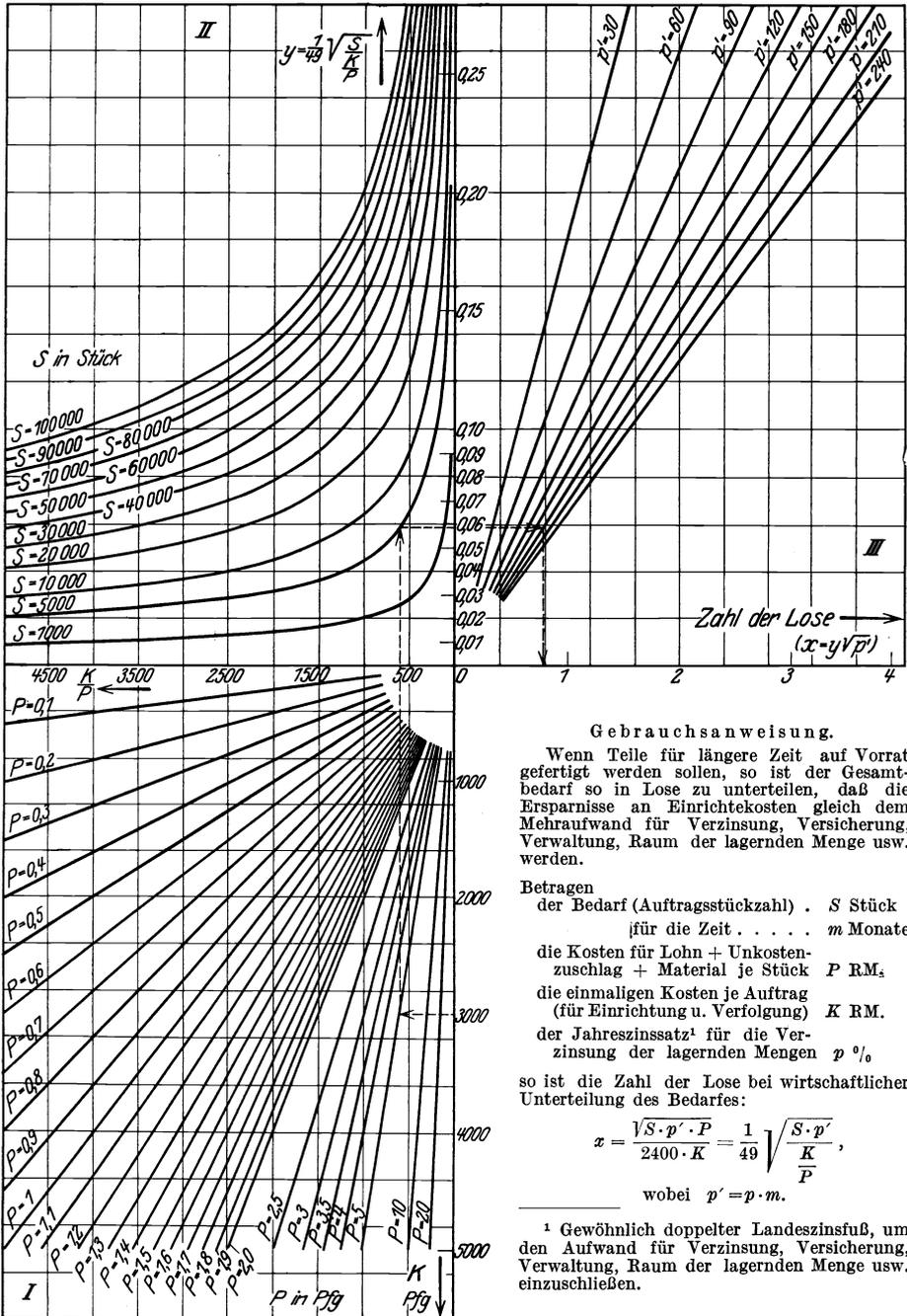


Abb. 6. Diagramm zur Bestimmung der wirtschaftlichen Losgrößen (nach Koch und Kienzle).

## Beispiel zu Abb. 6:

Bedarf . . . . .	$S = 500\,000$ Stück.
für die Zeit . . . . .	$m = 12$ Monate
Kosten für Lohn + Unkostenzuschlag + Material je Stück . . . . .	$P = 0,05$ RM. = 5 Rpf.
Einmalige Kosten je Auftrag . . . . .	$K = 30,00$ RM. = 3000 Rpf.
Jahreszinssatz . . . . .	$p = 15\%$

Es ergibt sich zunächst  $p' = p \cdot m = 15 \times 12 = 180$ .

Man gehe von  $K = 3000$  Rpf. waagrecht nach links bis zur Geraden  $P = 5$  Rpf.; dann vom Schnittpunkt senkrecht nach oben bis zum Strahl  $S = 5000$  (an Stelle 500 000 Stück, da das Diagramm nur bis  $S = 100\,000$  reicht); dann waagrecht nach rechts bis zur Geraden  $p' = 180$ . Damit erreicht man das Feld der Loszahl und liest 0,8 ab; da für  $S$  nur 1:100 eingesetzt, ergibt sich für das Los  $x$ , das zehnfache:  $x = 8$ , d. h. der Stückbedarf ist in 8 Losen herzustellen, die über die Zeit von  $m = 12$  Monaten gleichmäßig zu verteilen sind.

### 3. Umfang und Arbeitsabwicklung der Lagerkontrolle.

Aus den Beziehungen der Lagerverwaltung zu anderen Gliedern der Organisation haben wir bereits verschiedene Kontrollgrundlagen ersehen. Wie auf vielen Gebieten, liegt hier die Hauptarbeit bei der Aufstellung des „Soll“. Ob oder inwieweit das Ist damit übereinstimmt, ist dann verhältnismäßig leicht festzustellen, so daß wir uns auf kurze Hinweise und einige Beispiele beschränken können.

Soll die Lagerverwaltung innerhalb des ihr zugewiesenen Verantwortungsbereichs ihre Aufgabe erfüllen, so dürfen ihr nur solche Tätigkeiten zugewiesen werden, welche sachlich zu ihrem Aufgabenkreis gehören. Diese Tätigkeiten, soweit es sich um reine Kontrollfunktionen handelt, sind in Abb. 7 nach Güte-, Mengen- und Zeitkontrollen aufgeführt.

Die von außen oder vom eigenen Betrieb angelieferten Waren werden in den Lagerstellen mengenmäßig festgestellt und die Übereinstimmung mit den Angaben in den Lieferpapieren geprüft. Die sorgfältige und übersichtliche Stapelung der Waren in den Lagern geschieht zum Zweck, die Kontrolle der Bestände zu erleichtern. Und endlich sind bei der Materialausgabe die Mengen gemäß den vorgewiesenen Bezugsunterlagen richtig zu verabfolgen und die Belege lückenlos an die Lagernachweisführung weiterzuleiten.

Die Lagerkontrolle im engeren Sinne des Wortes besteht in der lückenlosen Nachweisführung der lagernden Bestände und der laufenden Aufzeichnung der Lagerbewegung, also Zugang und Abgang für jeden einzelnen Vorratsgegenstand und Weitergabe der Belege darüber an die Fabrikbuchhaltung und Nachkalkulation. Aber nicht nur auf die

tatsächliche Bewegung der einzelnen Materialien muß sich die Lager-nachweisführung beschränken, sondern zur Erfüllung der Aufgaben dem Fertigungsbetrieb gegenüber bedarf es auch des Nachweises der in Bestellung befindlichen Mengen sowie der sogenannten Reservierungen und der verfügbaren Mengen.

Güte	Menge	Zeit
Befundfeststellung der Waren beim Eingang auf Bruch, Beschädigung usw.	Feststellung der Mengen bei der Anlieferung auf Übereinstimmung mit den Angaben in den Lieferpapieren.	
Überwachung der Bestände in bezug auf Erhaltung der Qualität (Schutz vor Rost, Schmutz, Bruch usw.)	Zweckmäßige Einlagerung der Waren, um jederzeit leichte Nachprüfung der Mengen zu ermöglichen.	
	Erfassung der Bedarfsmengen durch Vormerkung.	Rechtzeitige Bereitstellung der von der Fertigung benötigten Materialien.
	Mengenkontrolle bei der Materialausgabe auf Übereinstimmung der verlangten mit den ausgegebenen Mengen.	
	Nachweis aller Zu- u. Abgänge auf Grund der Belege und laufende Festhaltung der Bestände.	
	Laufende Erfassung der verfügbaren Mengen und Beobachtung des Lagertiefstandes.	Überwachung der rechtzeitigen Aufgabe von Bestellungen für die Lagerergänzung.
	Erfassung der in Bestellung befindlichen Mengen u. der Rückstände.	Überwachung auf rechtzeitige Lieferung der bestellten Mengen.
	Festlegung von Mindestbestandsmengen bei deren Erreichen neue Vorräte nachgeschoben werden sollen.	Kontrolle der Lieferzeiten, welche für die Lagerergänzung u. für die Festlegung von Mindestbeständen maßgebend sind.
	Erfassung der Umsatzmengen für die Beurteilung der Lagerhaltung.	
	Bestandsnachprüfung zwecks Feststellung von Abweichungen zwischen Soll- u. Ist-Bestand.	

Abb. 7. Obliegenheiten der Lagerverwaltung nach ihren Kontrollzwecken.

Die wichtigste Aufgabe der Lagerkontrolle ist die Regelung der Vorrathaltung von Rohmaterialien, Halb- und Fertigerzeugnissen sowie Betriebsmaterialien nach dem Bedarf des eigenen Betriebes sowie der Kundschaft, unter Berücksichtigung günstigster Kapitalwirtschaft. Hierzu gehört ebenfalls die Aufgabe von Vorratsbestellungen an den eigenen Betrieb oder für auswärts zu beschaffende Gegenstände an den Einkauf sowie die Ausübung der Bestellkontrolle. Statistische Er-

hebungen, laufend und von Fall zu Fall, dienen der Lagerkontrolle als Mittel, Unterlagen und Anhaltspunkte für zu treffende Dispositionen zu erhalten.

Faßt man den Begriff „Lagerkontrolle“ im weitesten Sinne auf als die Gesamtheit aller Maßnahmen, die für die Führung und Überwachung des Lagerwesens notwendig sind, so gehören alle erwähnten Tätigkeiten und Aufgaben dazu. Gleichzeitig ist die Lagerkontrolle aber auch Mittel zum Zweck, nämlich Zustand und Bewegung und nicht zuletzt die Wirkung getroffener Dispositionen laufend nachzuweisen, um dadurch wieder sichere Grundlagen für zu treffende Maßnahmen zu erhalten. Und keineswegs nur für die eigene Überwachung und Erfolgskontrolle der Lagerverwaltung dienen alle die genauen Ermittlungen, Nachweise und Belege, sondern sie sind ein wichtiges Glied in der Kette der betrieblichen Wirtschaftskontrolle überhaupt, die sich mehr und mehr darauf einstellen muß, nicht nur Einzelvorgänge für die Kontrolle auf ihre vorgeschriebene Abwicklung herauszugreifen, sondern vor allem auch den Durchlauf des Kapitals durch die mannigfaltigen Kanäle des Unternehmens genauestens zu überwachen.

Dieser Gesichtspunkt oder besser diese Forderungen, müssen auch bei der Einrichtung der Lagerkontrolle maßgebend berücksichtigt werden, denn sonst kann diese noch so schön aufgezogen sein, sie wird nur einen halben Erfolg erzielen, wenn die Nachweise und Unterlagen für die anderen Zweige des betrieblichen Rechnungswesens nicht verwertbar sind und dort unter anderen Gesichtspunkten womöglich wiederholt mühsam geschaffen werden müssen.

Da wohl in keinem anderen Abschnitt darauf hingewiesen wird, soll an dieser Stelle auf einige grundsätzliche Forderungen eingegangen werden, die vom Standpunkt der Kontrolltechnik an die Ausgestaltung der Lagerkontrolle zu stellen sind. Die Lagerkontrolle ist ihrem Wesen nach zweifellos ein kaufmännischer Verwaltungszweig, und in diesem Bereich heißt kontrollieren nicht nur prüfen und vergleichen, sondern vor allem zahlenmäßiges Aufzeichnen und Festhalten von Tatsachen zum Zweck, daraus Folgerungen und Schlüsse zu ziehen.

Bei der Führung der Lagerachweise, gleichgültig ob diese in Buch- oder Karteiform geschieht, handelt es sich um lückenlose Aufzeichnungen über die mengenmäßige Bewegung, Zu- und Abgang sowie der Bestände für jede einzelne Art von Vorratsgegenständen. Vom Standpunkt der Kontrolltechnik ist es von wesentlicher Bedeutung, an welcher Stelle und von welchen Personen diese Nachweise geführt werden, damit sie Beweiskraft haben, denn diese Aufzeichnungen sind nicht nur zur Schaffung von Dispositionsgrundlagen bestimmt, sondern sie verfolgen zugleich auch den Zweck, die Personen, denen die Vorräte anvertraut sind, auf ihre Gewissenhaftigkeit zu überwachen. Es liegt daher auf

der Hand, daß die Ausübenden, genau wie auch bei der Kontrolle der Werkstattarbeit, nicht zugleich ihre eigenen Kontrolleure sein dürfen, ebensowenig wie man die Funktionen eines Buchhalters und Kassierers in einer Person vereinigen darf.

Verfahren, bei denen das Ausgeberpersonal in den Lagern zugleich auch mit der Lagernachweisführung betraut ist, können daher hinsichtlich der Kontrolle nicht als einwandfrei bezeichnet werden. In solchem Falle kann der Lagerverwalter nur auf Anstoß von untergeordnetem, meist im Arbeiterverhältnis stehenden Personal überhaupt handeln, was zweifellos die Schlagfertigkeit der Lagerhaltung bedeutend hemmt. Zudem wird hier Verwaltungsarbeit gerade von solchem Personal geleistet, das verwaltungstechnisch wenig vorgebildet und schreibgewandt ist, daher ohnehin kaum kontrollfähige Aufzeichnungen machen kann.

Auch die Lagerkontrolle muß zweifellos dem Gesetz der Wirtschaftlichkeit unterworfen werden, also mit einem Minimum an Arbeits- und Kostenaufwand ihren Zweck erfüllen. Aus diesem Grunde muß auch das Verfahren der Lagernachweisführung als unzweckmäßig bezeichnet werden, bei welchem nicht nur das Ausgeberpersonal in den Lagerstellen selbst lückenlose Aufzeichnungen über Zugänge, Abgänge und Bestände für jeden einzelnen Lagergegenstand vornimmt, sondern auch in einer zentralen sogenannten Lagerbuchhaltung parallel hierzu nochmals die genau gleichen Aufzeichnungen in Karteien oder Lagerbüchern erfolgen. Dieses Verfahren kann als „Überkontrolle“ bezeichnet werden, dessen Nutzen den Aufwand, den es erfordert, nicht rechtfertigt.

Wichtig ist vor allem, daß die Zu- und Abgänge von Materialien in den Lagerstellen stets durch Dokumente belegt werden, die der Lagerkontrolle zur laufenden und lückenlosen Verbuchung in den Nachweisen verbleiben und die gleichzeitig aber auch für die buchhalterische Erfassung der Kapitalbewegung verwertbar sind. Sollen diese Belege wirklich Dokumente sein, so dürfen sie nicht von den Lagerstellen selbst ausgestellt werden, sondern sind diesen von den verbrauchenden Stellen als Quittung über die erhaltenen Mengen zu belassen.

Die Verfahren der neuzeitlichen quantitativen Arbeits- bzw. Auftragsvorbereitung berücksichtigen diese Forderung weitgehend, indem sie die Bezugs- bzw. Ausgabebelege (Beispiel siehe Abb. 8) außerhalb der Werkstatt ausstellen und sie zuerst als Materialanforderung an die Lagerkontrolle geben, damit hier die Bereitstellung des benötigten Materials in die Wege geleitet werden kann. Bei der späteren Ausgabe des Materials werden dieselben Anforderungsscheine zu Bezugsquittungen und laufen nach Erfassung des Materialausganges in der Lagernachweisführung weiter zur Verwertung in der Fabrikbuchhaltung

und Selbstkostenabrechnung. Diese in kurzen Worten angedeutete Abwicklung ist in Abb. 9 schematisch dargestellt.

Im allgemeinen beziehen sich die Aufzeichnungen, welche die Lagerkontrolle zur Erfüllung ihrer Aufgaben benötigt, lediglich auf die Mengen der Zu- und Abgänge und der Bestände und auch bei den in Bestellung befindlichen Gegenständen sowie bei den Reservierungen und bei den Ermittlungen über das, was „verfügbar“ ist, interessieren ebenfalls nur die Mengen. Die Lagernachweisführung kann nun zweckmäßig so ausgebaut werden, daß sie gleichzeitig auch eine Bewertungsunterlage darstellt, auf Grund welcher die Belege über den Ein- und Ausgang

Material-Bezugschein		Auftrag Nr. ....			Pos. Nr.		Arb. Nr. Stck. Nr.		K 1269					
Zchg. .... Teil .....		..... St. ....						Type .....						
Abmessungen bzw. besondere Angaben .....														
Werkstoff														
Zur Folge	Menge	Werkstoff	Teil-Nr. Normblatt	Abmessungen Modell	Zu liefern			Res. am	ausgegeben am	Menge	Einh.-Preis		Betrag	
					von	am	an				RM.	Pf.	RM.	Pf.
1	6 m 42 kg	St 00.12 Winkelleisen	SV 24	L 40 × 80 × 8										
Datum und Aussteller .....					Bezugsschein-Umlauf									
An ... zur Res. gegeb. am ...			Zurückgegeb. an Terminstelle am .....			An ... zum Mat.-Bezug ausgegeb. am ...								

Abb. 8. Material-Bezugschein.

unmittelbar für die Weiterverarbeitung in der Fabrikbuchhaltung und Selbstkostenabrechnung verwendbar gemacht werden können. Abb. 10 ist ein Beispiel für eine solche Lagerkarte.

Der Vorzug besteht darin, daß bei der Mengenverbuchung vom Beleg auf den Lagernachweis für das betreffende Material sogleich das Einsetzen des Preises für eine Mengeneinheit auf den Beleg stattfinden kann und sich demnach besondere Bewertungsstellen mit eigenen Preiskarteien erübrigen.

Die Aufzeichnungen bei der Erfassung der Zugänge, Abgänge und Bestände sowie der Vormerkungen und in Bestellung befindlichen Mengen werden meist auf ein und demselben Formular vorgenommen, das entsprechend eingeteilt ist. Dadurch wird zweifellos ein sehr guter und vor allem schneller Überblick geschaffen über Bestand, Bedarf und verfügbare Menge jedes einzelnen Gegenstandes, der auf Lager gehalten wird.

Die genaue Durchführung dieser Nachweismethode erfordert aber andererseits verhältnismäßig viel Schreib- und Rechenarbeit bei jedem zu erfassenden Vorgang und bedeutet in Betrieben mit lebhaftem Verkehr und namentlich in Großbetrieben, wo die Lagerverwaltung große

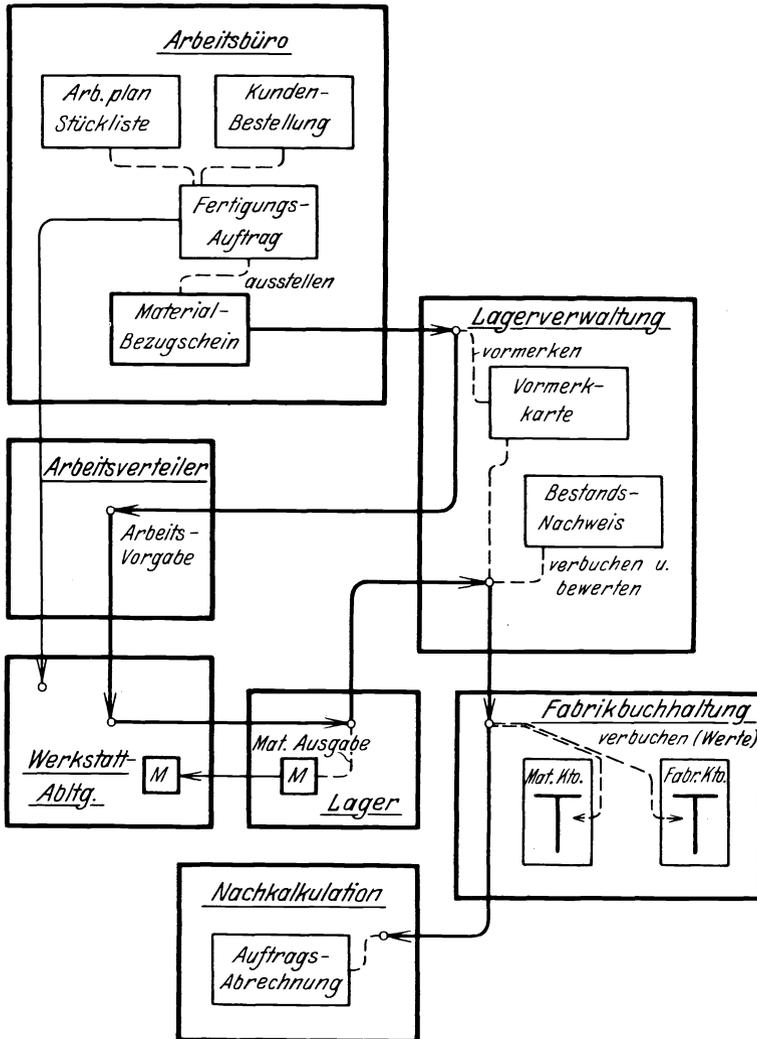


Abb. 9. Vorgang der Materialanforderung, -Ausgabe, -Verbuchung und -Verrechnung auf Grund nur einmal ausgestellter Belege.

Massen von Vorgängen bewältigen muß, eine erhebliche Arbeitsbelastung der Lagerbuchführung. Überdies werden wegen der unvorteilhaften Flächenausnutzung die Nachweise sehr schnell vollgeschrieben, und das häufige Anlegen von Fortsetzungskarten mit der damit verbundenen Übertragungsarbeit ist sehr lästig.

Aus diesen Gründen ist man in der Praxis vielfach dazu übergegangen, für die eigentliche Bestandsnachweisführung und für die Bestellungs- und Bedarfseintragungen getrennte Vordrucke zu verwenden (vgl. Abb. 10 und 11), deren Handhabung kurz beschrieben werden soll.

Beim Eingang bestellter Gegenstände werden die Mengen unter Angabe des Liefertages und der Auftragsnummer in der Bestandskarte vermerkt und in Spalte „Bestand“ zu der bisherigen Summe hinzuaddiert. In der Vormerkkarte wird bei der bereits anlässlich der Bestellung erfolgten Eintragung die Bestellmenge zum Zeichen der Erledigung rot angehakt. Ist nur eine Teillieferung erfolgt, so wird die ursprüngliche Bestellmenge gestrichen und daneben oder darüber der noch verbleibende Rückstand eingesetzt. Nach Möglichkeit wird auch der Liefertermin hierfür durch Änderung des ursprünglichen Datums angegeben.

Werden Vormerkungen durch die Entnahme der betreffenden Mengen aus den Lagern erledigt, so erfolgen in dem Bestandsnachweis auf Grund der Belege in üblicher Weise die Abrechnungen unter jeweiliger Angabe des durch die abgegebenen Mengen verminderten Bestandes. In der Vormerkkarte werden zum Zeichen der Erledigung ebenfalls wieder nur die betreffenden Vormerkungen in der Mengenspalte rot angehakt. Wird in einem Fall hingegen nicht die ganze reservierte Menge entnommen, so wird bei der betreffenden Vormerkung die Menge gestrichen und die noch verbleibende Menge darübergesetzt. Vormerkungen, die durch Annullierung oder Änderung von Aufträgen ungültig werden, brauchen ebenfalls nur angehakt zu werden. Dadurch, daß nicht gleichzeitig eine Bestandsabbuchung erfolgt, erhöht sich automatisch die verfügbare Menge des betreffenden Gegenstandes.

Das Anhaken versinnbildlicht die sonst notwendigen Abbuchungen, und erspart die damit verbundenen jedesmaligen Rechenarbeiten, die eine erhebliche Mehrbelastung der Lagerbuchführung sind. Wie die Abb. 10 und 11 leicht erkennen lassen, ist die verfügbare Menge eines lagermäßig geführten Gegenstandes mit geringer Mühe zu jedem beliebigen Zeitpunkt feststellbar. Sie ergibt sich aus dem Lagerbestand zuzüglich der in Bestellung befindlichen, abzüglich der vorgemerkten Menge. Die letztere wird überschlagsweise festgestellt durch Zusammenzählen der noch nicht angehakten Mengen. Tatsächlich wird es gar nicht nötig sein, bei jedem, auch dem kleinsten Vorgang immer wieder die absolut genaue Zahl der jetzt noch verfügbaren Menge zu haben. Es genügt, bei Vormerkungen großer Mengen überschlagsweise festzustellen, ob dadurch die verfügbare Menge unter ein vorgeschriebenes Minimum sinkt und eine neue Bestellung erfolgen muß, oder wenn man sich sonstwie dieser Grenze nähert, was ein aufmerksamer Karteiführer erfahrungsgemäß im Gefühl hat. Die Vormerk-

Jahr 1929		Ggst.									
Konto-Nr.		<i>Stellringe</i>						35 mm			
1228								DIN 705			
Karte-Nr.											
3								Abm.	Mod.		
Lagerstelle		Verfügbare Mindestmenge		Mindest-Bestellmenge		Liefertermin in Monaten			Zchg.	Norm-Teil	Type
6		50		200		1			Marke		Pl.-Nr.
Dat.	Ein-gang Menge	Ein-h. Preis per %	Be-stimmung Eink.-Nr. Auftrag-Nr.	Aus-gang Menge	Be-stand	Dat.	Ein-gang Menge	Ein-h. Preis per %	Be-stimmung Eink.-Nr. Auftrag-Nr.	Aus-gang Menge	Be-stand
1./2.		46,20	Übertrag		160				Übertrag		154
2./2.			AB 21951	40	120	6./5.			AI 290150	30	124
5./2.			AI 285 659	16	104	10./5.			LA 1680	50	74
8./2.			LA 1819	50	54	12./5.			LA 1705	25	49
10./2.	200	46,30	3186		254	15./5.			B 815	4	45
15./2.			LA 1512	50	204	16./5.	80	46,17	3714		125
17./2.			LA 8526	40	164	17./5.			AU 38130	10	115
18./2.			AL 1580	20	144	20./5.			LA 1680	50	65
20./2.			AZ 89 834	15	129	25./5.			LA 1800	20	45
23./2.			AU 37 514	20	109	31./5.			LA 1837	20	25
5./3.			LA 1595	40	69	1./6.	210	46,16	3801		235
10./3.			LA 8690	20	49	1./6.			AZ 96 280	10	225
15./3.	205	46,15	3541		254	10./6.			LA 1829	50	175
20./3.			B 518	2	252	15./6.			LA 1705	25	150
20./3.			LA 2015	40	212	17./6.			LA 1901	20	130
20./3.			LA 1599	10	202	20./6.			AU 39 210	30	100
23./3.			AZ 95 102	20	182	21./6.			B 920	12	88
28./3.			AI 265 107	20	162	23./6.			AB 24 242	20	68
2./4.			LA 2015	10	152	25./6.			B 1014	2	66
3./4.			LA 3118	40	112	30./6.			LA 1875	25	41
7./4.			LA 1601	40	72						
15./4.			B 620	8	64						
22./4.			AB 22 850	20	44						
1./5.	120	46,17	3714		164						
5./5.			AB 22 680	10	154						

Abb. 10. Lagernachweiskarte.

Jahr 1928/29		Ggst.											
Konto-Nr.		Stellringe										35 mm	
1228												DIN 705	
Karte Nr.													
6												Abm. Mod.	
Lagerstelle		Verfügbare Mindestmenge			Mindest-Bestellmenge		Liefertermin in Monaten				Zchg.	Norm-teil-Nr.	Type
6		50			200		1				Marke		Pl.-Nr.
Datum	Bestellt Menge	Liefer-Termin	Be-stimmung Eink.-Nr. Auftrag-Nr.	Vor-gemerkt Menge	Bereit-stel-lungs-Termin	Datum	Bestellt Menge	Liefer-Termin	Be-stimmung Eink.-Nr. Auftrag-Nr.	Vor-gemerkt Menge	Bereit-stel-lungs-Termin		
25./11.			LA 1210	30	16./12.	10./4.			LA 1680	50	5./5.		
28./11.			LA 8120	30	13./12.	12./4.			AI 290150	30	5./5.		
15./12.			AI 261890	10	15./1.	20./4.			LA 1705	25	20./5.		
18./12.			AB 21951	40	5./2.	20./4.	200	20./5.	3801				
20./12.			AI 285659	16	7./2.	25./4.			LA 1800	20	10./5.		
27./12.			LA 1819	50	10./2.	1./5.			AU 38130	10	15./5.		
10./1.			LA 1512	50	20./2.	10./5.			LA 1837	20	15./5.		
10./1.	200	10./2.	3186			13./5.			AZ 96280	10	20./5.		
10./1.			LA 8526	40	15./2.	17./5.			LA 1901	20	1./6.		
26./1.			LA 1580	20	20./2.	25./5.			LA 1829	50	2./6.		
2./2.			AZ 89834	15	23./2.	30./5.			AU 39210	30	15./6.		
10./2.			AU 37514	20	25./2.	31./5.			AB 24242	20	10./6.		
16./2.			LA 1595	40	10./3.	2./6.			LA 1875	25	20./6.		
20./2.			LA 8690	20	15./3.	11./6.			AZ 90115	30	1./7.		
20./2.	200	20./3.	3541			11./6.	200	11./7.	3958				
25./2.			LA 2015	10	20./3.	15./6.			LA 9128	100	25./6.		
2./3.			LA 1599	10	20./3.	20./6.			A 292850	70	15./7.		
10./3.			AZ 95102	20	25./3.	29./6.	200	29./7.	3965				
18./3.			AI 265107	20	25./3.	30./6.			LA 9518	40	25./7.		
20./3.			LA 3118	40	1./4.								
25./3.		Annull. 15./5.	AI 288536	30	10./4.								
30./3.			LA 1601	40	20./4.								
30./3.	80	10./5.	3714										
2./4.			AB 22850	20	2./5.								
6./4.			AB 22680	10	25./4.								

Abb. 11. Vormerkkarte.

karte weist aus diesen Erwägungen heraus keine Spalte auf für die jeweilige Eintragung der verfügbaren Menge.

Die Tätigkeiten bei der Lagerkontrolle sind vielgestaltig, und es ist namentlich in größeren Unternehmungen mit umfangreichem Lagerbetrieb erforderlich, daß die Arbeitsabwicklung so weit als möglich einheitlich und zwangsläufig gestaltet wird. Es handelt sich hierbei insbesondere um die Vorgänge bei der Materialausgabe, Vereinnahmung und Bestandsnachweisführung. Sehr oft trifft man innerhalb ein und desselben Unternehmens verschiedenartige Handhabungen für an sich ganz gleichartige Vorgänge an. So ist z. B. der Vorgang bei der Materialausgabe im Rohlager oft völlig abweichend von demjenigen der Ausgabe im Teilelager, und auch die Vordrucke für die Bestandskontrolle sind in Format und Anordnung der Eintragungen vielfach grundsätzlich verschieden, so daß es meist nicht möglich ist, daß bei Wechsel oder notwendigen Versetzungen sich das Personal sofort zurechtfindet. Dadurch wird eine Schwerfälligkeit der Kontrolle geschaffen, die zudem eine erhöhte Gefahr für Fehler in sich birgt.

In den Lagerstellen selbst fallen fast alle Tätigkeiten, die dem Personal obliegen unter den Begriff „Kontrolle“. Die in die Lager eingehenden Mengen müssen auf Übereinstimmung mit den Angaben in den Lieferpapieren geprüft werden. Auch auf die äußere Beschaffenheit der angelieferten Gegenstände — z. B. Bruch — muß das Personal achten. Die Qualitätsprüfung hingegen ist wieder Sache der Materialprüfung, und die maßliche Kontrolle wird meist von Werkstattkontrolleuren vorgenommen. Bei der Einlagerung der Gegenstände ist wieder darauf zu achten, daß jederzeit eine leichte Nachprüfung der Mengen möglich ist<sup>1</sup>. Und endlich wird bei der Ausgabe des Materials die abgegebene Menge genau gezählt oder gewogen, also geprüft, daß der Verbraucher nur diejenige Menge erhält, die er gemäß vorgewiesener Bezugsunterlage erhalten soll.

#### 4. Kontrolle der Vorratswirtschaft.

Der verwaltungstechnische Vorgang der Lagerkontrolle kann am besten erläutert werden im Zusammenhang mit den Maßnahmen, die im besonderen der Regelung der Vorratswirtschaft dienen.

Die Lagerkontrolle im engeren Sinne, d. h. die lückenlose schriftliche Aufzeichnung jedes Zuganges und Abganges und der Bestände, ferner die Erfassung des Bedarfs, der in Bestellung befindlichen und der sich daraus ergebenden sogenannten verfügbaren Mengen, endlich aber auch die Ermittlungen statistischer Natur, wie z. B. Verbrauchszahlen für die einzelnen Gegenstände, Lagerumschlag und dergleichen bedeuten

<sup>1</sup> Hierzu siehe Abschnitt 3, S. 88/89.

Kontrolle des „Ist“-Zustandes. Und diese Festhaltung ist eine der Aufgaben der Lagerkontrolle. Als zweiten und wichtigeren Zweck soll die Lagerkontrolle Sicherheit dafür bieten, daß Dispositionen, die sich durch den gesamten Betriebsablauf ergeben, rechtzeitig und in dem Ausmaß erfolgen, daß sie das angestrebte „Soll“ erreichen. Für unsere Betrachtung heißt das also Gewährleistung eines störungsfreien Betriebes unter Aufwand geringster Geldmittel.

Das ideale „Soll“ wäre also, immer den richtigen Lagerbestand zu haben, d. h. nie zuviel, aber auch nie zuwenig. Dieses Ziel sucht man in der Praxis mit verschiedenen Methoden zu erreichen, die teils rein empirischer Natur, aber auch oft Formeln auf mathematischer Grundlage sind. Bei der Gestaltung der Vorratswirtschaft sind eine ganze Reihe von Faktoren zu berücksichtigen, auf die in den vorhergehenden Ausführungen bereits hingewiesen worden ist und je mannigfaltiger die Lagerhaltungsgegenstände sind, desto größer wird die Fülle von Einzelheiten, die bei der gesamten Lagergebarung beachtet werden müssen.

Unerläßlich für die richtige Vorratsgebarung ist für jeden einzelnen Gegenstand zu wissen:

Was ist vorhanden?

Was wird gebraucht?

Was ist bereits in Bestellung?

Was ist verfügbar?

Welche Menge muß bestellt werden?

Wann muß bestellt werden?

Wie ist die Beschaffungszeit?

Wer liefert?

Wie ist der Verbrauch?

Welches ist die Mindestmenge, welche bestellt werden kann?

Der Verbrauch wird in der Regel durch eine besondere Statistikkarte erfaßt in der Form, wie sie Abb. 12 zeigt.

Erfahrungsgemäß erfolgt der Anstoß zur Vorratsergänzung in Form von Anträgen oder Anforderungen meist durch untergeordnete Verwaltungskräfte, oft auch sogar von den Materialausgebern in den Lagern, denen einfache Richtlinien gegeben werden. Es werden z. B. sogenannte Mindestbestände festgelegt, bei deren Erreichen ohne weiteres neue Vorräte aufgegeben werden. Bei der Bestimmung der aufzugebenden Mengen werden die vorhin erwähnten Faktoren entweder mehr oder weniger gefühlsmäßig berücksichtigt, oder die nachzuschiebenden Mengen sind von vornherein vorgeschrieben.

Dieses Verfahren ist äußerst einfach und gestattet mechanische Handhabung. Außer der Registrierung der tatsächlichen Zu- und Abgänge und der Bestände in den Lagern ist nur noch größere Sorgfalt auf die Beobachtung der Lieferzeiten für die einzelnen Gegenstände notwendig, damit die Mindestbestände in Abhängigkeit davon, jeweils herauf- oder heruntergesetzt werden können.

Bei einem anderen Verfahren wird der Schwerpunkt auf den durchschnittlichen Monatsverbrauch einer bestimmten Periode gelegt. Der Monatsumsatz multipliziert mit der Zahl der Monate, die der Lieferzeit

	Ggst.			
Konto-Nr.	<i>Stellringe</i>		<i>35 mm</i>	
<i>1228</i>			<i>DIN 705</i>	
			Abm.	Mod.
Lagerstelle			Zchg.	Norm- teil-Nr.
<i>6</i>			Marke	Pl.-Nr.

Verbrauch	1928	1929	19 .....	19.....	19.....	19.....	19.....	19.....	19.....	19.....
Jan.		215								
Febr.		251								
März		152								
April		118								
Mai		219								
Juni		194								
Juli	195	240								
Aug.	215									
Sept.	181									
Okt.	130									
Nov.	153									
Dez.	140									
Jahres- Verbrauch	1014									
Ø Monats- Verbrauch	169									

Bemerkungen:

---



---



---



---



---



---

Abb. 12. Lagerstatistikkarte.

entsprechen, zusätzlich einer bestimmten Reserve wird als Tiefstand bezeichnet, bei dessen Erreichen eine neue Vorratsorder beantragt werden muß, für deren Bemessung wieder die Lieferzeit mal durchschnittlicher Monatsumsatz in Frage kommt.

Diese Methode berücksichtigt ebenfalls lediglich die Vergangenheit und nimmt gar keine Rücksicht auf den künftigen Bedarf. Starr angewendet zeitigt sie namentlich bei absteigender Konjunktur eine unter Umständen recht langfristige Festlegung von Kapital, wogegen die Vorratshaltung bei steigender Konjunktur stets nachhinkt.

Entsprechend diesem Eindeckungsverfahren sind auch die Karteien oder Bücher für die Lagernachweisführung ausgestaltet. Die Regelung der Vorratswirtschaft wird gewöhnlich formelmäßig festgelegt. Der Schwerpunkt der Lagerkontrolle wird neben der laufenden Aufzeichnung der Lagerbewegung auf die statistische Festhaltung der Umsatzzahlen und auf die Beobachtung der Beschaffungszeiten für die Vorratsgegenstände gelegt. Diese Angaben sowie die Eindeckungs- und Tiefstandsformeln sind aus allen Lagernachweisen ersichtlich. Sie ermöglichen die Kontrolle des „Ist“-Zustandes und den Vergleich mit dem „Soll“.

Die sparsamste Lagerhaltung wird erzielt, wenn die Lagerverwaltung Bedarfswirtschaft treiben kann. Diese besteht darin, daß von einem Gegenstand nur soviel auf Lager gehalten wird, als zur Deckung des Bedarfes notwendig ist. Hierbei darf sich die Lagernachweisführung nicht nur auf die Aufzeichnung der Lagerbewegung und -bestände beschränken, sondern sie muß den Schwerpunkt auf die Verfolgung der in Bestellung begriffenen Mengen, auf die Festhaltung der Bedarfsmengen oder, wie diese häufig genannt werden, auf die Reservierungen und ferner auf die Kontrolle derjenigen Mengen legen, die nach Abzug des Bedarfes verfügbar sind. Die Erfassung des Bedarfes geschieht zweckmäßig mit einer besonderen Vormerkkarte (Beispiel Abb. 12), auf der auch die in Bestellung befindlichen Mengen eingetragen werden.

Die Vorräte werden ergänzt, wenn die verfügbare Menge auf ein festgelegtes Minimum gesunken ist und neue Reservierungen hinzukommen. Für die Anforderungen kann z. B. der in Abb. 13 gegebene Vordruck, der eine mehrmalige Verwendung gestattet, benutzt werden.

Der Nachschub wird also von selbst durch den Bedarf ausgelöst oder unterbleibt, wenn ein Bedarf nicht eintritt. Die buchstäbliche Anwendung des Verfahrens hätte aber zur Folge, daß sehr häufige und in der Regel meist kleine Neuaufgaben erforderlich wären, bei denen bedeutende Beschaffungsspesen und Verwaltungskosten entstehen, oder daß bei Gegenständen, die im eigenen Betrieb hergestellt werden, eine wirtschaftliche Anfertigung unmöglich wäre. Für den Nachschub müssen also zweckmäßig Mindestmengen festgelegt werden, die den Forderungen der wirtschaftlichen Fertigung, wie auch der günstigsten Beschaffung Rechnung tragen.

Will man bei der Lagerhaltung Bedarfswirtschaft treiben, die allein sparsamste Kapitalbeanspruchung gewährleistet, so kommt es vor allem

darauf an, den Bedarf so frühzeitig wie möglich zu erfahren, und daher ist die Zusammenarbeit der Lagerkontrolle mit den anderen Stellen

Lieferant	Lagerverwaltung ← Umlauf → Einkauf					
Firma						
Müller & Co., Bln.						
Abt.	Ggst.					
Lagerkonto	Stellringe					
	35 mm					
	DIN 705					
Wert f. 100 ME						
46.—						
				Abm.	Mod.	
zu liefern an Lager	Verfügbare Mindestmenge		Mindest-Bestellmenge	Lieferzeit in Monaten		
6	50		200	1		
				Marke		Pl.-Nr.

Liefervorschrift.

	Stand des Lagers					Anforderung				Bestellung		
	Be-stand	in Be-stellung	vor-gemerkt	Ver-füg-bar	Verbrauch in d. letzten 3 Monaten	Menge	verlang. Termin	Wert der Be-stellung	Unter-schrift d. Lager-verw.	Einkauf-Nr. Auftrag-Nr.	vom	Erl.
10./1.	212	—	166	46	423	200	10./2.	92.—	B.	3186	10./2.	R.
20./2.	129	—	80	49	508	200	20./3.	92.—	B.	3541	20./2.	R.
30./3.	162	—	120	42	618	200	30./4.	92.—	B.	3714	1./4.	R.
30./4.	64	200	240	24	618	200	20./5.	92.—	B.	3801	2./5.	R.
11./6.	175	—	130	45	489	200	11./7.	92.—	B.	3958	12./7.	R.
29./6.	66	200	225	41	506	200	29./7.	92.—	B.	3965	29./7.	R.

Abb. 13. Anforderungskarte für Lagerergänzung.

gemäß Abb. 3 so sehr wichtig. Es liegt auf der Hand, daß die Lagerkontrolle um so zuverlässiger disponieren und die Bereitstellung des Materials gewährleisten kann, je früher sie den Bedarf erfährt.

In der heutigen Zeit mit ihren rasch aufeinanderfolgenden Konjunkturschwankungen und Krisenerscheinungen kann eine Regelung der Lagerwirtschaft, die sich lediglich auf Vergangenheitswerte stützt und die nach Jahres-, Halbjahrs- oder Saisonverbrauch Vorräte auf Lager legt, schon allein wegen der erheblichen Verlustgefahr nicht mehr befriedigen. Zudem kommt, daß die Bedeutung des flüssigen Geldes als Machtfaktor in jüngster Zeit zunahm und aller Voraussicht nach in der Zukunft noch mehr hervortreten wird. Diese schwerwiegenden Tatsachen haben zweifellos die Bestrebungen nach Rationalisierung, nicht zuletzt mit dem Ziel Lagerverminderung, in Fluß gebracht und werden mehr und mehr dazu zwingen, die Lagerhaltung möglichst den täglichen Bedürfnissen anzupassen.

Die Vorteile dieser Methode sind naheliegend, denn sie ermöglicht erhöhten Lagerumschlag und dadurch Freimachen von Betriebskapital, also erhöhten Gewinn. Gleichzeitig gestattet sie aber auch leichtere Anpassung der Lagerhaltung bei notwendigen Modell- und Teiländerungen, Ersparnis an Raum und damit Verringerung der Kosten des Lagerbetriebes. Und nicht zuletzt wird dadurch die Lagerkontrolle wesentlich erleichtert.

Die Abb. 14 und 15 zeigen, wie verschieden die Auswirkungen sind bei der Lagerwirtschaft lediglich auf Grund des Verbrauches und bei der reinen Bedarfswirtschaft. Beiden graphischen Darstellungen liegen als Zahlen die Eintragungen auf den Abb. 10 und 11 zugrunde. Die senkrechten Strecken bedeuten die jeweilige Bestellmenge (200 Stück) und diese sind an den Zeitpunkten aufgetragen, an denen die Nachschübe erfolgen mußten.

In Abb. 14 bedeutet  $T$  der Tiefstand, bei dessen Erreichen ein Nachschub erfolgen muß. Der Tiefstand wird bestimmt durch die Lieferzeit in Monaten für den betreffenden Gegenstand ( $L$ ), multipliziert mit dem Monatsverbrauch ( $U$ ), wobei  $U$  der Durchschnitt aus den letzten drei Monaten ist. Zu  $L \times U$  wird noch ein Viertel des Umsatzes als Sicherheit zugeschlagen, so daß also der Tiefstand  $(L + \frac{1}{4}) \cdot U$  ist. Die Lieferzeit ( $L$ ) ist ein Monat und die Eindeckung ( $E$ ) muß demnach  $L \times U$  betragen, wobei festgelegt ist, daß diese Aufgabenmenge mindestens 200 Stück betragen soll.

In Abb. 15 ist entsprechend dem Tiefstand von Abb. 14 angenommen, daß bei Unterschreiten der verfügbaren Mindestmenge ( $T'$ ), welche sich aus dem Bestand, zuzüglich der in Bestellung befindlichen und abzüglich der vorgemerkten Menge ergibt, eine neue Bestellung aufgegeben werden muß. Für  $T'$  werden 50 Stück angenommen (entspricht ungefähr der Sicherheit von  $\frac{1}{4} U$  in Abb. 14), die Lieferzeit ist ein Monat und die wirtschaftliche Mindestbestellmenge ebenfalls 200 Stück.

Bei der Lagerwirtschaft, die sich lediglich nach dem Verbrauch der

einzelnen Vorratsgegenstände richtet, müssen also im vorliegenden Beispiel (Abb. 14) während der beobachteten Zeit zehnmal Neubestel-

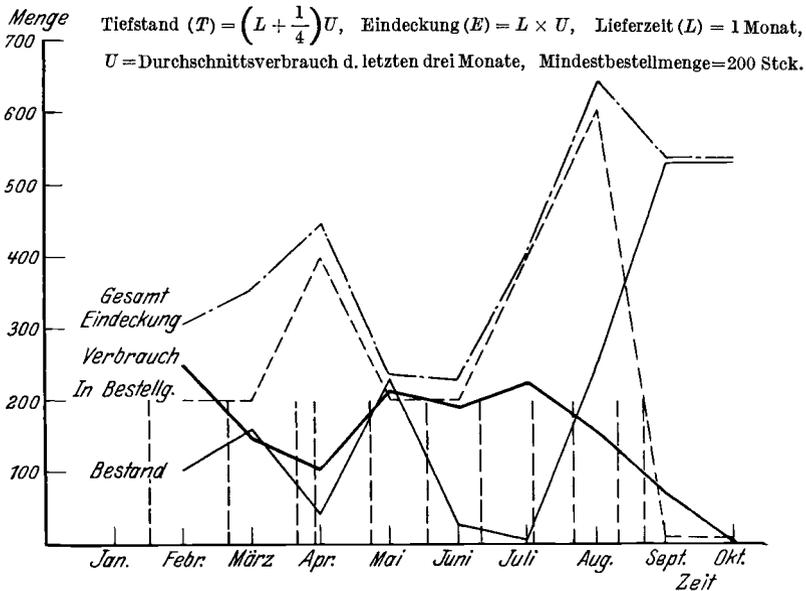


Abb. 14. Lagerhaltung und Nachschub auf Grund des Verbrauchs und bei Erreichen eines festgelegten Tiefstandes.

lungen erfolgen, während bei der Bedarfswirtschaft unter sonst gleichen Verhältnissen (Abb. 15) nur sieben Bestellungen aufgegeben werden müssen.

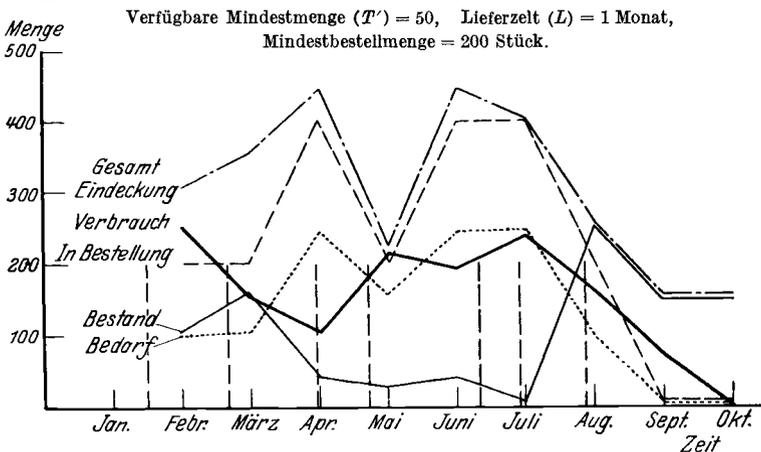


Abb. 15. Lagerhaltung und Nachschub auf Grund des durch Vormerkungen erfaßten Bedarfs.

Abb. 14 zeigt auch wie unvollkommen sich die Lagerhaltung der Konjunktur anpaßt. Obwohl im Juli und August der Verbrauch sehr stark zurückgeht, bleibt der Durchschnittsumsatz zufolge des Einflusses

der Zahlen früherer Monate noch hoch und die Lagerverwaltung muß Neubestellungen veranlassen. Im April und Mai hingegen, wo gegenüber früheren Monaten die Entnahmemengen steigen, rechnet sie mit zu niedrigem Durchschnittsverbrauch und gibt daher Bestellungen zu spät auf. Sinkt der Verbrauch auf Null, so bleibt die Lagerverwaltung auf einem hohen Bestand sitzen, denn es dürfte auch selten möglich sein, aufgegebenen Bestellungen noch rechtzeitig zu annullieren.

Aus Abb. 15 ist dagegen deutlich zu ersehen, daß die Lagerhaltung und vor allem die Nachschübe sich automatisch dem Bedarf anpassen. Daß selbst bei dem Verfahren der Bedarfswirtschaft in dem gewählten Beispiel zeitweise eine verhältnismäßig hohe Eindeckung vorliegt, hat seinen Grund darin, daß als wirtschaftliche Menge 200 Stück aufgegeben werden müssen, also eine verhältnismäßig hohe Stückzahl. Diese Bestellmenge muß ebenfalls angepaßt werden, und das Hilfsmittel hierzu ist das bereits besprochene und in Abb. 6 wiedergegebene „Diagramm zur Bestimmung der wirtschaftlichen Losgrößen“. Immerhin kann selbst bei vollständigem Absacken des Verbrauches nur ein geringer Bestand bleiben, weil die Lagerverwaltung durch die Bedarfsvermerkmale in die Lage versetzt ist, ihre Dispositionen sicher zu treffen, wogegen sie bei dem anderen Verfahren so gut wie keine Anhaltspunkte hat.

## **5. Zweckmäßige Lagereinrichtungen, Abstell- und Stapelordnung zur Erleichterung der Lagerkontrolle.**

Die in den bisherigen Abschnitten behandelten Gesichtspunkte zeigen die Methoden und die Mittel für den verwaltungsmäßigen Vorgang der Lagerkontrolle. Auch im eigentlichen Lagerbetrieb sind aber Kontrollen unerlässlich, und es genügt nicht, daß nur die Aufschreibung der Lagerbewegung und der Lagerbestände an Hand der Belege stattfindet. Die verwaltungsmäßige Bestandskontrolle oder die Lagernachweissführung stellt das „Soll“ dar, das „Ist“ sind die vorhandenen Bestände in den Lagern. Beide müssen miteinander übereinstimmen.

Um diese Kontrolle leicht vornehmen zu können, ist die ordentliche Aufbewahrung der Waren in den Lagern notwendig. Zweckmäßige Lagereinrichtungen, aber auch praktisches Stapeln und Abstellen der Vorräte sollen jederzeit die nötige Übersicht gewährleisten und die Kontrolle der Bestände erleichtern.

Schon bei der räumlichen Einrichtung der Lager ist auf zweckmäßige Gliederung zu achten. Die Lagerregale sollen offen sein und Schubkästen sind zu vermeiden, denn sie erschweren die Übersicht über den Inhalt und die Nachkontrolle der Bestände. Für die Aufbewahrung namentlich solcher Waren, die durch Stoß oder, wenn sie aufeinander gestapelt sind, leicht beschädigt werden können, sollen Behälter mit

Einsatzbrettern verwendet werden, bei denen die Gegenstände je nach ihrer Form aufgesteckt oder eingelegt werden können<sup>1</sup>. Gleichzeitig wird die Nachprüfung der Mengen dadurch erleichtert, daß eine volle Lage immer einer bestimmten Anzahl von Gegenständen entspricht.

In erster Linie muß für alle vorkommenden Kategorien von Aufbewahrungsgegenständen, gleichviel ob es sich um Stangenmaterial, Bandmaterial, Drähte in Ringen oder auf Spulen, Bleche, Platten oder Stückwaren usw. handelt, vorgeschrieben werden, in welcher Weise diese zu ordnen und abzustellen sind. Abb. 16 ist ein Beispiel für die tabellarische Form einer Lager- und Stapelordnung.

Bei der Aufstellung der Lagerordnung sind die im einzelnen Unternehmen vorliegenden Verhältnisse eingehend zu berücksichtigen, und besonders muß man sich dabei den im innerwerklichen Verkehr eingeführten Bezeichnungen der Gegenstände und den gebräuchlichen Symbolen völlig anpassen, denn das Lagerwesen eines Betriebes, also auch die Lagerordnung, sind ja zweifellos nicht zum Selbstzweck da, sondern Bestandteile der Gesamtorganisation, die ihre Aufgaben nur dann vollkommen erfüllen können, wenn sie in ihren Wechselwirkungen zweckmäßig aufeinander abgestimmt sind.

Ob das eine oder andere Merkmal für die Anordnung der Gegenstände gewählt wird, ist an sich weniger von Bedeutung, als die unbedingt schärfste Einhaltung der einmal gegebenen Vorschriften, denn der Nutzen dieser Maßnahme liegt letzten Endes auch darin, daß die Anordnung der Gegenstände dem persönlichen Gutdünken des untergeordneten Lagerpersonals entzogen wird und jedermann sich ohne langes Einarbeiten zurechtfindet.

In allen Lagern muß auch für das Belegen der Regale eine einheitliche Vorschrift gegeben werden. Hierfür wird beispielsweise angeordnet, daß die Fächer eines Regals stets von links nach rechts mit der obersten Reihe angefangen belegt werden, so wie man ein Blatt Papier mit den einzelnen Zeilen beschreibt. Fach 1 befindet sich also in der obersten Reihe links. Das letzte Fach ist dasjenige in der untersten Reihe rechts. Sind mehrere Regale ohne Zwischenraum aneinandergestellt, so wird bei der Fachnumerierung so verfahren, wie wenn es sich nur um ein Regal handelte.

In den Lagern ist außer der Abstellordnung das Stapeln der Vorräte und Abstellgüter von großer Wichtigkeit. Hierfür sollen im folgenden Richtlinien gegeben werden, die sich allgemein in Fabriklagern der Metallindustrie durchführen lassen.

Als Grundsatz gilt, sämtliche Materialien so übersichtlich zu stapeln, daß die einzelnen Bestände oder Teilmengen davon mit Leichtigkeit ermittelt werden können, ohne daß es notwendig ist, das Material samt

---

<sup>1</sup> Beispiele hierzu siehe auch in Abschnitt 3, S. 88 bis 90.

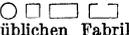
<b>Anordnung und Stapelung der hauptsächlich vorkommenden Kategorien von Aufbewahrungsgegenständen</b>			
Gegenstand	Abstellordnung		Stapelung
	nach (Hauptgruppe)	innerhalb der Hauptgruppe	
<b>Rohguß</b> (Umsatz nach Stück u. Gewicht)	<b>Materialart</b> (Eisenguß, Metall- guß)	grundsätzlich nach <b>Mod.-Nr.</b> (Wenn mehrere Konstr.-B. getrennt nume- rieren, nach Kenn- buchstaben d. Kon- str.-B. u. innerhalb dies. nach Mod.-Nr.)	<b>Kleine Gußteile</b> in den Regal- fächern mit regelmäßiger Lagenbildung stapeln. <b>Sperrige Gußstücke</b> außerhalb der Regalfächer als freie regel- mäßige Stapel aufführen. (Siehe Abb. 22.)
<b>Stangenmaterial</b>  in üblichen Fabrika- tionslängen. (Um- satz nach Ge- wicht.)	<b>Materialart</b> (z. B. Eisen, Stahl, Messing, Kupfer)	nach <b>Abmessungen</b> bzw. Profil-Num- mern, evtl. nach Qualitäten.	<b>Kleine <math>\varnothing</math></b> in Bündeln von je einer vorgeschriebenen Anzahl Stangen, mit Gewichtsangabe jedes Bündels a. einem Etikett. <b>Mittlere <math>\varnothing</math></b> in Lagen mit Ge- wichtsangabe jeder Lage auf dazwischen gelegten Blech- streifen. (Siehe Abb. 17) Bei <b>großen <math>\varnothing</math></b> aufschlagen des jeweiligen Stangengewichts auf der Stirnseite (siehe Abb. 18), Lagerung ohne weitere Unter- teilung.
<b>Bandmaterial, Drähte</b> in Ringen oder auf Spulen. (Umsatz nach Gewicht.)	<b>Materialart</b> (z. B. Eisen, Stahl, Messing, Kupfer, Widerstands- material)	nach <b>Abmessungen.</b> Bei isolierten Drähten außerdem nach Isolationsart.	<b>In Ringen:</b> Jeden Ring mit An- hänger versehen, der das Netto- gewicht angibt. Je 5 oder 10 Ringe zu Stapeln vereinigen und deren Gesamtgewichte auf besonderem Anhänger angeben. (Abb. 19) <b>Auf Spulen:</b> Jede Spule mit An- hänger versehen, der das Netto- gewicht angibt. Die Spulen im Regalfach in Lagen stapeln, mit Gesamtgewichtsangabe je- der Lage auf besonderem An- hänger. (Abb. 20)
<b>Bleche, Platten- Material</b> in Tafeln oder Streifen. (Umsatz nach Gewicht.)	<b>Materialart</b>	nach <b>Abmessungen</b>	<b>In Stapeln</b> unterteilt von 50 zu 50 oder 100 zu 100 Tafeln durch vorstehende Etiketten, welche das Gewicht der abgeteilten Mengen angeben. (Abb. 21)
<b>Keramische Er- zeugnisse</b> (Umsatz n. Stück.)	<b>Zeichnungs- u. Teil- Nr. bzw. Normbe- zeichnungen</b>		<b>Kleine Massenteile in Papiertüten paketieren.</b> Pakete in regel- mäßigen Lagen stapeln. (Siehe Abb. 23) <b>Gegenstände mittlerer Größe in regelmäßigen Lagen</b> in den Regalfächern stapeln. <b>Größere und vor allem sperrige Gegenstände außerhalb der Regale frei, aber in regelmäßi- gen Stapeln</b> aufführen. (Abb. 22)
<b>Betriebsmaterialien (Unkostenmaterial)</b> (Umsatz n. Stück.)	<b>Artikel</b> (alphabet.)	nach <b>Abmessungen</b>	
<b>Fassonteile</b> (Schrüb., Muttern, Scheiben, usw.) (Umsatz n. Stück.)	<b>Artikel</b>	nach <b>Abmessungen</b> bzw. <b>Normbe- zeichnungen</b>	
<b>Fertige Vorratsteile</b> (Umsatz n. Stück.)	<b>Zeichnungs- u. Teil- Nr. evtl. nach den vom Werksnormen- büro festgelegten Lager-Nrn.</b>		
<b>Fertige Fabrikate</b> (Umsatz n. Stück.)	<b>Artikel</b> bzw. <b>Typen- bzw. Preislisten- Nrn.</b>		
<b>Abfälle n. Gewicht)</b>	<b>Materialart</b>	Bröckelmetall, Bleche, Späne	Paketieren der Blechabfälle emp- fehlenswert.
<b>Im Fertigungsgang befindliche Werk- stücke in den Zwischenlagern</b>	<b>Auftrags-Nrn. bzw. Auftrags-Sym- bolen</b>	<b>n. Stücklisten- oder Arbeits-Nrn.</b>	Die einzelnen Gegenstände in den Transportbehältern selbst sorgfältig stapeln.

Abb. 16. Lager- und Stapelordnung.

und sondern in die Hand zu nehmen, also nachzuwiegen, nachzumessen oder nachzuzählen. Hierfür einige Beispiele.

Stangenmaterial, das nach Gewicht umgesetzt wird, stapelt man am besten in der Weise, daß in den Regalfächern Lagen gebildet werden. In Abständen von einer, zwei oder mehreren Lagen werden vorstehende

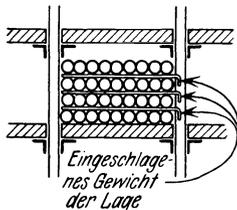


Abb. 17. Stapelung von Stangenmaterial mittleren Durchmessers.

Blechstreifen eingelegt, auf welchen die Gewichte der abgeteilten Mengen aufzuschlagen sind (s. Abb. 17). Über dem letzten Blechstreifen wird der Rest des Materials ohne nähere Bezeichnung des Gewichtes gelegt. Diese Stapelung wird sogleich bei der Vereinnahmung des Materials vorgenommen, wobei Reste von noch vorhandenem Material über bereits abgeteilten Mengen vorerst aus dem Fach entfernt und

dann mit der Lagenbildung weiter gefahren wird, bis wieder ein Rest über dem obersten Blechstreifen ohne nähere Bezeichnung des Gewichtes übrigbleibt.

Für Stangenmaterial von ganz kleinem Durchmesser eignet sich auch das Bündeln. Jeder Bund wird mit einem Etikett versehen, das das Gewicht angibt. Die Zahl der Stangen pro Bund muß für ein und dasselbe Material stets gleich groß sein, um die Vollständigkeit jedes Bundes leicht prüfen zu können. Die Gewichte werden wegen der verschiedenen Längen der Stangen erfahrungsgemäß verschieden ausfallen. Die Bunde selbst können in den Regalfächern wieder nach Lagen mit Gewichtsangabe auf dazwischen gelegten Blechstreifen gestapelt werden.

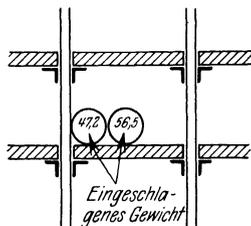


Abb. 18. Stapelung von Stangenmaterial größeren Durchmessers.

Handelt es sich um Stangenmaterial (rund oder sonstiges Profil) von größerem Querschnitt, so ist es sogar vorteilhaft, auf der Stirnseite jeder Stange deren Gewicht aufzuschlagen (s. Abb. 18). Diese Maßnahme erleichtert sehr erheblich die Ausgabe, weil beim Bezug nicht gewogen, sondern das Gewicht einfach auf die Materialbezugsunterlage abnotiert zu werden braucht. Kommt solches Stangenmaterial von der Werkstatt zurück, so muß es ohnehin bei

der Einreihung gewogen werden. Dabei wird das Gewicht wieder auf die Stirnseite der Stangen aufgeschlagen und das Material in die Regalfächer eingereiht.

Bei Material in Ringen, das nach Gewicht umgesetzt wird, versieht man bereits bei der Vereinnahmung jeden Ring mit einem Anhänger, auf dem das Gewicht eingetragen wird. Bei größeren Posten können die Ringe selbst wieder zu Stapeln gebildet werden, in dem z. B. zehn Ringe aufeinander gelegt und diese durch einen, durch alle zehn Ringe durch-

gezogenen Bindfaden oder Draht kenntlich gemacht werden. An den Draht wird ebenfalls eine Etikette gehängt, die das Gesamtgewicht der zehn zusammengefaßten Ringe angibt (s. Abb. 19).

Bei Spulen wird in gleicher Weise verfahren. An jede Spule wird ein Etikett gebunden, das das Nettogewicht der Spule enthält. Die Tara wird auf der Spule selbst aufgeschlagen. Die Spulen werden im Regalfach in regelmäßigen Lagen abgestellt und für jede Lage das Gesamtnettogewicht auf einem besonderen Anhänger vermerkt (s. Abb. 20).

Blechstapel sind z. B. von 50 zu 50 oder 100 zu 100 Tafeln durch eingelegte, vorstehende Etiketts zu unterteilen, auf denen das Gewicht der betreffenden abgeteilten Mengen angegeben ist, so daß man bei einer Be-

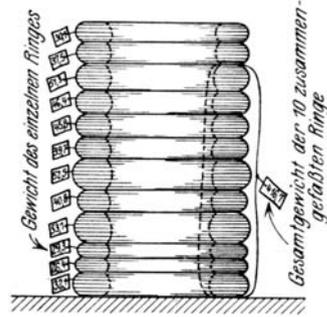


Abb. 19. Stapelung von Material in Ringen.

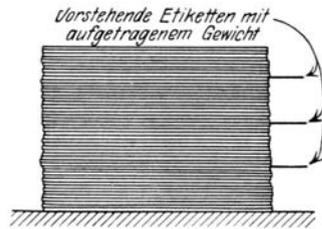
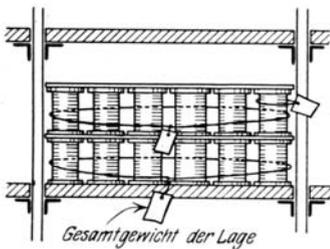


Abb. 20. Stapelung von Material auf Spulen. Abb. 21. Stapelung von Blechen und Plattenmaterial.

standaufnahme nur das Gewicht der obersten angebrauchten Lage zu ermitteln und die Gewichte der übrigen Lagen einfach abzulesen braucht (s. Abb. 21).

Ganz erhebliche Vorteile bietet die übersichtliche Stapelung solcher Gegenstände, die nach Stück umgesetzt werden, und zwar von den sperrigen Gegenständen bis zu den kleinsten Massenteilen. Bei größeren, frei oder in Regalen lagernden Gegenständen sollen ebenfalls regelmäßige Stapel gebildet werden, bei denen jede Lage genau die gleiche Stückzahl aufweist (s. Abb. 22).

Kleine Massenteile, namentlich Schrauben, Muttern usw. müssen unbedingt in Papierdüten pakettiert werden, wobei darauf zu halten ist, daß für ein und denselben Gegenstand stets gleich große Pakete vorgeschrieben

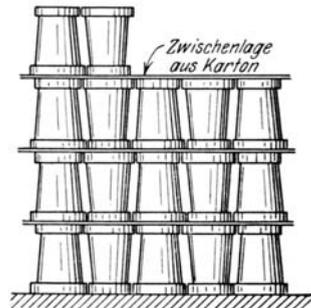


Abb. 22. Stapelung von größeren Stückwaren.

werden, die selbst wieder ein regelmäßiges Stapeln durch Lagenbildung in den Regalfächern ermöglichen (s. Abb. 23). Die Größe der Pakete

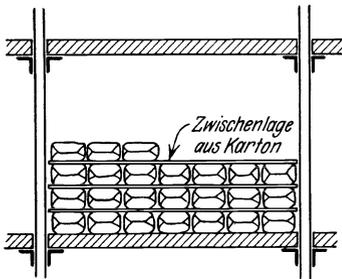


Abb. 23. Stapelung von paketierten Massenteilen.

hängt von dem jeweiligen Bedürfnis ab. Im allgemeinen hat das Paketieren jedoch nur Zweck, wenn man pro Paket nicht zu große Stückzahlen vorsieht, sonst muß bei der Materialausgabe doch wieder viel Zählerarbeit geleistet werden.

Es ist vorteilhaft, die Stapelvorschrift für den einzelnen Gegenstand jeweils auf dem Aufschriftsschild des betreffenden Regalfaches zu vermerken, so daß dieses für die Lagerarbeiter,

die die Ware zu versorgen haben, sogleich als Anweisung dient. Auch bei freilagernder Ware soll immer ein Etikett an dem Stapel angebracht sein, auf dem die Angaben für die Stapelung enthalten sind.

Beim Stapeln von paketierten oder frei in Regalfächern aufzubewahrenden Teilen, wie auch von Gegenständen, die wegen ihrer sperrigen Form nicht in Regalen untergebracht werden können, sollen die einzelnen Lagen durch Kartons, Latten, bei schweren Gegenständen durch Bretter oder Bohlen abgeteilt werden, um das Einstürzen der Stapel zu verhindern, aber auch um die Gegenstände selbst vor Beschädigung durch Druck besser zu schützen. Ganz besonders bei paketierten Gegenständen wird durch die Zwischenlagen verhütet, daß Pakete der unteren Lagen aufplatzen.

Am häufigsten werden in den Lagern für solche Zwecke Kartons verwendet und diese sollten in reichlicher Menge zur Verfügung gestellt werden. Die Kosten hierfür sind gering, da auch Abfälle verwendet werden können. Die erfahrungsgemäß verschiedenen großen Flächen der Regalfächer und frei aufgestellten Stapel würden aber einen Vorrat von Kartons in mehreren verschiedenen Flächenabmessungen notwendig

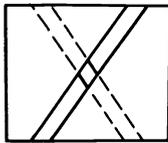


Abb. 24. Zwischenlage für die Unterteilung von Warenstapeln.

machen. Um dies zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Kartons nicht rechteckig oder quadratisch, sondern beispielsweise, wie Abb. 24 zeigt, zuzuschneiden. Dadurch wird man meist mit einer Größe auskommen, da sich je zwei solcher Kartons innerhalb gewisser Grenzen zu einem Rechteck zu beliebiger Größe zusammensetzen lassen. Ihren Zweck erfüllen derart gebildete Zwischenlagen trotzdem, wenn sie abwechselnd so gelegt werden, daß die Diagonalen sich kreuzen.

Eine sorgfältig durchgeführte Abstell- und Stapelordnung in Fabriklagern bringt nicht nur für die Lagerverwaltung selbst, sondern auch für die mit derselben im Verkehr stehenden Werkstattabteilungen be-

deutende Vorteile. Diese machen sich in erster Linie bei der schnelleren Abwicklung der Materialausgabe bemerkbar, indem die Wartezeiten erheblich herabgemindert werden. Namentlich in Lagern, in denen Massenteile aufbewahrt werden, ist die Zählerarbeit bei der Materialbereitstellung oder -ausgabe besonders zeitraubend, wenn die Gegenstände einfach nur in die Regalfächer oder Schubkästen geschüttet sind.

Ferner dürfte einleuchten, daß durch die Abstell- und Stapelordnung in den Lagern selbst eine bessere Übersicht erzielt wird und jederzeit schnellstens eine Nachprüfung der vorhandenen Bestände möglich ist, selbst wenn es sich um ganz große Mengen handelt. Dadurch wird auch die Inventuraufnahme bedeutend erleichtert und erfordert keine kostspieligen Vorbereitungen mehr, wie sie bei mangelhafter Ordnung in den Lagern oft monatelang vorher notwendig sind.

Endlich können durch Einführung einer straffen Lager- und Stapelordnung namentlich in Vorratslagern die Fachkarteien entbehrte werden, und es ist vor allem auch möglich, daß bei Wechsel oder Versetzung sich das Personal sofort zurechtfindet. Besonders in größeren Werken mit umfangreichem Lagerbetrieb kommt es häufig vor, daß in einzelnen Lagern, z. B. wenn waggonweise Porzellan, große Sendungen Guß, Blech oder Stangenmaterial eingehen, vorübergehend Arbeitskräfte zur Aushilfe benötigt werden, die ohne weiteres aus anderen Lagern, in denen der Betrieb momentan weniger lebhaft ist, entnommen und an den in Frage kommenden Stellen sofort vollwertig eingesetzt werden können. Diese Möglichkeit ist zweifellos nur bei einer planmäßig durchgeführten Lager- und Stapelordnung gegeben, und es können im Lagerwesen überhaupt allgemein dadurch Ersparnisse erzielt werden, daß das Personal nicht an allen Stellen für eine Höchstbelastung bemessen zu werden braucht.

Es empfiehlt sich, die Lager- und Stapelvorschriften als Tafeln mit erläuternden Beispielen in allen Lagern auszuhängen. Sie sind die denkbar einfachsten und gar nicht kostspieligen Organisationsmaßnahmen, die sich auch bewähren, wenn die Einrichtungen und räumlichen Verhältnisse in den Lagern nicht immer einwandfrei sind.

# Mengenkontrolle im Materialfluß.

Von Dipl.-Ing. H. Gräßler †.

## 1. Aufgabenbereich.

Nach dem Verwendungszweck unterscheidet die Betriebswissenschaft zwischen Aufbau- und Hilfsstoffen. Die Aufbaustoffe nehmen am Aufbau des Enderzeugnisses teil, die Hilfsstoffe dagegen dienen dem Ablauf eines betrieblichen Vorganges<sup>1</sup>. Während somit bei den Aufbaustoffen darauf zu achten ist, daß die ursprünglich in den Betrieb gegebene Menge diesen am Schluß möglichst ungemindert verläßt, sind die Hilfsstoffe darauf zu überwachen, daß sie möglichst sparsam verwandt werden. Diese Aufgabe löst die Mengenkontrolle, indem sie auf der einen Seite den Verbleib jeder einzelnen Stoffmenge erfaßt und auf der anderen Seite den tatsächlichen Verbrauch — die Ist-Menge — mit dem Bedarf — der Soll-Menge — vergleicht, der auf Grund besonderer Untersuchungen und Überlegungen als anzustrebender Grenzwert im voraus festgelegt wurde.

Im Rahmen der Fertigung kann die Mengenkontrolle dabei eine zweifache Stellung einnehmen: sie kann Selbstzweck oder Mittel zum Zweck sein. Im ersten Falle bildet sie einen selbständigen, durch die Herstelltechnik oder Stoffeigenschaften bedingten Arbeitsgang. So ist es beispielsweise notwendig, vor einem Mischvorgang die einzelnen Rohstoffe zu dosieren, um den Mischstoff mit den geforderten Eigenschaften zu erhalten. Ebenso müssen Schüttgüter in Einzelmengen abgemessen werden, wenn sie in Behältern mit vorgeschriebenem Inhalt verkauft werden sollen. Grundsätzlich die gleiche Stellung bekleidet die Mengenkontrolle vielfach im Zusammenbau: Kugellager sollen eine bestimmte Zahl von Kugeln haben, Spulen die errechnete Drahtmenge, Kollektoren eine feste Lamellenzahl.

In dem obengenannten zweiten Fall liefert die Mengenkontrolle die Unterlagen für andere Betriebsaufgaben. Sie zeigt hier die Ausnutzung der Werkstoffe, sie ermöglicht die Bestimmung von Arbeitsleistungen, und sie gehört zu den Voraussetzungen einer einwandfreien Selbstkostenrechnung.

---

<sup>1</sup> Vgl. Abschnitt 1, S. 6.

So sichert die Mengenkontrolle die Güte der Erzeugnisse, schützt vor Wertverschleuderung durch Unachtsamkeit, Diebstahl, widerrechtliche Vernichtung usw. und schafft gerechte Abrechnungsgrundlagen. Sie erfüllt also mannigfache Aufgaben, deren Bedeutung von Anwendungsfall zu Anwendungsfall naturgemäß wechselt. Wesentlich aber bleiben stets die Festlegung der Kontrollergebnisse in einer Form, die auch in späterer Zeit ein Zurückgreifen auf das Vergangene ermöglicht, und die Auswertung der Kontrollergebnisse zur steten Vervollkommnung von Arbeitsverfahren und Einrichtung.

## 2. Festlegung des Solls.

Entscheidend für die Gestaltung der Mengenkontrolle ist die Form des den einzelnen Betrieb verlassenden Erzeugnisses. Nach diesem Gesichtspunkt lassen sich die industriellen Betriebe in drei große Gruppen einteilen. In der ersten Gruppe hat der hergestellte Gegenstand Stückform, in der zweiten verläßt er den Betrieb ohne feste Gestalt. Dazwischen stehen die Erzeugnisse, bei denen eine Dimension, die Länge, besonders hervortritt und die im folgenden kurz als „strangförmig“ bezeichnet seien. Zur ersten Gruppe gehören z. B. die Maschinenfabriken, zur zweiten die Mühlenbetriebe, zur dritten die Walz- und Kabelwerke. Dieser grundlegende Unterschied in der Form des Fertigerzeugnisses wirkt sich auf die Mengenkontrolle im mehrfachen Hinsicht aus. Einmal beeinflußt er ihre Durchführung bei der Erfassung der Mengen, hierauf werden wir später noch zu sprechen kommen. Zum andern ist er für die Beantwortung der Frage nach dem Mengensoll wesentlich, da er auch in den Mitteln der technischen Arbeitsvorbereitung zum Ausdruck kommt. Unter den heutigen Verhältnissen kann die Mengenkontrolle bei der ersten Gruppe bereits weitgehend auf den technischen Arbeitsunterlagen (Stückliste usw.) aufbauen, während sie in den Betrieben der zweiten und dritten Gruppe sich den Soll-Nachweis des Mengenbedarfes erst selbst schaffen muß.

Vom Standpunkt der Mengenkontrolle ist somit für die erste Betriebsgruppe zu fordern, daß Zeichnungen und Stückliste jedes Fertigerzeugnisses genau nachweisen und darüber hinaus angeben, wie oft jedes Teil am Enderzeugnis vorkommt, und welche Stoffmenge in dieser Stückzahl enthalten ist. Auf Grund dieser Angaben kann dann ohne Schwierigkeiten der Mengenbedarf für eine bestimmte Auftragsstückzahl errechnet werden, wobei natürlich entsprechende Zuschläge für Fehlerarbeit, nicht mehr verwertbare Mengenreste usw. zu machen sind. Auf diese Weise erhält man das praktische Soll, das man vielfach in besonderen Stoffmengenlisten („Halbzeug- und Werkstofflisten“) festlegt, während als das ideale Soll die Stoffmenge angesehen werden kann, die in den Fertigerzeugnissen selbst enthalten ist, wenn deren Ab-

messungen so gehalten sind, daß sie die Funktion des betreffenden Gegenstandes gerade einwandfrei gewährleisten. Ein Blick auf die Herstellung der „schwarzen“ Schrauben zeigt, wie sehr die spanlose Formung sich diesem Grenzwert nähert<sup>1</sup>.

Infolge der Unvollkommenheit der Menschen, der Einrichtung und der Stoffe selbst verringern sich in den meisten Fällen die Anliefermengen während ihres Laufes durch den Betrieb. Daher darf die Mengenkontrolle sich nicht damit begnügen, die Anliefermenge sicherzustellen, sondern sie muß sie auch weiterhin auf ihrem Wege durch den Betrieb verfolgen. Sofern die Fertigung eines Erzeugnisses nicht mit großen Beständen im Fertiglager arbeitet, ist somit eine wichtige Kontrollmaßnahme, dafür zu sorgen, daß bei einer Unterschreitung der zu versendenden Menge infolge zu großer Abgänge an einem Fertigungsauftrag die verantwortliche Stelle sofort benachrichtigt wird, damit sie rechtzeitig das Notwendige veranlassen kann.

In manchen Industriezweigen (z. B. Gießereien, Schamottefabriken) ist es üblich, dieser Gefährdung der Auftragsauslieferung dadurch vorzubeugen, daß an Stelle der beispielsweise bestellten 6 Formstücke „auf alle Fälle“ 8 Stück angefertigt werden. Dann muß der Betrieb natürlich wissen, daß er nicht ein neues Stück herzustellen braucht, wenn 1 Stück Ausschuß wurde. Eine große Erleichterung ist es für den Erzeuger, wenn ihm der Besteller von Anfang an mitteilt, ob er unbedingt 6 Stück haben muß oder ob ihm im Zweifelsfalle schon 5 Stück genügen.

In der Regel sind die eben angedeuteten Aufgaben in den Betrieben mit Stückfertigung verhältnismäßig einfach zu lösen, da hier die Stückzahl den natürlichen Mengenmaßstab liefert. Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Mengenverfolgung gewöhnlich in den Betrieben der zweiten und dritten Gruppe, insbesondere bei der zweiten Gruppe, bei der also das Erzeugnis eine nicht fest geformte Masse ist. Hier sind der Bezugszustand und das Vergleichsmaß der Mengenkontrolle nicht von vornherein gegeben, infolgedessen müssen beide erst, nötigenfalls für die einzelnen Fertigungsabschnitte verschieden, festgelegt werden. Sie können beispielsweise gleichzeitig mit dem praktischen Soll des Mengenverbleibs in einem Mengendurchsatzplan (Abb.1) festgehalten werden.

In dem Beispiel des Bildes ist an ein keramisches Werk gedacht. Die Fertigung zerfällt hier in folgende Hauptabschnitte: Aufbereiten und Dosieren der Rohstoffe, Mischen, Formen, Härten und schließlich Abliefern der Fertigerzeugnisse in das Lager. Ein solches Werk besteht also nach der auf S. 79 festgelegten Unterscheidung aus Betrieben der zweiten und ersten Gruppe. Die Mengenkontrolle wird in einer solchen Fertigung durch verschiedene Umstände wesentlich

<sup>1</sup> Vgl. auch Litz: Spanlose Formung. Schriften der ADB. Bd 4. Berlin: Julius Springer 1926.

erschwert. So kann z. B. das Raumbgewicht der angelieferten Rohstoffe schwanken, durch die Aufbereitung der Rohstoffe ändert sich ihre Raummenge, diese wird weiterhin beim Formen verändert, das mit einem Pressen verbunden ist, und schließlich wechseln beim Härten die Fertigerzeugnisse Gewicht und Raummasse infolge physikalischer und chemischer Vorgänge. Der Mengendurchsatzplan schafft hier eindeutige Bezugszustände, legt das Vergleichsmaß bzw. Umrechnungs-

Arbeitsvorgang	Rohstoffbedarf			Herstellmenge			Abgang			Bemerkungen
	Waggon <sup>1)</sup>	m <sup>3</sup>	kg	m <sup>3</sup>	kg	Stück <sup>2)</sup>	m <sup>3</sup>	kg	Stück	
Rohstoff A dosieren	0,06	1,5	900	—	—	—	—	—	—	1) 1 Waggon = 15 t
Rohstoff B mahlen	0,08	1,2	1200	—	—	—	0,2	200	—	
Rohstoff B dosieren	—	1,0	1000	—	—	—	—	—	—	
Rohstoff C mahlen	0,11	2,1	1650	—	—	—	0,1	150	—	
Rohstoff C dosieren	—	2,0	1500	—	—	—	—	—	—	1 Karren = 0,5 m <sup>3</sup>
Rohstoff D anford. (naß)	0,063	1,05	945	—	—	—	0,5	45	—	
Rohstoff D trocknen	—	1,0	900	—	—	—	—	—	—	2) deutsch. Normalstein
Rohstoff D dosieren	—	0,5	600	—	—	—	—	—	—	
mischen	—	5,0	4000	—	—	—	0,012	10	—	
formen	—	—	—	1,34	3990	565	0,03	60	10	
Formlinge abfahren	—	—	—	1,31	3930	555	0,01	30	5	
härten	—	—	—	1,1	2200	550	0,1	200	50	
Fertigerzeugnis ins Lager fahren	—	—	—	1,0	2000	500	—	—	—	

Abb. 1. Mengendurchsatzplan (ausgearbeitet von Koch u. Kienzle, Dr.-Ing., Berlin W 10).

verhältnis fest und weist die Mengenänderungen für die gesamte Fertigung nach. Stellt man ihn für die Verkaufseinheit auf, so erhält man den Stoffbedarf — das praktische Soll — für jede Auftragsgröße durch Multiplikation. Weitere Anwendungsmöglichkeiten des Mengendurchsatzplanes bieten sich z. B. in Eisen- und Stahlgießereien, Konservenfabriken, chemischen Werken, Zigarettenfabriken usw.

Ebenso wird man den Soll-Verbrauch an Hilfsstoffen für die einzelnen Bedarfsstellen listenmäßig und in Schaubildern festhalten. Oft werden für die Erfassung der Ist-Werte hier Stichproben kontrolltechnisch genügen und im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit der Kontrolle geboten sein. Dann sollten die Soll-Nachweise des Hilfsstoffbedarfs nicht nur die Bedarfsstellen und ihren Verbrauch mit den zulässigen Überschreitungen umfassen, sondern auch die Zeitabstände vorschreiben, in denen die Stichproben vorzunehmen sind. Dabei müssen natürlich alle

Einflüsse berücksichtigt werden, z. B. die Außentemperatur bei Heizanlagen, die Feuchtigkeitsschwankungen von Rohstoffen bei Trockeneinrichtungen, die Jahreszeit beim Stromverbrauch, Belegschaftsschwankungen beim Wasserverbrauch.

### 3. Vergleichsmaßeinheit.

Je nachdem, ob einzelne Stücke oder ganze Stränge oder Massen in festem, teigigem, flüssigem, pulverförmigem oder körnigem Zustand hergestellt werden, rechnet die Fertigung nach Stück, Länge, Fläche, Rauminhalt oder Gewicht. Für die wirtschaftliche Erfassung mußten demzufolge verschiedene werkstattbrauchbare Meßverfahren entwickelt werden.

Vielfach ist an sich zunächst eine Mengenbestimmung nach verschiedenen Maßeinheiten möglich, z. B. nach Kilogramm und Kubikmeter oder nach Stück und Kilogramm. Bei näherer Prüfung zeigt sich dann jedoch in der Regel die Überlegenheit einer bestimmten Meßart auf Grund der besonderen Verhältnisse. Zuweilen muß man die Maßeinheit während der Fertigung ändern, z. B. werden schwarze Schrauben im Betriebe nach Kilogramm kontrolliert, ebenso werden die Stücklohnarbeiten hier nach Kilogramm bezahlt. Die Verpackung dagegen erfolgt nach der Stückzahl.

Stoffzustand und Stoffeigenschaften sind in erster Linie maßgebend. In der keramischen Industrie z. B. bereitet die Mengenüberwachung der Rohstoffe im Anlieferungszustande insofern oft Schwierigkeiten, als das Gewicht infolge der Neigung zur Feuchtigkeitsaufnahme oder -abgabe und der Rauminhalt infolge verschiedener Korngröße schwanken. Stückige Güter, z. B. Steinkohle, wird man nicht nach dem Rauminhalt messen, Holz nicht nach Gewicht kaufen, Obst nicht nach der Stückzahl verarbeiten.

Ein anderer Gesichtspunkt für die Wahl der Meßart ist die geforderte Genauigkeit. Hierbei ist auf Berechnungsannahmen bei Konstruktionen, garantierte Eigenschaften des Verkaufserzeugnisses, Schwankungen des Gewichtes und der Abmessungen der verarbeiteten Stoffe u. dgl. weitgehend Rücksicht zu nehmen. So wird z. B. die Größe der Blechpakete für die Rotoren von Drehstrommotoren durch Wägen ermittelt, da die Toleranzen der Blechstärken zu groß sind, als daß man durch Abzählen einer bestimmten Blechzahl Gewähr für die Einhaltung der rechnerisch ermittelten Eisenmenge hätte. Bei Wärmeisolierstoffen wird vielfach die Einhaltung eines höchst zulässigen Raumgewichtes garantiert, infolgedessen kann hier die Mengenkontrolle nicht ohne weiteres nur nach dem Rauminhalt erfolgen. Auf der anderen Seite genügt häufig die Ermittlung einer größeren Stückzahl durch Wägen, selbst wenn dabei mit Fehlern unbedingt gerechnet werden muß.

Bei Stücklohnarbeit sollte die dem Leistungslohn zugrunde gelegte Mengeneinheit auch der Mengenkontrolle als Vergleichsmaß dienen und nicht erst mittelbar durch Umrechnen erhalten werden. Diese Forderung erscheint selbstverständlich, trotzdem wird oft gegen sie verstoßen.

Schließlich muß die Mengenkontrolle in vielen Fällen dem Handelsbrauch Rechnung tragen, in Zweifelsfällen ist die Art der Mengenprüfung in den technischen Lieferbedingungen niederzulegen. So handelt man z. B. Jute nach Ballen, die einzelnen Ballen enthalten jedoch nicht das gleiche Gewicht. Infolgedessen muß hier die Gewichtstoleranz festgelegt werden, damit das Gewicht des Lieferungsumfanges nicht zu klein oder zu groß ausfällt. Auf der anderen Seite ist der Packbehälter im Handelsbrauch ein eindeutiges Mengenmaß. Ja, in einigen Fällen hat sich die Bezeichnung des Verpackungsmittels erhalten, obwohl dieses längst nicht mehr als Mengenmaß benutzt wird. So sprechen wir z. B. heute noch von einer Tonne und verstehen darunter 1000 kg, während die Stoffmenge beispielsweise in Säcken geliefert wird.

## 4. Die mechanischen Kontrollmittel.

### Festlegung der Meßaufgabe.

Technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmen das für einen Einzelfall zweckmäßige Meßmittel. Daher muß der Ingenieur sich genau Rechenschaft ablegen über die Meßaufgabe in jedem einzelnen Kontrollfall, und daher muß er auch die Kontrollmittel kennen oder, auf den vorhandenen aufbauend, neue entwickeln können.

Die hauptsächlichsten Gesichtspunkte, durch die die Meßaufgabe festgelegt wird, sind in Abb. 2 zusammengestellt. Genannt sind hier

Erzeugnisform	Mengenwert	Kontrollverfahren	Kontrollstufe	Fertigung
Stück	Einzelmenge	Zählen	Messen	Genauigkeit
			durch Personen selbsttätig	Gefahren
Strang	Gesamtmenge während eines Zeitabschnittes	Längenermittlung	Feststellen durch Personen selbsttätig	Häufigkeit der Kontrolle
			selbsttätig und Überschreitung anzeigend	Stoffeigenschaften
ohne feste Gestalt	Menge je Zeiteinheit (Zeitwert)	Raumermittlung	selbsttätig und auslösend	Zahl der zu kontrollier. Stoffe
		Wägen	selbsttätig und regelnd	Freiheit der Kontrolle
				Art der Mengenanzeige

Abb. 2. Festlegung der Meßaufgabe.

die Erzeugnisform, der Mengenwert, das Kontrollverfahren, die Kontrollstufe und die Erfordernisse der Fertigung. Die in der ersten Spalte eingetragenen Stichworte entsprechen der auf S. 79 getroffenen Gruppierung der Industriebetriebe. Die Erzeugnisform beeinflusst insofern die Meßaufgabe, als sie im Zusammenhang mit gewissen Stoffeigenschaften steht und damit die möglichen Kontrollverfahren auf einige wenige einschränkt.

In der Spalte „Mengenwert“ ist auf die Möglichkeit der Mengenerfassung hingewiesen. Die Meßaufgabe lautet z. B. auf Bestimmung einer Einzelmenge, wenn für die Stücklohnermittlung die Zahl der fertiggestellten Arbeitsstücke kontrolliert werden soll. Oft besteht das Bedürfnis, am Ende eines Zeitabschnittes sogleich die während seines Ablaufes gebrauchte Menge zu erfahren, z. B. den Kohlenverbrauch während eines Monats. Die dritte Möglichkeit liegt schließlich in der Ermittlung der in der Zeiteinheit verarbeiteten oder verbrauchten Menge. So werden in manchen Industriezweigen Mischvorgänge stetig unter Wasserzusatz durchgeführt. Dann ist es wichtig, daß die in der Minute zufließende Wassermenge jederzeit beobachtet und erforderlichenfalls geregelt werden kann. Vielfach wird auch die Notwendigkeit bestehen, mehrere der eben genannten Mengenwerte nebeneinander zu ermitteln.

In Bezug auf die Kontrollverfahren und die Kontrollstufen kann hier auf S. 21 und 23 verwiesen werden, da diese beiden Fragenkreise dort ausführlich beschrieben werden. Während die ersten vier Gesichtspunkte die Kontrolltechnik an sich betreffen (siehe S. 83), bringt die letzte Spalte des Bildes die Anforderungen der Fertigung zum Ausdruck. Sie bestimmt die durch die Herstellung bedingte Kontrollgenauigkeit, und sie gibt einen Anhalt für die der Stoffmenge drohenden Gefahren. Die Häufigkeit der Kontrolle ist vor allem bei Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Meßmittels zu berücksichtigen. Wie bei einer Vorrichtung oder einer Werkzeugmaschine ist es für die Wahl eines mechanischen Kontrollmittels wesentlich, ob der Vorgang, in diesem Falle also die Kontrolle, einmalig, wiederholt oder laufend erfolgen soll.

Die letzten Stichworte der Spalte „Fertigung“ bezeichnen schließlich einige an das Meßmittel zu stellende konstruktive Bedingungen. Schüttgüter z. B. haben bestimmte Rutschwinkel, die bei unzureichender Gestaltung tote Räume in Raummeßgefäßen und damit unzulässige Ungenauigkeiten zur Folge haben können. Hat man mehrere Stoffe abzumessen, so wird in der Regel deren getrennte Aufgabe in das Kontrollmittel erforderlich sein. Häufig braucht jeder Stoff ein eigenes Kontrollmittel, wobei dann die Frage nach der „Freiheit“ der Kontrolle auftaucht. Der Kontrollvorgang ist „frei“, wenn auf andere Kontrollen nicht Rücksicht zu nehmen ist. Arbeiten dagegen z. B. Waagen unter

verschiedenen Bunkern mit einer zentralen Steuerung, wobei die gewogene Stoffmenge erst abgegeben wird, wenn der vorgeschriebene Wert bei jeder einzelnen Waage erreicht wird, so ist die Kontrolle nicht mehr frei. Im vorliegenden Falle wäre z. B. als zur Verfügung stehende Kontrollzeit die Geschwindigkeit des am langsamsten in die Waage zufließenden Stoffes für jede einzelne Kontrollstelle ausschlaggebend. Die Art der Mengenanzeige betrifft mehr eine konstruktive Einzelheit, immerhin muß man von vornherein überlegen, ob das Kontrollergebnis angezeigt werden soll, ob eine solche Ablesung am Kontrollort oder an einer anderen Stelle gewünscht wird, und ob der Kontrollwert gleichzeitig registriert oder gedruckt werden soll.

Auf Grund solcher Überlegungen ergeben sich die Anforderungen, die in bezug auf die Konstruktion und Arbeitsweise im einzelnen Fall an das Kontrollmittel zu stellen sind. Im Sinne der Ausführungen auf S. 22 kann hierbei zwischen einer Messung und einer Feststellung der Stoffmenge unterschieden werden. Die sich in bezug auf die Wirkungsweise ergebenden Stufen der mechanischen Kontrollmittel sind ebenfalls schon in Abb. 10, S. 23 gezeigt und erläutert worden.

Bei Verwendung der verschiedenen Meßverfahren ist nun in kontrolltechnischer Hinsicht zwischen einer unmittelbaren und einer mittelbaren Bestimmung des beobachteten Mengenwertes zu unterscheiden. Schematisch drückt dies Abb. 3 für die mechanischen Kontrollen aus<sup>1</sup>.

Kontrolliert durch	Gesucht:			
	Stückzahl	Länge	Rauminhalt	Gewicht
Zählen	Zählwerk	Meterzählwerk	Scheibenmesser für Flüssigkeiten	Zählwerk mit Gewichtsanzeige
Längen-ermittlung	Zählreihe	Metermaßstab	Standanzeiger	Standanzeiger mit Gewichtsanzeige
Raum-ermittlung	Zählstapel Zählbehälter Zählvorrichtung	—	Raummeßgefäß	Abfüllmaschine
Wägen	Zählwaage	Waage mit Meteranzeige	Waage mit Volumenanzeige	Waage

Abb. 3. Mechanische Verfahren und Mittel der Mengenkontrolle.

Als Kontrollverfahren sind hier in der ersten Spalte angeführt: das Zählen, die Ermittlung nach Länge und nach Raum und das Wiegen.

<sup>1</sup> Die „Fläche“ wurde als Vergleichseinheit weggelassen, da sie gegenüber den anderen Einheiten keine große Bedeutung hat. Während z. B. Metermaßstäbe und Litergefäße allgemein benutzt werden, verwendet man starre Flächenmeßwerkzeuge in der Regel nur zur Begrenzung der Form der Fläche.

Dieser Reihenfolge entspricht die waagerechte Anordnung der gesuchten Mengenwerte Stückzahl, Länge, Rauminhalt und Gewicht. Die stark umrahmten Rechtecke weisen dabei auf die unmittelbare Mengenbestimmung hin, bei der also die gesuchte Kontrollgröße der Messung selbst zugrunde gelegt wird. Bei dem bekannten Meterstab z. B. wird Länge mit Länge unmittelbar verglichen, während bei einer Kontrolle der Länge mit Hilfe eines Zählwerkes z. B. die Umdrehungen einer bestimmten Maschinenwelle gezählt werden und daraus unmittelbar die Länge des hergestellten „Stranges“ gefunden wird.

### Die Kontrolle der Stückzahl.

Die Betriebe der auf S. 79 genannten ersten Gruppe, also die Betriebe mit Stückfertigung, bedienen sich naturgemäß in erster Linie der Mengenkontrolle nach der Stückzahl. Die Mittel, durch deren Anwendung die Arbeit des Menschen zur Festlegung der Stückzahl herabgesetzt werden kann, beruhen dabei auf folgenden Grundsätzen:

1. Bildung von Zählreihen.
2. Schaffung größerer Zählseinheiten.
3. Bestimmung der Stückzahl aus dem Mengengewicht.
4. Mechanisierung des Zählvorganges durch Gebrauch von Zählwerken.

**Die Stückzahlkontrolle nach dem Längenbedarf.** Dieser Kontrollart liegt der Gedanke zugrunde, die Stückzahlen aus der Stapelgröße zu ermitteln, ohne die gelagerten Stücke erst zählen zu müssen. Die Stückzahl wird hierbei aus der Länge bestimmt, welche die auf- oder nebeneinanderliegenden Stücke zusammen haben, also unter Verwirklichung des Grundsatzes 1 durch Bildung von Zählreihen.

Infolgedessen ist das Hauptanwendungsgebiet dieser Kontrollart das Lager, jedoch kann man den Gedanken auch allgemein auf den Betrieb ausdehnen. Man stapelt

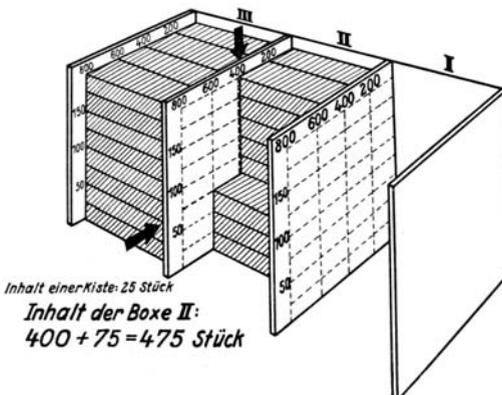


Abb. 4. Ablesen der Stapelmenge an zwei Maßstäben (Zählreihen).

in dieser Weise z. B. Kisten, Säcke, Gußstücke<sup>1</sup>. Besonders weit ist dieser Grundsatz in dem Beispiel nach Abb. 4 verwirklicht.

<sup>1</sup> Vgl. auch Abschnitt 2, S. 72 u. f.

Diese Durchbildung ist natürlich nur dann möglich, wenn die Abmessungen der Stücke nicht sehr schwanken, und wenn ihre Form und Festigkeit eine solche sorgfältige Stapelung zulassen. Besondere Vorteile bietet diese Methode dann, wenn nicht jeweils eine ganze Stapelreihe in die Fertigung gegeben werden kann, wie dies auch auf dem Bilde angedeutet ist.

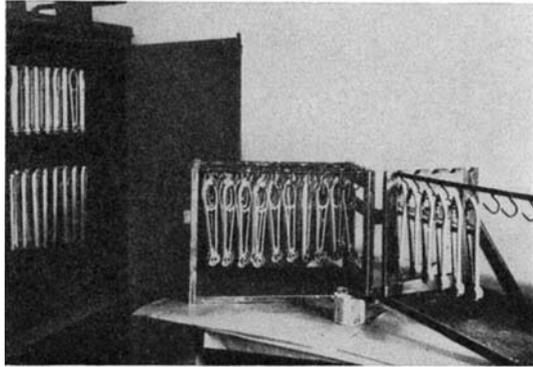


Abb. 5. Zählrahmen in einer kleinen Lackiererei.

Die Abb. 5 und 6 belegen, daß die Stückzahl auch im Betriebe selbst nach dem Längenbedarf bestimmt werden kann. Sie unterscheiden sich von der zuletzt erwähnten Abb. 4 insofern, als bei diesem die Stückzahl tatsächlich gemessen wurde, während in den letzten Bildern nur festgestellt wird, ob die Soll-Stückzahl vorhanden ist.

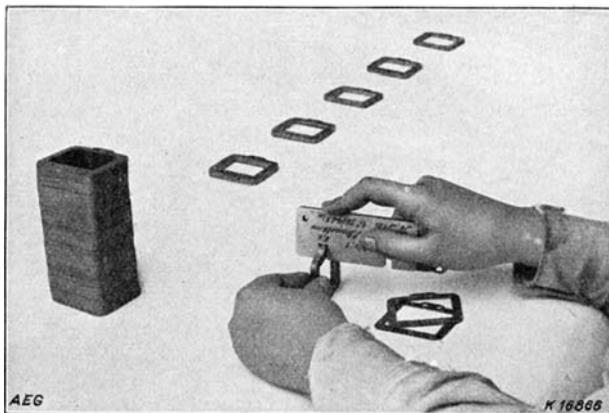


Abb. 6. Bestimmung der Lamellenzahl mit einer Lehre (AEG).

**Die Stückzahlkontrolle nach dem Raumbedarf.** Die Stückzahlkontrolle nach dem Raumbedarf setzt den auf S. 86 an zweiter Stelle genannten Grundsatz „Schaffung größerer Zählseinheiten“ in die Wirklichkeit um. Man läßt sich dabei von dem Gedanken leiten, daß jeder feste Körper eine bestimmte Form und einen bestimmten Rauminhalt hat, und daß

man daher in einem gegebenen Raum immer nur dieselbe Anzahl Stücke unterbringen kann, wenn man deren Anordnung von vornherein eindeutig festlegt. Dadurch, daß man die Einzelstücke in übersichtlichen Gruppen zusammenfaßt, wird die Zählerarbeit auf einen Bruchteil verringert. Für die Fertigung ist der Gedanke verhältnismäßig jung; im täglichen Leben dagegen sehen wir ihn in vielen Fällen schon seit längerer Zeit verwirklicht. Die Einzelverkaufspackungen von Zigaretten enthalten z. B. immer 10, 25 oder 100 Stück, ein Päckchen Streichhölzer besteht aus 10 Schachteln usw.

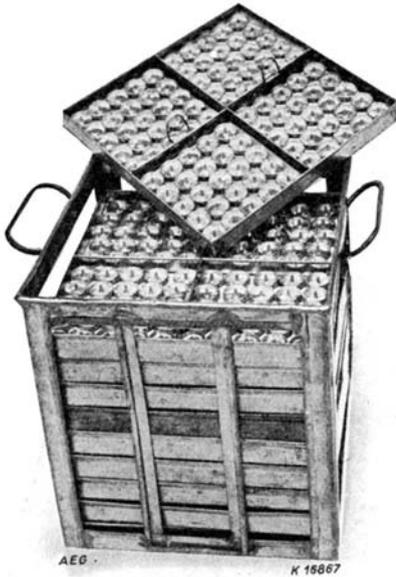


Abb. 7. Transport- und Lagerkasten für Zahlenrollen (AEG.).

Zahlenrollen wird z. B. von der herstellenden Firma gefüllt; beim Eingang übersieht das bestellende Werk sofort die Richtigkeit der ge-

In Fabrikbetrieben läßt sich der Gedanke auf den Verkehr zwischen Lieferant und Hersteller, auf die einzelnen Lager, auf die Zu- und Abfuhr der Arbeitsstücke in der Werkstatt und ebenso auf den Versand der fertigen Ware anwenden.

Das in Abb. 7 gezeigte Gestell für

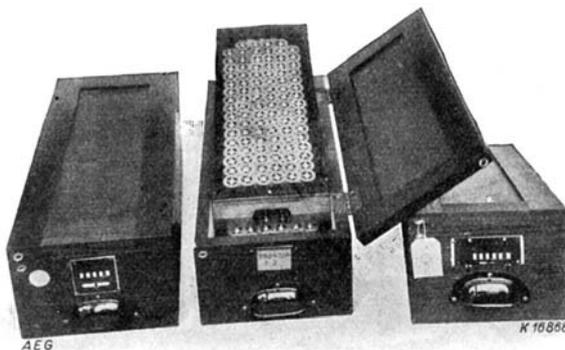


Abb. 8. Aufbewahrungskasten für Übersetzungsräder (AEG.).

lieferten Menge. Dieser Fall ist somit ein Beispiel dafür, wie bei gegenseitigem Verständnis die Zahl der Kontrollen in Betrieben, die im

Herstellgang aufeinanderfolgen, durch Vermeidung von Doppelarbeit verringert werden kann.

Zählkisten sind in den Abb. 8 und 9 wiedergegeben. Solche Zählkisten verwendet man vorzugsweise für die Förderung zwischen dem Lager und dem Zusammenbau. Häufig kann man sie jedoch mit demselben Vorteil bereits bei der Her-

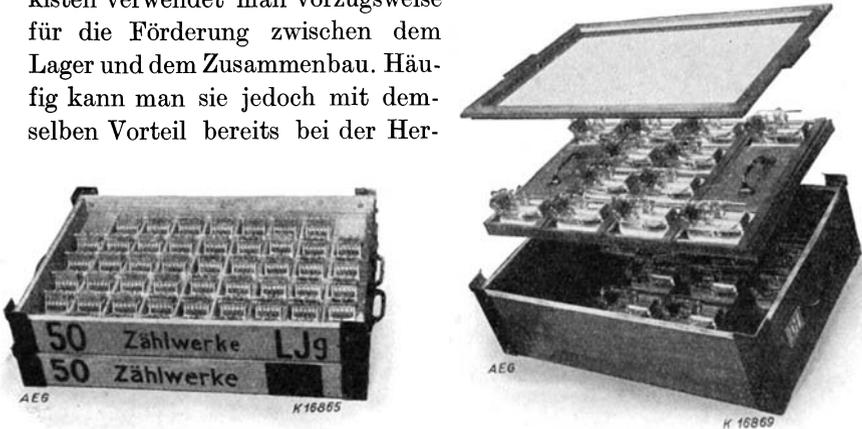


Abb. 9. Transport- und Lagerkasten (AEG.).

stellung der Einzelteile benutzen. Ebenso bildet man die Versandkisten als Zählbehälter aus (Abb. 10).

Eine etwas andere Ausführung zeigen die Zählgestelle für Hubwagen nach Abb. 11 und 12.

In allen diesen Fällen wird man bestrebt sein, auch für die Bildung der Zähleinheiten selbst möglichst wenig Zeit aufzuwenden, d. h. die Ablage der Einzelstücke in die Zählbehälter möglichst zum natürlichen Abschluß eines Arbeitsganges zu machen. Zuweilen kann man die Stückzahlkontrolle gewissermaßen nebenher erhalten. In Abb. 13 ist z. B. eine Schaufel für das Abfüllen von Tabletten in der chemischen Industrie so ausgebildet, daß nur eine ganz bestimmte Stückzahl gegriffen wird.

Zunächst wird man versuchen, die Zähleinheit während des Flusses der Stoffmengen durch die Fabrik



Abb. 10. Zählbehälter im Versand (AEG.)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Werksleiter 2 (1929), S. 41.

dies jedoch nicht möglich und auch insofern nicht notwendig, als die Einzelstücke während ihrer Herstellung doch wiederholt gegriffen werden müssen. Jedoch ist es dann in der Regel vorteilhaft, die einzelnen

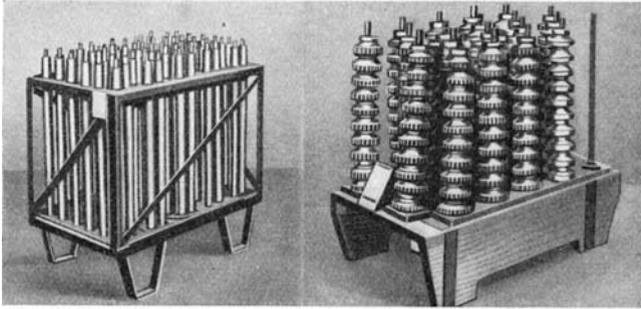


Abb. 11 u. 12. Zählgestelle für Hubwagen<sup>1</sup>.

Satzgrößen so zu bemessen, daß sie ganze Vielfache voneinander sind; solche Zahlenreihen sind z. B. 5, 10, 50, 100 oder 5, 25, 100 oder 3, 6, 12, 24. Der Vorteil einer solchen Aufteilung tritt besonders in der

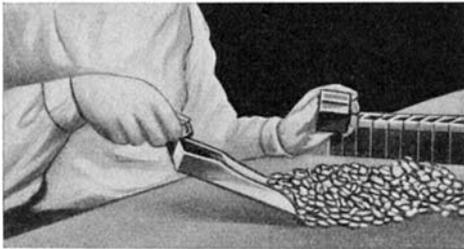


Abb. 13. Zählschaufel  
(Wilhelm Busse u. J. Perl & Co., Berlin).

Reihenfertigung in Erscheinung, bei der es die Betriebsführung stets erschweren wird, wenn die einzelnen Lose zerrissen werden. Daher sollte man bei der Bildung von Zählseinheiten vor allen Dingen auch Rücksicht auf etwaige Chargenbetriebe nehmen und die Zählseinheit so wählen, daß eine Charge ein ganzes Vielfaches von ihr ist (z. B. das Fassungsvermögen eines Trockenwagens).

Bei der Bildung der Zählseinheiten hat man weiterhin auf die Handlichkeit der Zählbehälter und die Verpackungseinheit zu achten und schließlich im Hinblick

auf die Abstellung im Lager gegebenenfalls auf eine gesetzmäßige Stufung der Kistenabmessungen. Wenn irgend möglich, sollte man die

<sup>1</sup> Werksleiter 16 (1928), S. 452/53.

Zählbehälter in den Lagern wieder zu Zählstapeln vereinigen. Dadurch vereinfacht man die Inventur außerordentlich, ebenso können dann Lagergestelle häufig ganz entfallen. Je nach der Form und der Größe der Stücke und der Art der Lagerung oder Förderung wird man dabei die Zählbehälter als Kisten, Bretter, Rahmen, Stangen oder Gestelle ausbilden. Durch Zwischenwände, Haken, Löcher, Dorne usw. sorgt man dafür, daß das Aufnahmemittel nur eine ganz bestimmte Stückzahl faßt, so daß etwaige Mehr- oder Mindermengen sofort in Erscheinung treten.

Der Konstrukteur derartiger Zählbehälter sollte sich dabei immer vor Augen halten, daß das Einlegen der Arbeitsstücke keinesfalls viel Zeit kosten darf. Wichtig ist ferner, bei der Ausbildung der Zählbehälter von vornherein an die verschiedenen Ausführungsformen der Stücke zu denken. Vernachlässigt man die letztere Forderung, so ergibt sich das Bild, daß einzelne Erzeugnisse in sehr schönen Zählbehältern die Werkstatt durchlaufen, während für andere mindestens gleich wertvolle Arbeitsstücke andere Kisten oder Pappkartons benutzt werden, nur weil hier die Herstellmenge nicht so groß ist und man die Abweichungen in der Ausführung deshalb nicht von vornherein bei der Konstruktion der Zählbehälter berücksichtigt hat. Dies ist nicht nur aus erzieherischen Gründen unbedingt zu verwerfen, sondern wirkt sich vor allen Dingen auch in den Lagern aus, wo dann der Vorteil der Zählbehälter leicht ganz verloren geht.

Bei Prüfung der wirtschaftlichen Vorteile dieser Zählbehälter darf nicht übersehen werden, daß die sorgfältige Unterbringung der Stücke noch andere Vorzüge bringt, die teilweise sogar ausschlaggebend sein können. Wenn man z. B. empfindliche Arbeitsstücke oder Gruppen sowieso sorgfältig in Kisten legen und sie hier gegen Bruch oder Oberflächenbeschädigungen schützen muß, macht es nichts aus, wenn man die Behälter dabei gleich so ausbildet, daß sie nur eine ganz bestimmte Stückzahl fassen können. Die Mengenkontrolle ergibt sich also in diesem Falle fast ohne zusätzliche Kosten von selbst.

In der chemischen und ebenso in der Lebensmittelindustrie führt die Verwirklichung des Zählgedankens gleichzeitig zu einer Steigerung der Hygiene, wie Abb. 13 dartut.

Auch die Gefahr der Wertverschleuderung wird durch Zählbehälter sehr oft wesentlich herabgesetzt, da das Verschwinden einzelner Stücke bei ihnen besonders auffällig in Erscheinung tritt. Besondere Vorteile bieten Zählbehälter weiterhin bei der Bereitstellung der in den Betrieb zu gebenden Mengen. In eindrucksvoller Weise zeigt dies Abb. 14.

Aber auch hier darf man des Guten nicht zuviel tun und die Vorteile der Mengenkontrolle nicht etwa durch größere Nachteile in anderer Beziehung erkaufen. Sofern nicht andere Gründe, z. B. Schutz vor

Beschädigungen, mitsprechen, wäre es z. B. in vielen Fällen vollkommen falsch, die Arbeitsstücke sauber in einen Behälter legen zu lassen, wenn die vorgegebene Stückzeit für den betreffenden Arbeitsgang vielleicht nur 0,2 Minuten beträgt. Man würde dadurch die dem Arbeiter vorgegebene Stückzeit so wesentlich erhöhen, daß der Vorteil der Vereinfachung der Mengenkontrolle durch die Steigerung des Lohnanteiles weit übertroffen würde. Infolgedessen wird man hier versuchen, mehrere Arbeitsplätze zu einer Gruppe zusammenzufassen. Die Anlieferung an den ersten Platz der Gruppe und die Abfuhr vom letzten Platz erfolgt dann in Zählbehältern, innerhalb der Arbeitsgruppe wandern die Arbeits-



Abb. 14. Bereitstellung der Ausgabemengen im Zwischenlager (AEG.).

stücke in anderer Form, z. B. durch Weitergabe von Hand oder in gewöhnlichen Kisten. Hierbei muß man allerdings auf die Erfassung der Mengenminderungen an den Einzelplätzen verzichten, somit setzt diese Maßnahme den Gruppenlohn oder Zeitlohn voraus.

**Die Stückzahlkontrolle nach dem Gewicht.** Ebenso wie die Stückzahlkontrollen nach dem Längen- und Raumbedarf ist die Stückzahlkontrolle nach dem Gewicht als ein mittelbares Meßverfahren anzusehen. Da die Mengenkontrolle durch Wägen im nächsten Abschnitt dieses Buches (vgl. S. 114 u. f.) für sich behandelt wird, so soll an dieser Stelle auf die Stückzahlkontrolle durch Wägen nur kurz eingegangen werden.

Voraussetzung für dieses Kontrollverfahren ist, daß die Gewichtstoleranz des einzelnen Arbeitsstückes nicht so groß ist, daß sie das Meßergebnis wesentlich beeinflußt. Will man die Stückzahl absolut genau ermitteln, so muß man die Menge, die gleichzeitig auf die Waage gegeben wird, so bemessen, daß auf jeden Fall die theoretisch höchste

Gewichtstoleranz kleiner als das Gewicht eines einzelnen Stückes bleibt. Bezeichnet  $n$  die Stückzahl und  $t$  die Gewichtstoleranz des einzelnen Stückes in Prozenten, so muß also die nachstehende Formel beachtet werden<sup>1</sup>:

$$n < \frac{100}{t}.$$

Häufig wird man bei der Kontrolle der Stückzahl durch Wägen einen kleinen Fehler mit in Kauf nehmen können und daher die eben genannte Formel nicht unbedingt beachten. Im übrigen sucht man einen Ausgleich dadurch herbeizuführen, daß man als Vergleichseinheit nicht ein Eichgewicht, sondern ein einzelnes Arbeitsstück oder noch

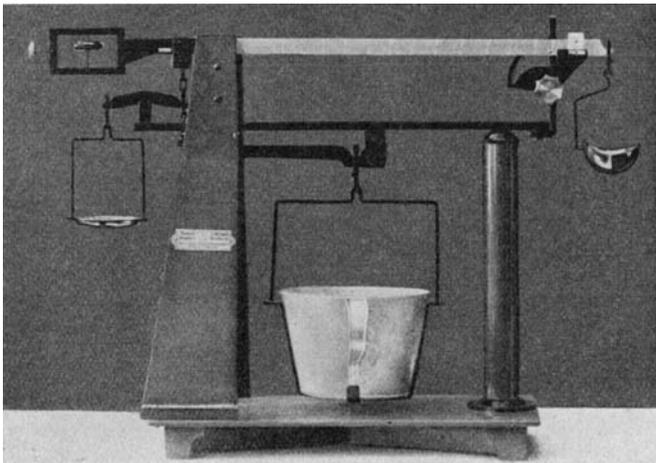


Abb. 15. Stückzählwaage (A. Dresdner, Merseburg a. S.).

besser mehrere Arbeitsstücke benutzt. Man läßt sich dabei von dem Gedanken leiten, daß dadurch als Vergleichseinheit ein Durchschnittsgewicht gefunden ist, das nicht an der oberen oder unteren Gewichtsgrenze liegt. Auch hierbei ist gegebenenfalls auf die spätere Bildung von größeren Zählseinheiten Rücksicht zu nehmen (siehe S. 86).

Einige verschiedene Stückzählwaagen zeigen die Abb. 15—19.

Die Stückzählwaage nach Abb. 15 wird mit zwei oder drei Zähl-  
schalen geliefert. Im vorliegenden Falle zählt man, wenn man eine unbekannte Menge in der Lastschale feststellen will, soviel Stücke in die rechtsseitige Zähl-  
schale ein, bis der Zählbalken einzuspielen beginnt. Alsdann gibt man noch so viel Stücke in die linke Zähl-  
schale auf, daß der Zählbalken genau einspielt. Die zu bestimmende Stück-  
zahl ergibt sich dann wie folgt:

<sup>1</sup> Hoerschelmann: Werksleiter 10 (1928), S. 280/84.

unbekannte Stückzahl = Stückzahl in rechter Zählshale  $\times$  100  
 + Stückzahl in linker Zählshale  $\times$  10.  
 Restposten von 1 bis 9 werden bei dieser Waage ausgezählt.



Abb. 16. Stückzählwaage in einem Preßwerk (Werksleiter 19 [1929], S. 470).

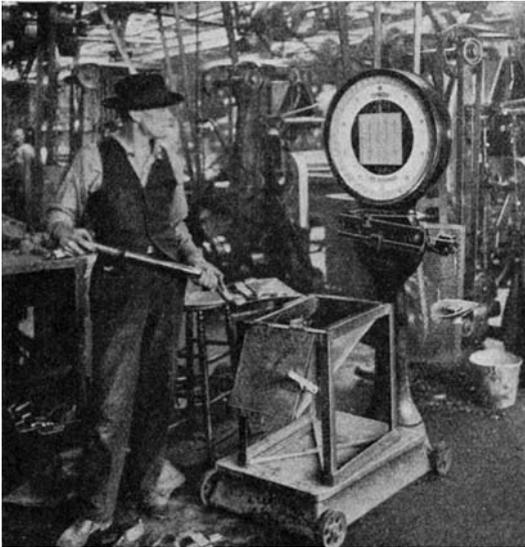


Abb. 17. Toledo-Zählwaage  
(Continental Toledo G. m. b. H., Köln).

In der gleichen Weise arbeitet die Waage nach Abb. 16. Die Abb. 17 und 18 hingegen zeigen eine grundsätzlich andere Waagenbauart, die Stückzahlbestimmung ist jedoch dem eben beschriebenen Verfahren ähnlich.

Bei allen drei Waagenausführungen ist für die Bestimmung der Stückzahl menschliche Hilfe erforderlich. Demgegenüber verkörpert die Abfüllwaage nach Abb. 19 die nächsthöhere Kontrollstufe gemäß Abb. 2, da hier

die Stückzahlkontrolle selbsttätig erfolgt.

Diese Abfüllwaage kann an die Lichtleitung angeschlossen werden, der elektrische Strom wird selbsttätig ausgeschaltet, sobald die gewünschte Stückzahl erreicht ist. Auch die Entleerung der Abfüllschale vollzieht sich selbsttätig, und ebenso wird der Strom wieder ohne menschliches Zutun eingeschaltet. Die Bedienungsperson hat hier also nur für die Zufuhr der leeren Packbehälter und für die Abfuhr der gefüllten zu sorgen.

**Die Stückzahlkontrolle durch Zählwerke.** Eine weitere Möglichkeit, die Kontrolle von Stückzahlen zu vereinfachen, bietet sich in der Verwendung von Zählwerken. Sie ermitteln die Stückzahl unmittelbar auf mechanischem Wege, der Zählvorgang kann dabei mit einem Förder- oder Arbeitsvorgang in Verbindung stehen oder unabhängig nebenher laufen. Der letzte Fall ist z. B. gegeben, wenn der Zähler jeweils nach Fertigstellung eines Arbeitsstückes von Hand betätigt wird. Da hierbei infolge der menschlichen



Abb. 18. Toledo-Zählwaage  
(Continental Toledo G. m. b. H., Köln).

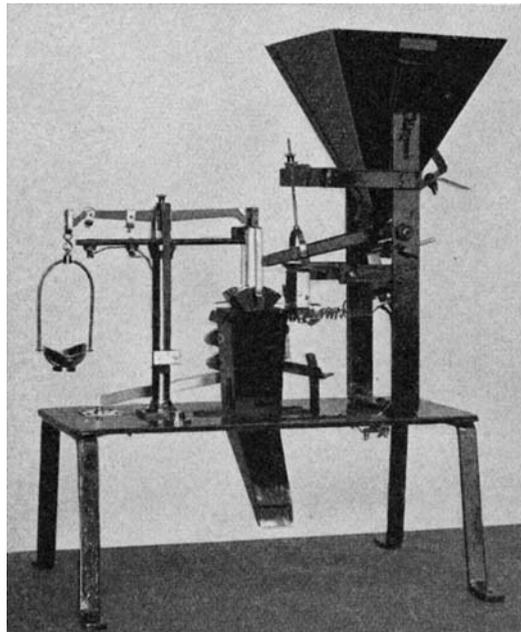


Abb. 19. Elektro-selbsttätige Abfüllwaage  
(A. Dresdner, Merseburg a. S.)

Schwächen ein einwandfreies Kontrollergebnis nicht gewährleistet ist, wird man nach Möglichkeit diese behelfsmäßige Lösung vermeiden.

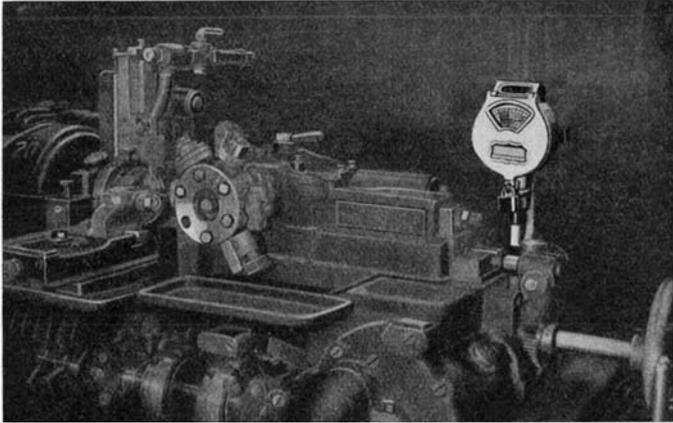


Abb. 20. Autograph an einem Index-Automaten (Kienzle-Taxameter- und Apparate-A.-G., Villingen).

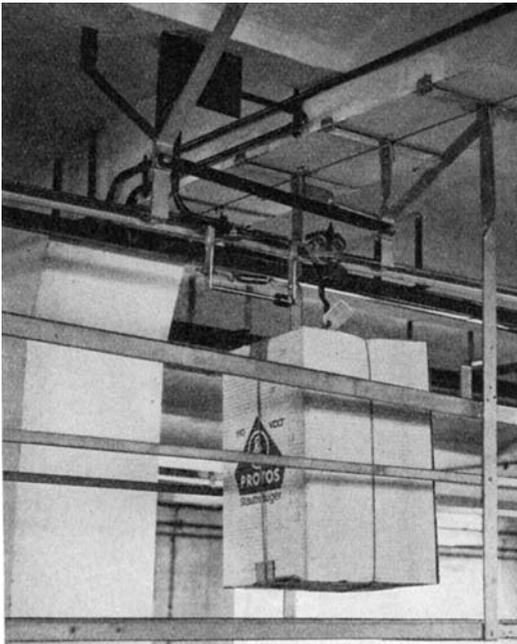


Abb. 21. Elektrische Kontakteinrichtung für Fernzählwerk in einer Hängebahn (Stück-Zeit-Schreiber der Siemens & Halske-A.G.).

Die Verbindung zwischen dem Zählvorgang und einem anderen Arbeitsgang kann auf drei Arten durchgeführt werden, indem das Zählwerk entweder vom Arbeitsstück, vom Arbeits- oder Fördermittel oder von einem anderen Kontrollmittel betätigt wird. In Abb. 20 ist z. B. ein Autograph mit einem Indexautomaten unmittelbar gekoppelt, während nach Abb. 21 das Arbeitsstück an der Kontakteinrichtung eines elektrisch betätigten Zählers vorbeigeführt wird. Im ersten Falle wird die Stückzahl also an Ort und Stelle angezeigt und gleichzeitig



zu achten. Sie muß mindestens so groß sein, daß jedes Überschlagen des Zählwerkes beim nächsten Ablesen ohne Zweifel erkannt werden kann.

Um den Arbeitsfortschritt eines fest begrenzten Auftrages leicht überwachen zu können, stellt man häufig die Zählwerke auf die Auftragsstückzahl, das Soll, ein und läßt sie dann rückwärts zählen, also subtrahieren. Sie zeigen somit stets an, welche Menge noch zu erledigen ist<sup>1</sup>. Dieses Verfahren erleichtert zudem die Ermittlung von Mengenunterschieden auf Vordrucken, da die folgende Ablesung dann einen kleinerern Wert als die vorhergehende liefert.

In den Betrieben mit Stückfertigung verwendet man Zählwerke mit besonderem Vorteil für die Leistungskontrolle. Sehr einfach wird diese dann in der Fließarbeit, da man bei diesem Arbeitsverfahren mit einem einzigen Zählwerk jeweils eine ganze Arbeitsreihe überwachen kann, so daß oft einige wenige Zähler genügen. Verlegt man diese in das Zimmer der Betriebsleitung, so kann der Betriebsleiter in der Tat von seinem Arbeitsplatz aus den Betriebsablauf verfolgen. In kurzer Zeit wird er sich unter Umständen so sehr an den Rhythmus des Geräusches beim Schalten der Zählwerke gewöhnen, daß er jede Unregelmäßigkeit „hört“<sup>1</sup>. Er erkennt so Störungen fast im Augenblick des Entstehens

und kann dadurch sofort eingreifen. Hierin liegen so große Vorteile, daß man diese Art einer mechanischen zentralen Überwachung mit Recht nicht auf Fließarbeitsbetriebe beschränkt. Man überwacht dann die wichtigsten oder besonders empfindlichen Fertigungsstellen; natürlich geht hier in vielen Fällen der Vorteil, den Pulschlag des Betriebes mitzuerleben, verloren, trotzdem werden die anderen Vorzüge der zentralen Überwachung den verhältnismäßig kleinen Aufwand rechtfertigen.

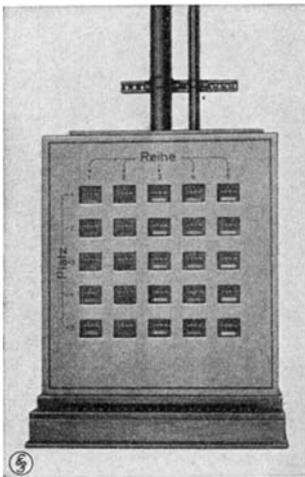


Abb. 23. Zählerschrank (SSW).

Einen „Zählerschrank“ aus einem Fließarbeitsbetrieb stellt Abb. 23 dar<sup>2</sup>. Die Gütekontrolle dient hier gleichzeitig der Mengenkontrolle, indem sie den Zählerschrank bedient. Die zu prüfenden Werk-

stücke kommen in Zählkästen zur Prüfstellung, jedem Kasten liegt eine Kontrollmarke der Arbeiterin oder der Arbeitsgruppe bei. Nach Abnahme der Arbeit wirft der Prüfer die Marke in einen Sammelkasten, der mit den

<sup>1</sup> Ludwig: Z. V. d. I. 51 (1926) S. 1709/12.

<sup>2</sup> Siemens-Jahrbuch 1928. S. 412. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H.

Kontakten für die elektrischen Zählwerke des Schrankes ausgerüstet ist. Der in der Abbildung gezeigte Schrank ermöglicht im vorliegenden Falle dem Meister die Überwachung von fünf Fließarbeitsreihen mit je fünf Arbeitsplätzen.

Voraussetzung in den bisher gebrachten Beispielen war, daß immer nur die gleichen Erzeugnisse gezählt werden sollen; so z. B. laufen an der Kontaktstelle in Abb. 21 stets dieselben Staubsauger vorbei. Oft liegen jedoch die Verhältnisse so, daß verschiedene Erzeugnisse in beliebiger Reihenfolge den gleichen Förderweg haben. Hier würde also das Zählwerk wohl die Gesamtzahl der geförderten Stücke erfassen, aber keine Auskunft geben, wie sich die Gesamtzahl auf die verschiedenen Sorten, Größen usw. verteilt. In solchen Fällen muß man also mehrere Zählwerke in den Förderweg einschalten und Vorkehrungen treffen, daß jede Erzeugnisart ein bestimmtes Zählwerk betätigt.

Man muß dann eine Eigenschaft suchen, in der sich alle Werkstücke voneinander unterscheiden oder gegebenenfalls die Aufnahmemittel für die Förderung unterschiedlich ausbilden. Ein Einzelbeispiel hierfür gibt Abb. 24. In einer Fließarbeitsreihe werden Elektromotoren verschiedener Größe zusammengebaut, die sich deutlich durch das Gewicht unterscheiden. In-

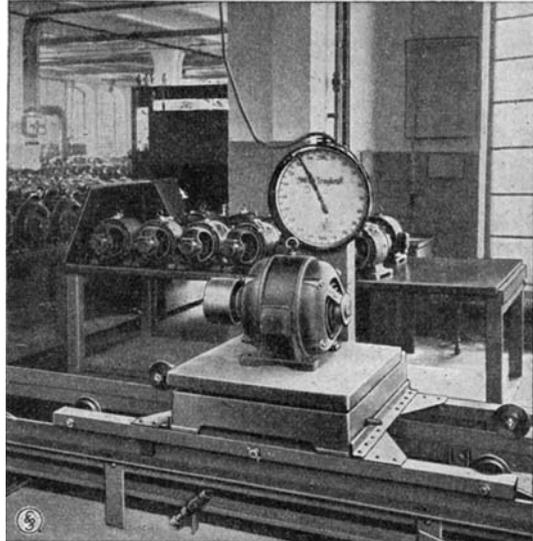


Abb. 24. Mengenerfassung verschiedener Motortypen mit Hilfe einer Registrierwaage.

folgedessen ist eine Waage in die Reihe eingebaut, deren Zeiger entsprechend dem Gewicht des aufliegenden Motors ausschlägt. Die Waagenskala trägt Kontakte, die je mit einem Zählwerk verbunden sind. Der Waagenzeiger bewegt sich nun allmählich bis zum größten Ausschlag, bleibt dort stehen und schließt bei der Umkehr den nächstliegenden Kontakt, wodurch das entsprechende Zählwerk weiterschaltet wird<sup>1</sup>.

Zuweilen, besonders in Maschinen, kommen verschiedene Arten

<sup>1</sup> Siemens-Jahrbuch 1928. S. 420. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H.

der Stückzahlermittlung gleichzeitig zur Anwendung. Ein Beispiel hierfür ist die in Abb. 25 gezeigte Zähl- und Abfüllmaschine für Tabletten.

Diese Maschine füllt in chemischen Werken Tabletten in Glasröhren. Dabei steht immer eine bestimmte Anzahl Röhren in einem Magazin nebeneinander. Die Tabletten werden auf einem Band zugeführt und durch einen Anschlag an der Füllstelle angehalten. Es sammeln sich dann hier zunächst soviel Tabletten als Röhren in dem davorstehenden Magazin sind. Diese Tabletten werden von einem Schieber gleichzeitig

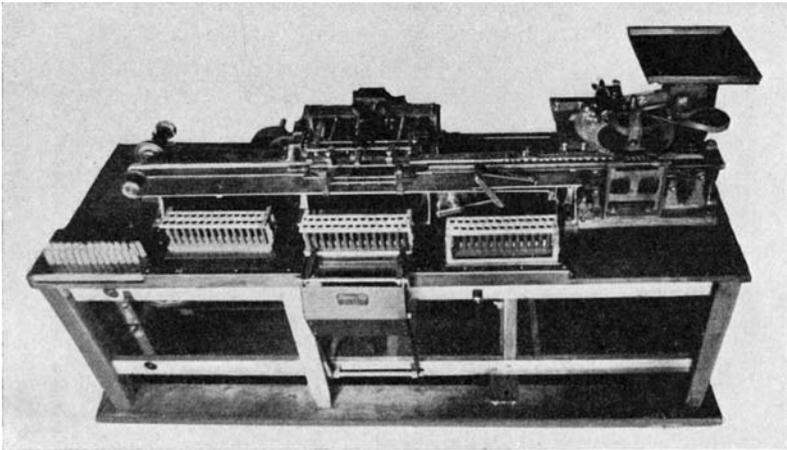


Abb. 25. Zähl- und Abfüllmaschine für Tabletten (Alfred Maul, Dresden).

in die Röhren abgestreift, so daß also jeweils eine Tablette in jede Röhre fällt. Die Stückzahl wird somit hier nach dem Längenbedarf kontrolliert. Nun faßt jede Röhre z. B. 20 Tabletten, d. h. der eben beschriebene Vorgang muß sich zwanzigmal wiederholen. Hierzu dient ein Zählrad, also wird die Stückzahl je Röhre durch Zählen überwacht.

### Die Kontrolle der Herstellänge.

Bei strangförmigen Erzeugnissen wird die Mengenkontrolle in der Regel auf die Herstellänge bezogen. Die Hauptkontrollmittel nannte bereits Abb. 3. Bei Verwendung eines Zählwerkes läßt man den Strang über ein sich drehendes Rad laufen und erhält so aus der Zahl der Umdrehungen und dem Radumfang ohne weiteres die Meterzahl. Ferner kann man das Zählwerk von einem sich bewegenden Maschinenteil aus antreiben oder auch mit Hilfe eines Rades oder Zylinders, die sich auf dem Strang abwälzen. Unmittelbar würde die Mengenkontrolle hier erfolgen, wenn man die Länge mit Hilfe eines Meterstabes mit der Längeneinheit vergliche. Die Kontrolle der Länge nach dem Raum-

inhalt hat nur in besonderen Fällen praktische Bedeutung, z. B. spult man Zwirnrollen mit einer vorgeschriebenen Garnlänge, indem man die Rollen bis zum Zylindermantel „füllt“. Die Verwendung der Waage für die Längenermittlung wird im nächsten Abschnitt behandelt werden.

### Die Kontrolle des Rauminhaltes.

Bei der auf S. 79 genannten dritten Gruppe von Betrieben, deren Erzeugnisse keine feste Gestalt haben, hat man die Wahl zwischen

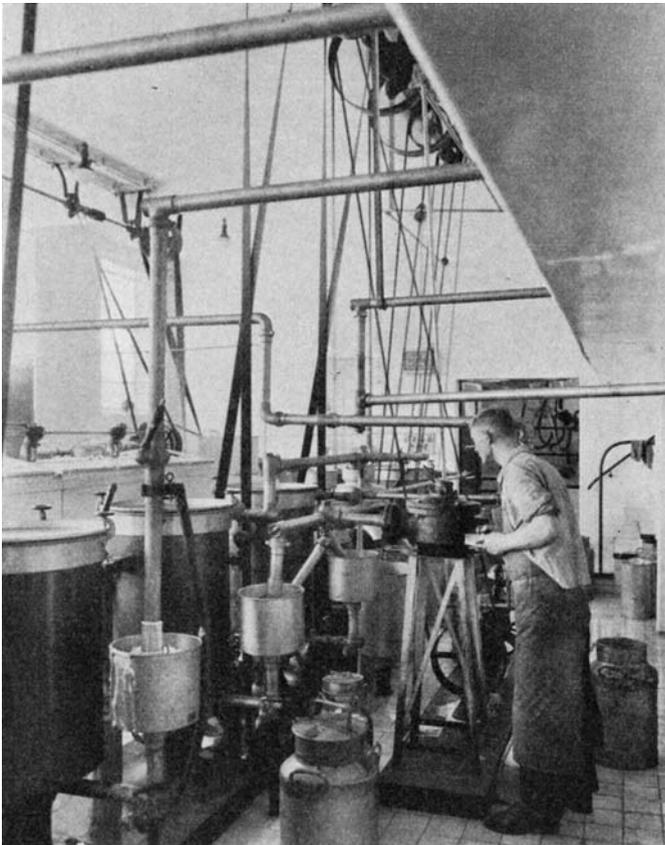


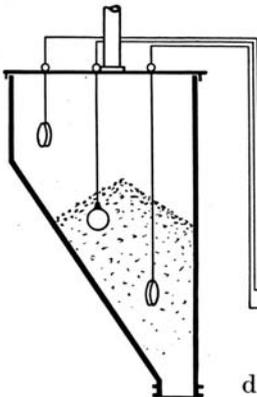
Abb. 26. Mengenkontrolle im Molkereibetrieb<sup>1</sup>.

einer Kontrolle des Rauminhaltes und einer Kontrolle des Gewichtes. Wirtschaftlichkeit, Herstelltechnik und Handelsbrauch entscheiden im Einzelfall.

<sup>1</sup> Hoerschelmann: Werksleiter 2 (1929), S. 37/41.

In ganz besonderem Maße hat die Kontrolle des Rauminhaltes auf die Stoffzustände und -eigenschaften Rücksicht zu nehmen. Feste Stoffe haben verschiedene Korngrößen und damit verschiedene Schüttwinkel, worauf bei der Form der Raumeßgefäße vor allen Dingen zu achten ist. Sie können hygroskopisch sein, dadurch im Raumbedarf schwanken und zum Festbacken neigen. Dickflüssige Stoffe stellen andere Bedingungen als dünnflüssige, bei Lösungen bereiten Abscheidungen zuweilen Schwierigkeiten, in anderen Fällen spielt die Temperatur eine erhebliche Rolle. Gase und Dämpfe werden als Fertigungsverfahren nur in besonderen Betrieben verwandt, sie können daher bei den nachfolgenden Betrachtungen unberücksichtigt bleiben; als Hilfsstoffe werden sie in Abschnitt 5 „Kontrolle von Energie- und Stoffverbrauch“ behandelt.

Nach dem Kontrollverfahren (Abb. 3) lassen sich die mechanischen Kontrollmittel in die Zähluhren, Standanzeiger, Raumeßgefäße und Waagen unterteilen. Zähluhren kommen in erster Linie für Gase und Flüssigkeiten in Frage; so zeigt Abb. 26 die Anwendung eines Scheibmessers zur Kontrolle von Milchmengen. Um eine Kontrolle durch



Zählen handelt es sich hier insofern, als durch die strömende Stoffmenge ein Meßkörper in Umdrehungen versetzt wird und diese Umdrehungen gezählt werden. Kontrollmittel dieser Art kommen immer in erster Linie für die Erfassung von Gesamtmengen in Frage.

In der Ruhe kann man die Stoffmenge häufig besonders einfach mit Hilfe von Standanzeigern ermitteln. In der Regel wird dabei nicht gemessen, sondern nur festgestellt, wie weit die Stoffmenge

den Lagerbehälter noch erfüllt. Die Kontrollmittel ermitteln also lediglich die Höhe der Stoffmenge in ihrem Behälter, die Raummenge wird somit aus einer Länge mittelbar bestimmt.

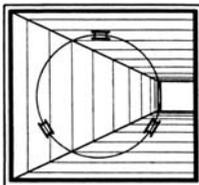


Abb. 27. KSG-Bunkerstandanzeiger (Kohlenscheidungs-Gesellschaft m. b. H., Berlin).

Erinnert sei hier an die Wasserstandanzeiger an Kesseln. Ein anderes Beispiel bringt Abb. 27, das ein Gerät zur Kontrolle des Bunkerinhaltes zeigt. Innerhalb der Bunkerfüllung sind in verschiedener Höhenlage Kapseln mit druckempfindlichen Membranen angeordnet, wie Abb. 27 schematisch andeutet. Die Kontaktdosen (Abb. 28) sind mit einem

Signalschrank (Abb. 29) verbunden. Drückt die Bunkerfüllung seitlich gegen die Druckscheibe einer solchen Kontaktdose, so leuchtet die zu-

gehörige Glühlampe im Signalschrank auf. Beim Füllen des Bunkers leuchtet z. B. zuerst die unterste Lampe (vgl. Abb. 29) auf, beim weiteren Füllen auch die mittlere und schließlich die obere. Gleichzeitig mit dem Aufleuchten der letzten Birne ertönt eine Hupe, die das Ende der Füllung meldet. Entsprechend erfolgt die Überwachung der Bunkerentleerung.

Ebenso dosiert man Flüssigkeiten zuweilen nach der Höhe. Der Grund liegt hier in den Ungenauigkeiten der Behälter, z. B. der Flaschen, und in der Einstellung des Verbrauchers, der „voll“ gefüllte Flaschen fordert.

Bei diesem Beispiel hat also die Mengenkontrolle die Aufgabe, einen bestimmten Mindestwert sicherzustellen und die Ist-Menge von Fall zu Fall zu regeln.

In Mühlenbetrieben, die z. B. verschiedene Weizensorten verarbeiten, ist es notwendig, das Gut auf einen einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt zu bringen. Hierzu dienen Netzapparate, die das Getreide benetzen, und die zum Teil die Wasserzufuhr bei Arbeitsunterbrechungen selbsttätig abstellen. Das Mahlgut nimmt dabei Wasser auf, während es den Netzapparat auf eine geringe Strecke durchfließt. Je nach dem natürlichen Feuchtigkeitsgehalt des Getreides wird dabei seine Weglänge durch den Netzapparat geändert. Dieser Fall stellt somit eine Kontrolle der zuzusetzenden Wassermenge nach der Länge des Förderweges dar, durch die bei gegebener Geschwindigkeit des Getreides die Zeitdauer des Benetzens und damit bei Kenntnis der Wasseraufnahme je Zeiteinheit der Wasserezusatz bemessen wird. Hierbei braucht man natürlich für die Regelung



Abb. 28. Kontaktdose des KSG-Bunkerstandanzeigers<sup>1</sup>.

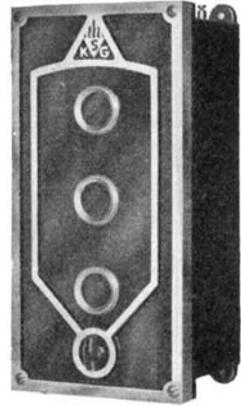


Abb. 29. Signalschrank des KSG-Bunkerstandanzeigers<sup>1</sup>.

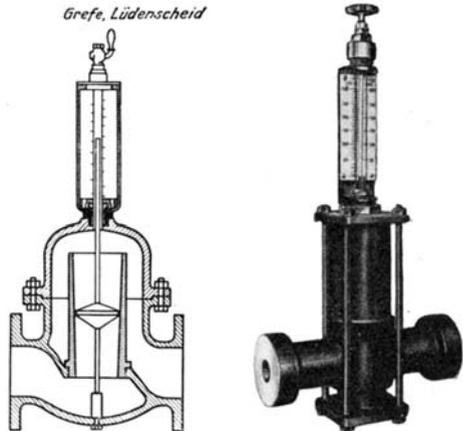


Abb. 30. Durchflußmesser (Grefe, Lüdenscheid).

<sup>1</sup> Giesecke: Bunkerstandanzeiger, Feuerung 1929, Nr 3.

der Wasserzufuhr zu dem Netzapparat noch einen Mengemesser, der die zufließende Wassermenge je Zeiteinheit mißt. Einen solchen Durchflußmesser zeigt Abb. 30, er ist ein ausgesprochenes Betriebsgerät.

Die Ermittlung des Rauminhaltes gleichzeitig durch Zählen und Längenermittlung liegt dem Kubikmeterzähler nach Abb. 31 zugrunde.

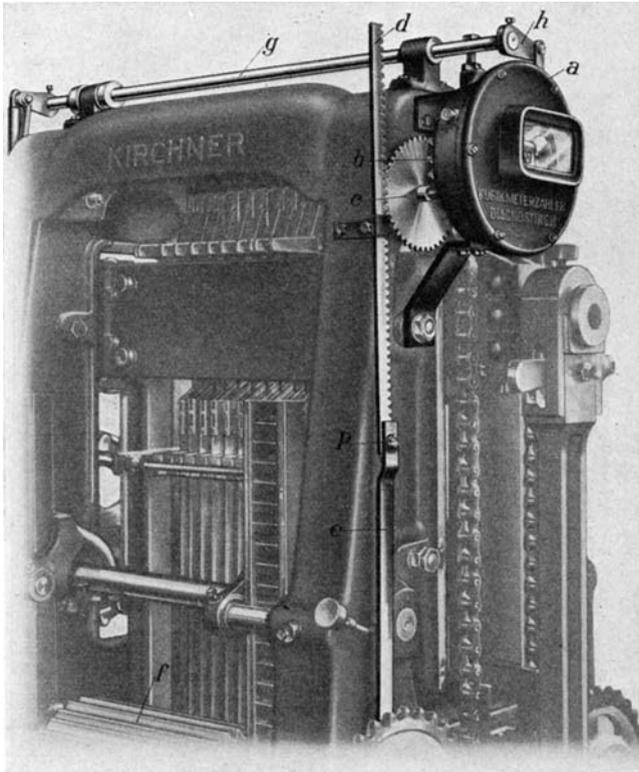


Abb. 31. Kubikmeterzähler, System Dr. Peiseler.

Er wird zur Leistungskontrolle in Gatter eingebaut und ermittelt hier den Rauminhalt der verarbeiteten Baumstämme als Funktion von Stammdurchmesser und Stammlänge. Die Länge wird dadurch bestimmt, daß ein Rad des Zählers in die Vorschubkette des Gatters eingreift, wodurch eine Zählsscheibe angetrieben wird. Den Stammdurchmesser steuert die obere Vorschubwalze des Gatters, indem sie mittels einer Kurvenscheibe das Zählwerk auf der Zählsscheibe verschiebt. Obwohl der Stammquerschnitt nach der Formel  $q = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$  nur roh ermittelt wird, arbeitet der Zähler genauer als die früheren Maßverfahren.

In besonders großem Umfange wird naturgemäß die unmittelbare Kontrolle der Raummenge ausgeübt, die im Sinne der Ausführungen auf S. 83 Einzelmengen bestimmt. Das Hauptanwendungsgebiet ist hier das Dosieren, wobei die Kontrolle einen selbständigen, sich immer wiederholenden Arbeitsgang bildet. Ihm schließt sich dann ein Mischen oder Pressen oder Abfüllen an. Die große Reihe der für das Dosieren zur Verfügung stehenden Hilfsmittel führt vom einfachen Litermaß, also der Handarbeit, über die halb- und vollselbsttätige Dosiermaschine bis zur hochentwickelten Mehrartsondermaschine<sup>1</sup>, die mehrere Arbeitsarten ohne menschliche Arbeitskraft vollzieht, z. B. Dosieren, Abfüllen, Formen, Pressen, Stempeln. Die einzelnen Glieder dieser Kette sind einerseits gekennzeichnet durch den Anteil der Lohnkosten, andererseits durch die Beherrschung des Stoffverbrauchs (Kontrollgenauigkeit, Verluste durch Mengen-

abgang). Andere wesentliche Gesichtspunkte sind in den Betrieben, die durch Mischen neue Stoffe schaffen, der Sicherheitsgrad für die Einhaltung der vorgeschriebenen Qualität und in den Verarbeitungsbetrieben der Lebens- und Genußmittelindustrie die Annäherung an das hygienische Ideal.

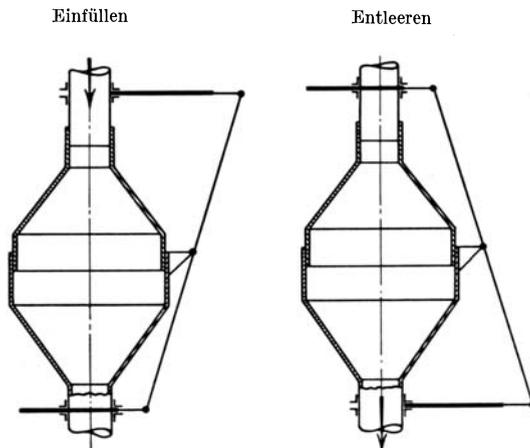


Abb. 32. Raummäßgefäß für gemahlene Stoffe.

Bei den Meßbehältern selbst ist neben der bereits betonten Formgebung in der Regel besonderer Wert auf eine leichte Verstellbarkeit zu legen. An einem Sonderfall erläutert dies Abb. 32.

Die Stoffmenge wird hier auf dem Wege zwischen dem Bunker und dem Mischer bestimmt. Mit Hilfe eines Doppelkegels ist der zu kleine Rohrquerschnitt für die Messung erweitert, das zylindrische Zwischenstück zwischen den beiden Kegeln ermöglicht die Einstellung verschiedener Dosiermengen dadurch, daß Ober- und Unterteil des Meßgefäßes verschieden weit ineinandergeschoben werden können.

Für die Lösung der konstruktiven Aufgabe steht eine größere Anzahl von Meßelementen zur Verfügung. Besonders häufig verwendet man feststehende Zylinder mit Kolben, rotierende Zylinder mit Schlitzen

<sup>1</sup> Vgl. Kienzle: Fließarbeit. S. 143. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1926.

unter Bunkerausläufen, Schieber für die Begrenzung von Strömungsquerschnitten, Förderschnecken, Zuteilräder bei Fördermitteln, um eine senkrechte Achse rotierende Scheiben mit Abstreifern bei Schüttgütern, kommunizierende Gefäße, Kippgefäße für Flüssigkeiten usw.

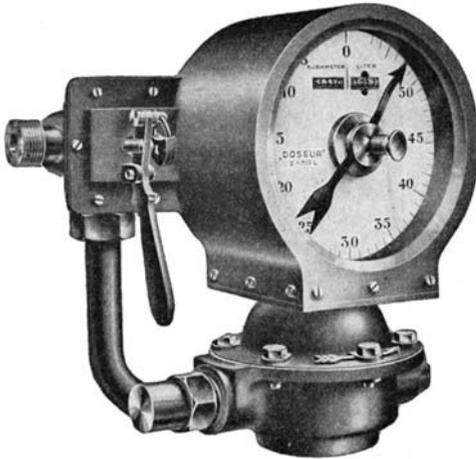


Abb. 33. Automatischer Litermeßapparat  
(Klinghoff Apparatebau).

Einige Ausführungsbeispiele zeigen die Abb. 33 bis 36.

Der Litermesser nach Abb. 33 dosiert selbsttätig die mit Hilfe des Zeigers eingestellte Menge. Nach Abfluß dieser Menge kehrt der Zeiger auf Null zurück und sperrt den Apparat ab, so daß die neue Dosierung sofort erfolgen kann. Die abgelassenen Einzelmengen werden von einem Zählwerk addiert.

Mit einer Trommel arbeitet die Dosiermaschine für Handabfüllung (Abb. 34). Die Trommel hat zwei Meßräume, die umschichtig vor den Vorratsraum und vor die Abschüttöffnung gelangen. Dabei wird das Füllgut mit Hilfe einer besonderen Vorrichtung aus dem Meßraum herausgedrückt. Die zu dosierende Menge wird mit einem Handrad eingestellt.

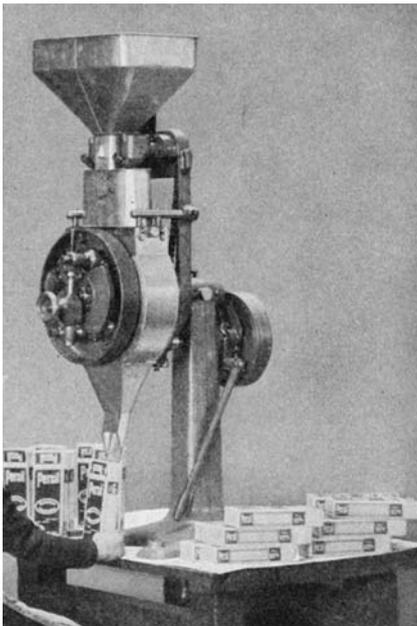


Abb. 34. Dosiermaschine für Handabfüllung  
(Fr. Hesser, Maschinenfabrik A.G., Stuttgart-Cannstatt).

Abb. 35 zeigt eine selbsttätige Dosiermaschine mit Kolben. Dieser saugt aus dem Vorratsraum die eingestellte Menge an und schiebt sie dann mit dem Gegenhub in den Packbehälter ab. In der Abbildung ist eine Verschließmaschine mit der Abfüllmaschine gekoppelt.

Eine höhere Genauigkeit erzielt die Maschine nach Abb. 36, sie ist hier in eine vollständige

Paketieranlage eingebaut, die z. B. für Kakao benutzt wird. Die Maschine weist drei senkrechte Zylinder auf, denen das Füllgut seitlich zugeführt wird. In den Zylindern laufen Schnecken, die mit jeder Umdrehung eine bestimmte Menge fördern. An der ersten Füllstelle gibt man der Schnecke so viel Umdrehungen, daß sie 90 bis 95 % der verlangten Menge liefert. An der zweiten und dritten Füllstelle, die der genauen Dosierung dienen, stehen gleichzeitig immer je zwei Packungen auf zwei Waagebalken. Sobald diese einspielen, wird die weitere Zufuhr an Füll-

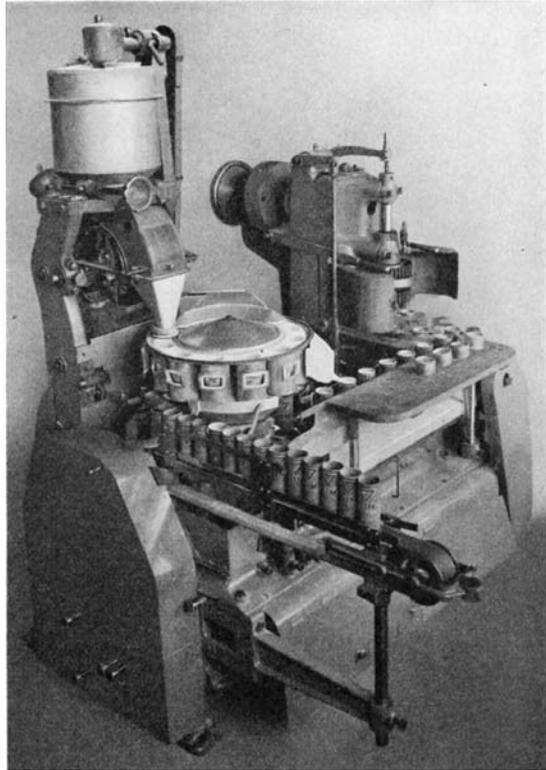


Abb. 35. Selbsttätige Dosiermaschine (Fr. Hesser, Maschinenfabrik A G., Stuttgart-Cannstatt).

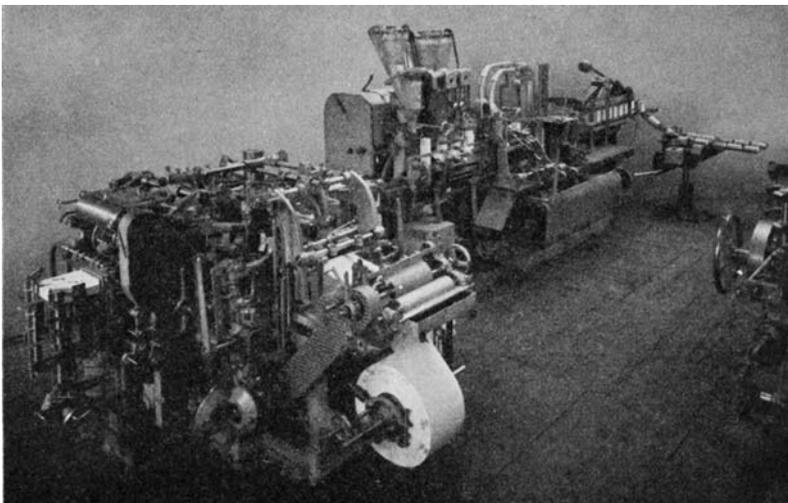


Abb. 36. Füll- und Packmaschinengruppe (Fr. Hesser, Maschinenfabrik A G., Stuttgart-Cannstatt).

gut elektrisch abgestellt. Am Ende der Anlage befindet sich noch eine Kontrollstelle, die mit Hilfe zweier abwechselnd arbeitenden Schnellwaagen die fertigen Packungen nachwägt und zu schwere und zu leichte Packungen selbsttätig ausmustert.

### Die Kontrolle des Gewichtes.

In den meisten Fällen wird man das Gewicht unmittelbar durch Wägen ermitteln (vgl. S. 83). Aus besonderen Gründen nimmt man jedoch hiervon in einzelnen Fällen Abstand, so daß die schematische Darstellung (Abb. 3) auch für die Kontrolle des Mengengewichtes zutrifft.

Bei der Kontrolle durch Zählen kann man dabei am Zählwerk das Gewicht selbst anzeigen. In anderen Fällen begnügt man sich damit, aus der von dem Zählwerk festgelegten Zahl das Gewicht zu errechnen. So bestimmt man z. B. bei Hängebahnwagen das Bruttogewicht der einzelnen Behälter und stellt das Nettogewicht hieraus durch Umrechnung fest, indem man die Anzahl der über die Waage gefahrenen Behälter zählt und bei bekanntem Einzelgewicht daraus das gesamte Behältergewicht errechnet. Bei der Kontrolle des Stoffgewichtes aus dem Längenbedarf oder Rauminhalt legt man dagegen das Raumgewicht des Stoffes zugrunde. So kann man z. B. Standanzeiger mit einer Gewichtsskala versehen. Vor allem aber wird das Gewicht nach dem Rauminhalt bei den Abfüllmaschinen kontrolliert, die meist die Stoffmenge nach dem Rauminhalt dosieren, obwohl die mit Hilfe dieser Maschinen abgefüllte Menge nach Gewicht gehandelt wird. Zur Sicherheit werden dann in der Regel in bestimmten Zeitabständen einzelne Packungen herausgegriffen und nachgewogen. Andere Maschinen arbeiten mit selbsttätiger Gewichtskontrolle zur Sicherung der nach dem Rauminhalt dosierten Menge. Soweit Wägevorrichtungen nicht eingebaut sind, wurde auf die Dosiermaschinen bereits auf S. 106 u. 107 eingegangen.

## 5. Sicherung der Mengenkontrolle.

Auch der Mengenkontrolle drohen Gefahren, und zwar können sie den Unvollkommenheiten des Menschen oder der Kontrollmittel entspringen. In beiden Fällen kann ein größerer oder kleinerer Verbrauch als das Ist vorgetäuscht werden, die Kontrolle der den Betrieb durchfließenden Stoffmengen muß daher nach beiden Richtungen gesichert werden. Die auf den vorhergehenden Seiten beschriebenen Kontrollmittel schränken zwar die Gefahrenmöglichkeiten wesentlich ein, sie sichern jedoch noch nicht die Kontrolle. Vor allen Dingen gilt dies für die Einführungszeit in den Einzelbetrieb, in der die Arbeiter sich an die Kontrollmittel erst gewöhnen müssen.

Die Zählbehälter schließen Zählfehler aus, bei zweckgerechter Ausrüstung begrenzen sie auch die Stückzahlmenge nach oben, dagegen besteht die Gefahr der Mengenminderung. Ihr begegnet man, indem man Kisten z. B. mit Öffnungen versieht, durch die man von außen sofort die Vollzähligkeit des Inhaltes nachprüfen kann. Diese Maßnahme ist dann besonders angezeigt, wenn eine Zählkiste mehrere übereinanderliegende Einsätze hat. Zuweilen werden Kisten mit Deckeln auch plombiert.

Gegen die Verwendung von Zählwerken wird häufig eingewandt, daß die Sicherheit der Kontrolle dadurch leide, daß Ausschußstücke mitgezählt werden, und daß die Mengenanzeige durch Maschinenleerlauf und willkürliche Betätigung der Zählwerke beeinflusst werden kann. Hinsichtlich des Ausschusses ist dem entgegenzuhalten, daß dieser bei jedem Verfahren der Mengenkontrolle für sich erfaßt und von der Gesamtleistung einer Arbeitsstelle abgezogen werden muß. Hierfür sorgt man, indem man auf jeder Mengenbescheinigung gleichzeitig den Ausschuß und die Abgänge nachweisen läßt. Gegen den „Leerlauf“ der Zählwerke schützt jedoch die Gegenkontrolle: Die von einem Arbeitsplatz abgelieferte Menge muß der zugeführten gleich sein, etwaige Unterschiede müssen innerhalb der Genauigkeit des für die Mengenerfassung angewandten Verfahrens liegen. In dem Beispiel der Abb. 20 die die Anwendung des Autographen an einem Index-Automaten zeigt, wäre z. B. auf der einen Seite das Gewicht der verarbeiteten Stangen zu kontrollieren, auf der anderen die Stückzahl und die Stangenreste. Die Gegenkontrolle liegt dann darin, daß die Gleichung  $\text{Stangengewicht} = \text{Stückzahlrohgewicht} + \text{Gewicht der Stangenreste}$  erfüllt sein muß.

Eine andere, für Zählwerke typische Sicherungsmaßnahme besteht darin, daß man zwei Zählwerke in den Mengenfluß einschaltet. Die Zählwerke brauchen dabei nicht an demselben Arbeitsplatz oder an benachbarten Plätzen angebracht zu sein. Wird in einer Werkstatt z. B. ein einziges Erzeugnis hergestellt, so genügt es, Zu- und Abfuhr der Mengen mit je einem Zähler zu kontrollieren. Beide Zähler werden naturgemäß in ihren Anzeigen nie genau übereinstimmen, man muß hier also von vornherein mit einer Toleranz rechnen, die durch das Arbeitsverfahren (Ausschuß, ungenaue Dosierung, Temperatureinflüsse usw.) bedingt ist. Es wird nun vorkommen, daß das erste Zählwerk wesentlich mehr als das folgende anzeigt. Erfasst man die Ausschußmenge getrennt, so muß der Unterschied der Zählerergebnisse mit ihnen übereinstimmen. Abweichungen, d. h. Fehlbeträgen, beugt man am besten vor, indem man die Belegschaft an einer richtigen Zähleranzeige interessiert.

Man kann die Zählwerkanzeige ferner dadurch sichern, daß man

z. B. ein Rückwärtsbewegen durch Sperrklinken unmöglich macht. Der Gedanke ist in dem Silbergewichtszähler der Abb. 37 verwirklicht. Dieser hat zwei Zählwerke, das obere wird jeweils auf die Grammzahl des gewünschten Silberniederschlaggewichtes eingestellt und geht dann



Abb. 37. Silbergewichtszähler (Vereinigte Elektrochemische Fabriken Dr. O. Hahn).

bei der Abscheidung allmählich auf Null zurück. Dagegen liefert das untere Zählwerk den Jahressilberverbrauch, da es nur an der Vorwärtsbewegung des ersten Zählwerkes teilnimmt. Eine Sperrklinke schützt gegen ein Zurückdrehen.

Wesentlich ist ferner die Sicherung dagegen, daß das Zählwerk bei Leerlauf der Maschine weiterzählt. Man erreicht sie entweder dadurch, daß man den Leerlauf mit Hilfe eines Schreibwerkes erfaßt oder dadurch, daß man für selbsttätige Ausschaltung des Zählers bei Maschinenleer-

gang sorgt. Nach dem letzten Verfahren ist u. a. der bereits in Abb. 31 vorgeführte Kubikmeterzähler gesichert. Abb. 38 zeigt diese Sicherung. Sie besteht in einer Abhebevorrichtung (Welle *g* mit Hebeln *h* und *i* und Hubstange *k*), die durch einen Anschlag *l* ausgelöst wird. Sobald die Oberwalze des Gatters von unten keinen Druck erhält, wird damit selbsttätig der Zähler ausgerückt.

Bei Stückzählwaagen könnten größere Fehler dadurch entstehen, daß zu viel oder zu wenig Stücke in die Zählchalen gegeben werden. Aber auch hier kann man der Kontrolle die Gegenkontrolle gegenüberstellen.

Eine Gefahr bei selbsttätig arbeitenden Dosiereinrichtungen liegt in der Möglichkeit, daß gelegentlich eine zu geringe Stoffmenge in der vorgegebenen Zeit zufließt. In der Regel ordnet man daher hier Stichproben an, für die unter Umständen ein zweiter Abfluß am Meßgefäß vorzusehen ist. Oft kann man den Mengenfluß an einer Stelle sichtbar machen oder ein Signal bei zu geringer Dosiermenge geben lassen. Bei Flüssigkeiten wird man vor Dosiergefäßen Durchflußmesser (vgl. Abb. 26) in die Rohrleitung einschalten.

Zuweilen muß die Menge an derselben Stelle nach zwei Kontrollverfahren überwacht werden (vgl. S. 107 und Abb. 36). In anderen

Fällen hält man das Kontrollmittel unter Verschuß, dies tut man in der Regel bei Zählwerken (siehe Abb. 20). Stets ist natürlich erforderlich, den Zustand der Kontrollmittel laufend zu kontrollieren, insbesondere das Arbeiten der Mengenanzeigevorrichtung.

Derartige technische Mittel können sich jedoch immer nur auf Einzelheiten erstrecken, die Hauptsicherung dagegen liegt in der plan-

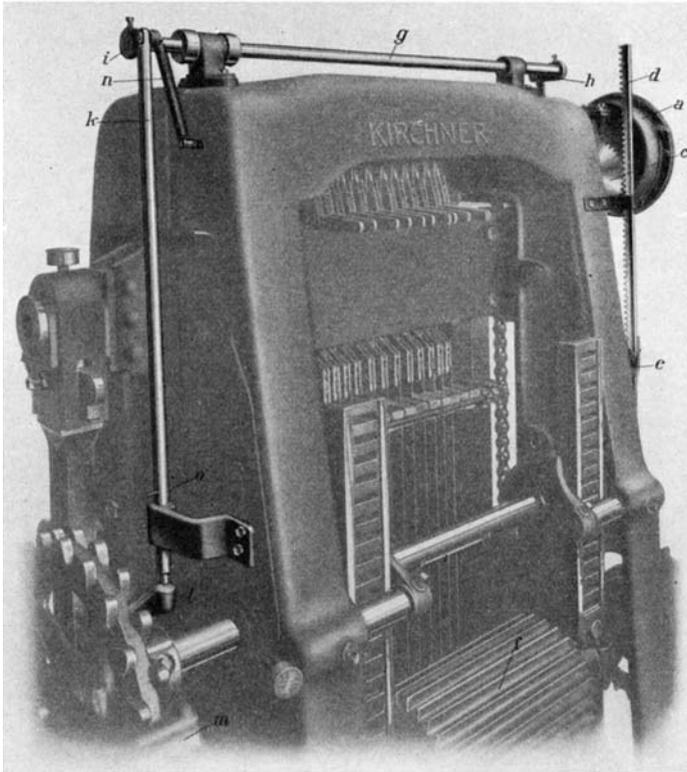


Abb. 38. Abhebevorrichtung des Kubikmeterzählers System Dr. Peiseler (Abb. 31) bei Gatterleerlauf.

mäßigen Verteilung der Kontrollstellen über den Betrieb. Die Kontrolle ist nur dann gesichert, wenn stets der gesamte Querschnitt des Mengenflusses erfaßt wird, da erst dadurch ein Vergleich der Ergebnisse aufeinanderfolgender Stellen, d. h. die Gegenkontrolle, ermöglicht wird. Bei Aufstellung von Plänen für die Mengenkontrolle muß daher stets die theoretisch einfache, praktisch nicht immer leicht zu kontrollierende Gleichung beachtet werden:

$$\text{Verarbeitungsmenge} = \text{Herstellmenge} + \text{Abgang} + \text{Ausschuß}$$

Läßt man die einzelnen Posten von verschiedenen Personen oder verschiedenen Kontrollmitteln erfassen und ergeben dann die Seiten der obigen Gleichung gleiche Werte, so hat man im allgemeinen die Gewähr für eine einwandfreie Mengenkontrolle.

Besondere Sorgfalt verdient dabei in jedem Fall die Frage, wie weit die Kontrollergebnisse schriftlich festzuhalten sind. Man sichert die Richtigkeit der Aufzeichnungen, indem man mehrere Personen zusammenwirken läßt und rückläufige Bewegungen der Kontrollaufzeichnungen vermeidet. Ebenso dürfen diese nicht von einer Stelle aufbewahrt werden, die am Ausfall des Kontrollergebnisses interessiert ist.

## 6. Wirtschaftliche Grenze der Mengenkontrolle.

Die Mengenkontrolle kann auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebes in mehrfacher Weise einwirken. Indem sie die „Sickerstellen“, an denen die Mengenverluste entstehen, aufdeckt und dadurch deren Behebung ermöglicht, hat sie eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit unmittelbar zur Folge. Ohne Mengenkontrolle ist eine Leistungskontrolle und damit die Festsetzung eines Akkordes undenkbar; der Akkord aber ist ein wichtiges Mittel zur Erzielung guter Arbeitsleistungen, insofern also beeinflußt die Mengenkontrolle die Wirtschaftlichkeit mittelbar. Eine Kontrolle der Stoffmengen erfüllt jedoch ihre Aufgabe nur dann vollkommen, wenn sie von einer Kontrolle der Güte begleitet ist. Damit aber wird eine genaue Beobachtung des Ausschusses ermöglicht, die ihrerseits Rückschlüsse auf die in der Herstelltechnik liegenden Mängel gestattet und Fingerzeige zu ihrer Abstellung gibt. So stehen die drei Stoffkontrollen nach Menge, Güte und Zeit in engster Beziehung zueinander als Mittel wirtschaftlichen Vorwärtstrebens (vgl. S. 4/5). Aber noch in anderer Hinsicht hat die Mengenkontrolle einen wirtschaftlichen Charakter, nämlich als Grundlage der Abrechnung von Betrieb zu Betrieb, für die sie unabweisliche Notwendigkeit ist.

Sofern die Mengenkontrolle der Verhütung von Mengenminderungen dient, sind ihre wirtschaftlichen Grenzen durch die Erfüllung der Bedingung gezogen, daß der Aufwand für die Kontrolle den Wert des erzielbaren Mengengewinns nicht überschreiten darf. Je mehr die Kosten für die Kontrolle an einer Stelle gesenkt werden können, desto weiter kann also die wirtschaftliche Begrenzung gezogen werden. Da die Möglichkeiten für eine solche Verringerung des Kontrollaufwandes in den einzelnen Betrieben sehr verschieden sind, liegen praktisch die wirtschaftlichen Grenzen der Mengenkontrolle in jedem Fall anders. Z. B. lassen sich manche Arbeiten ohne weiteres mit einer Mengenüberwachung verbinden, ohne daß dadurch wesentliche Mehrkosten entstehen; Beispiele hierfür sind das Sortieren und das Verpacken.

Ebenso kann man das Absieben eines Stoffes derart durchführen, daß dieser durch das Sieb unmittelbar in Meßbehälter gelangt. Während man in Betrieben, in denen diese Arbeiten häufig vorkommen, daher mit der Mengenkontrolle sehr weit gehen kann, sind ihre Grenzen in anderen sehr eng gezogen.

Man wird natürlich die Mengenkontrolle an die Stellen legen, an denen die Gefahr einer Mengenminderung am größten ist. Dies setzt voraus, daß die Betriebsleitung über die Größenordnung der Mengenminderungen genau unterrichtet ist. Wo diese Kenntnis fehlt, müssen die Unterlagen erst geschaffen werden; für solche Betriebe muß gefordert werden, daß für eine nicht zu kurze Zeitspanne tatsächlich jede einzelne Arbeitsstelle der Mengenkontrolle unterworfen wird. Erst wenn man auf diese Weise ein klares Bild gewonnen hat, kann man die Grenzen der Mengenkontrolle nach wirtschaftlichen Erwägungen ziehen. Wichtig ist jedoch immer, daß die zu einem früheren Zeitpunkt ermittelten Verhältnisse von Zeit zu Zeit durch Stichproben kontrolliert werden.

Grundsätzlich anders liegen dagegen die Verhältnisse, wenn die Mengenkontrolle einen Teil der Leistungskontrolle der Akkordarbeiter bildet. Hier ist die Mengenüberwachung eine Notwendigkeit schlechthin, da sie durch die Eigenart des Entlohnungsverfahrens bedingt ist.

Einen wesentlichen Einfluß auf die wirtschaftliche Begrenzung der Mengenkontrolle hat schließlich das Arbeitsverfahren. Am deutlichsten kommt dies bei der Fließarbeit zum Ausdruck. Dadurch, daß bei diesem Arbeitsverfahren die Leistungen der eine Reihe bildenden Arbeitsplätze genau aufeinander abgestimmt sein müssen, kann sich hier die Mengenkontrolle darauf beschränken, das Enderzeugnis mengenmäßig zu erfassen. Aus diesem ergibt sich der theoretische Verbrauch für jeden einzelnen Arbeitsplatz von selbst, die Kontrolle wird durch einen Vergleich mit den vom Lager ausgegebenen Mengen geschlossen.

Unter Umständen werden sogar die Mengen bei der Ausgabe aus dem Lager gar nicht bestimmt; dies ist natürlich nur denkbar, wenn die Gefahr einer Wertverschleuderung nicht besteht. Vor allen Dingen hat es keine wirtschaftliche Berechtigung, Mengen von Stoffen zu kontrollieren, deren Wert am Enderzeugnis nur Bruchteile eines Prozents beträgt. Hier ist es entschieden wirtschaftlicher, in der Kostenrechnung mit einem Zuschlag zu arbeiten, dessen Höhe der tatsächliche Verbrauch bestimmt.

# Kontrolle durch Wiegen.

Von Dr. F. H. Zschacke.

## 1. Begriff des Wiegens und seine Stellung zur Mengenkontrolle.

Die Kontrolle der Betriebswirtschaft durch Wiegen ist sowohl in technischer wie in historischer Hinsicht mit der Mengenkontrolle aufs engste verknüpft und stellt, streng genommen, nur eine Unterabteilung der Mengenkontrolle dar; denn in der Tat bestimmt man mit der Waage und dem Gewicht Stoffmengen oder Massen, und das Wiegen stellt nur einen Vergleich der Stoffmengen irgendeines Materials mit dem Einfachen, Mehrfachen oder dem Bruchteil einer zunächst willkürlich angenommenen, dann aber physikalisch wohldefinierten Masseneinheit dar.

Aber auch in historischer Hinsicht hat sich die Kontrolle durch Wiegen und die Waage aus der Kontrolle durch Abzählen und Abmessen entwickelt; lange Zeiten mußten verstreichen, ehe die Waage zu ihrer heutigen Vollkommenheit entwickelt und allgemein in den Fertigungsbetrieb übernommen wurde. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde eine Mengenkontrolle ausschließlich durch Abzählen und Abmessen ausgeführt. Und auch heute hat die Waage, besonders in der Mengenbestimmung von flüssigen, pulverigen und stückigen Stoffen noch immer nicht das in vielen Fällen ungenauere Abmessen verdrängen können. Es sei hier nur auf die keramische und Glasindustrie verwiesen. Aus diesem Grunde soll daher diese Art der Mengenkontrolle kurz gestreift werden, um die Nachteile anzudeuten, die das Abmessen gegenüber dem Abwiegen aufweisen kann.

Das Verfahren des Abmessens beruht auf einer Volumenbestimmung unter der Annahme, daß ein stets gleiches Volumen der abzumessenden Stoffe auch ein stets gleiches Gewicht besitzt. Für Flüssigkeiten trifft diese Annahme in der ersten Annäherung auch zu und wird deshalb in diesem Fall unter Beachtung besonderer Vorsichtsmaßregeln, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, mit vollem Recht angewendet. Bei festen Stoffen kann dagegen diese Annahme von der Konstanz des Gewichtes bei gleichen Volumen zu erheblichen Abweichungen von der festgelegten Gewichtsmenge führen. So ist der „Füllraum“ eines festen Stoffes u. a. von dem Feuchtigkeitsgehalt, der Teilchengröße, der

Pressung und dem Volumgewicht abhängig. Es sei hierbei auf die Soda verwiesen, die z. B. in der Seifen- und Glasindustrie in großen Mengen zur Verwendung kommt. Es werden leichte, schwere und granuliert Soda hergestellt, und häufig werden leichte und schwere Soda gleichzeitig verarbeitet. Da nun die Raumgewichte der verschiedenen Sodaarten bei lockerer Lagerung 0,80, 0,99 und 1,05 betragen, während die entsprechenden Werte bei gepreßter Lagerung 1,00, 1,16 und 1,09 sind, ist leicht zu erkennen, welche Fehler im Gewicht der abgemessenen Mengen auftreten können, abgesehen von den Mengenirrtümern, die bei dem Abmessen in Gefäßen mit großem Durchmesser vom Arbeiter begangen werden. Die Genauigkeit des Abwiegens dagegen ist von der Beschaffenheit des abzuwiegenden Stoffes fast völlig unabhängig und nur von der Art der Benutzung der Abwiegevorrichtung bestimmt, worauf später näher eingegangen wird.

## 2. Zweck und Aufgabe der Kontrolle durch Wiegen.

Wo die Waage in der Betriebskontrolle einzugreifen hat und welche Aufgaben ihr zuzuweisen sind, damit die Kontrolle ihren Zweck erfüllt, geht bereits aus den in Kapitel 1 gegebenen Grundlagen hervor (s. S. 23).

Betrieblich hat Hoerschelmann<sup>1</sup> die Aufgaben der Mengenkontrolle, sei es durch Raummessung oder Gewichtsbestimmung, so umrissen:

a) die Erfassung des „Ist-Zustandes“ der Rohstoffe der Halb- und Fertigerzeugnisse und

b) die Verfolgung der Mengenänderung während des Fertigprozesses.

Der Zweck dieser Massenbestimmung ist:

a) der Schutz vor Wertverschleuderung,

b) die Sicherheit der Qualität, besonders bei Gütern, die ein Mischprodukt darstellen, und

c) die Sicherheit in den Dispositionen und Herstellung einer Grundlage für die Abrechnung.

Hieraus geht hervor, daß die Betriebskontrolle durch Wiegen sowohl quantitative wie qualitative Fragen zu lösen hat. Jedoch ist stets das Grundlegende für diese Art der Kontrolle die Bestimmung der Quantität, die auf die Qualität erst im Laufe des Fertigungsprozesses bestimmend einwirkt. Reine Wertbestimmungen durch Wiegen kommen im Betriebe nur in Ausnahmefällen vor, meist werden diese Art von Kontrollen in das Laboratorium zu verweisen sein, wie z. B. die Bestimmung von spezifischen Gewichten von Schmelzen, Legierungen, Gläser, Lösungen; es

<sup>1</sup> Vgl. „Kontrollen im Betriebe“, Vortrag „Mengenkontrolle“, S. 7, herausgegeben und verlegt von der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure. In Kommission: VDI-Verlag GmbH., Berlin NW 7.

sei hierbei nur auf die Bestimmung des spezifischen Gewichtes und damit des Prozentgehaltes von Säuren, Laugen, Alkohol, Milch u. a. verwiesen.

Ein kurzer Betriebsgang an Hand des im ersten Kapitel (S. 8, Abb. 4) gezeigten Schemas zeigt, an welchen Stellen im Betriebe die Kontrolle durch die Waage einzusetzen hat und welche Aufgaben ihr hier gestellt werden müssen, um die oben angegebenen Fragen zu lösen und um die Grundlage für eine einwandfreie Betriebsführung zu geben.

Wir werden hierbei den Eingang der Rohstoffe in das Vorratslager

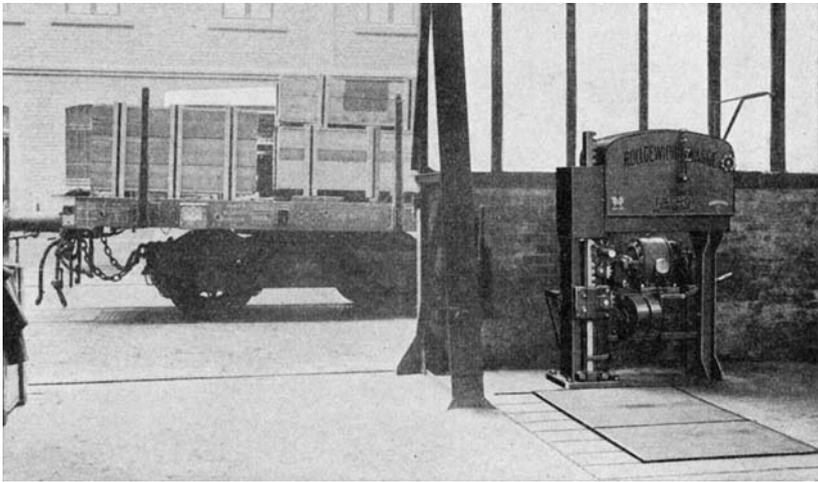


Abb. 1. Kontrolle der ein- oder auslaufenden Waren durch eine Waggonwaage (Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.).

und ihren Ausgang zur Weiterverarbeitung verfolgen, bei der Tätigkeit der Waage während des Fertigungsprozesses verweilen und endlich die Aufgaben betrachten, die die Waage bei der Verpackung und beim Versand zu erfüllen hat.

**a) Eingang der Rohstoffe.** Beim Eingang der Rohstoffe ist der Ist-Zustand gegeben durch die tatsächlich angelieferte Menge, welche durch die Waage angezeigt wird. Der Soll-Zustand wird durch die Angaben der Bestellung oder der Versandanzeige festgelegt. Das Kontrollergebnis stellt die Differenz zwischen beiden Angaben fest, und die Abweichung kann in der Regel für die Zukunft durch Beschwerden eingedämmt werden. Bei größeren Sendungen wird meist eine bahnamtliche Wiegekarte vorliegen; hier wird nur bei wertvollen Rohmaterialien eine Nachwägung mittels einer Waggonwaage, wie sie in Abb. 1 durch eine Rollgewichtswaage dargestellt ist, an der Anlieferungsstelle erforderlich sein,

um einen etwaigen Diebstahl während des Transportes festzustellen. Sack- und Stücksendungen sollten dagegen stets beim Ausladen über die Waage geleitet werden.

Abb. 2 bietet hierfür ein Beispiel. Die ankommenden Stückgüter werden durch eine in den Boden eingelassene Neigungswaage verwogen, während die Waggonsendungen über die Waggonschaltwaage geführt werden.

**b) Rohstofflager.** Der Ist-Zustand eines Rohstofflagers läßt sich nur in wenigen Fällen durch eine direkte Wägung kontrollieren. Bei größeren Mengen, wie Erze, Sand u. a., wird meist nur der Soll-Zustand auf Grund der Lagerkartei bekannt sein, der durch eine überschlägige Schätzung des Lagers nachgeprüft werden kann. Die Ist-Bestände kleinerer und wertvollerer Rohstoffmengen sind dagegen von Zeit zu Zeit durch Nach-

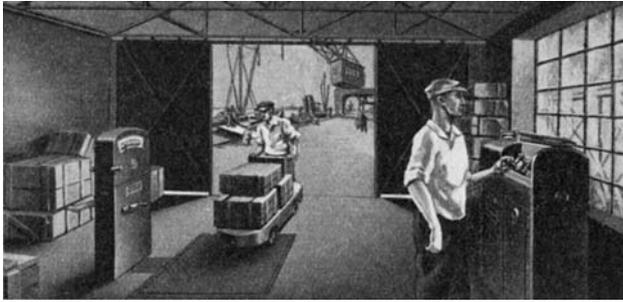


Abb. 2. Verwägung einkommender Stückgüter durch eine im Boden eingelassene Neigungswaage und eintreffender Waggonsendungen durch eine Schaltwaage (Dinse-Maschinenbau A.G.).

wägungen zu prüfen. Der Soll-Zustand ist durch die Differenz von Eingangswägung und Ausgangswägung, die ebenfalls bei einer geordneten Betriebsführung zu fordern ist, gegeben. An welcher Stelle die Abwägung der in den Betrieb abgegebenen Rohstoffe zu erfolgen hat, ist durch die Art des Betriebes selbst bedingt. Meist werden die Rohstoffe bei der Entnahme vom Lager nachgewogen; dieses hat auf jeden Fall dann zu erfolgen, wenn der Eintritt der Rohstoffe in den Verarbeitungsprozeß selbst durch keine Waage kontrolliert wird. Viele Rohstoffe, seien es Fertigungs- oder Hilfsstoffe, liegen in stückiger oder körniger Form vor. Werden diese Rohstoffe in Wagen verfahren, läßt sich in die Fahrbahn eine Brückenwaage einschalten, wie dies Abb. 3 zeigt, über welche die Wagen hingefahren werden müssen; durch Registriervorrichtung kann das jedesmalige Gewicht selbsttätig aufgezeichnet werden. Bei einer Hängebahnanlage, wie sie Abb. 4 darstellt, ist ein Teil der Laufschiene als Waagebalken ausgebildet, der mit einer registrierenden Waage verbunden ist. Bei der Entnahme der Rohstoffe vom Lager durch

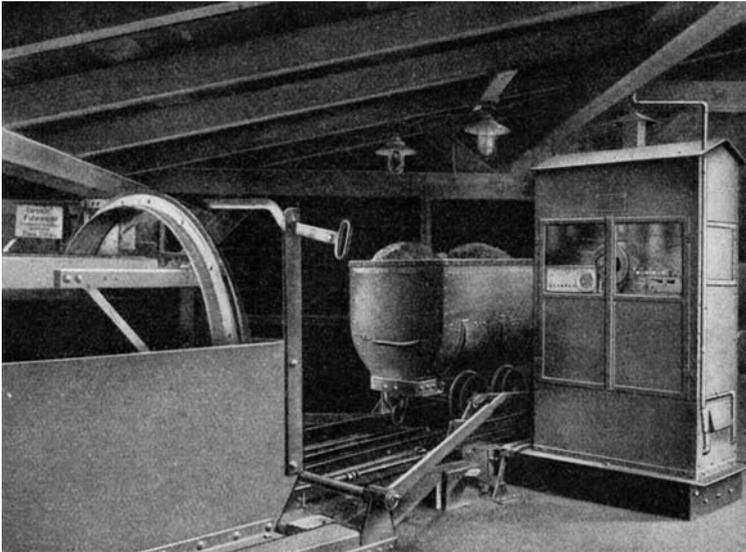


Abb. 3. In die Fahrbahn eingeschaltete, selbst registrierende Brückenwaage  
(Oberschlesische Waagenfabrik Böhmer & Co.).

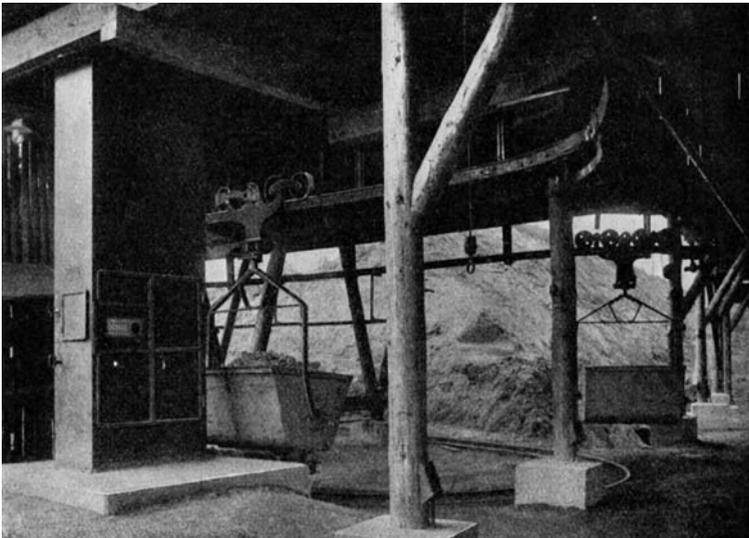


Abb. 4. Selbstregistrierende Hängebahnwaage  
(Oberschlesische Waagenfabrik A. Böhmer & Co.).

Kran läßt sich die entnommene Menge mittels einer Seilzugwaage<sup>1</sup> bestimmen und aufzeichnen.

Sollten dagegen verschiedene Rohstoffe in größeren Mengen gleichzeitig dem Lager entnommen werden, z. B. zur Herstellung von Mischungen oder Versätzen, so erfolgt die Gewichtskontrolle durch die Gattierungswaage, wie sie in Abb. 5 in Form einer Laufgewichts-Gattierungswaage dargestellt ist. Die Waage wird nach einmaliger vorheriger Einstellung der entsprechenden Gewichte zu jeder Mischung unter die ein-

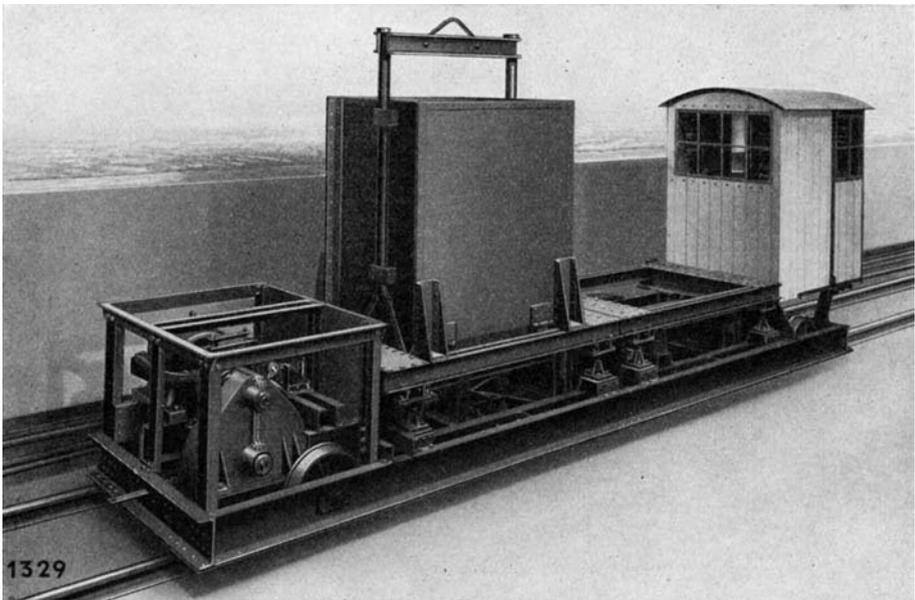


Abb. 5. Elektrisch verfahrbare Laufgewichts-Gattierungsdoppelwaage für einen Hüttenbetrieb (Carl Schenck, Eisengießerei und Maschinenfabrik).

zelen Rohstoffbunker gefahren und aus diesen die erforderliche Menge jeweils dazu gewogen. Die Gesamtentnahme ergibt sich aus der Anzahl der Wägungen mal dem Gewicht der einzelnen Wägung. Nach Beendigung der Einzelabwägungen für eine Mischung wird die Waage zur Mischmaschine gefahren, an die sie ihren Inhalt abgibt. Verschärfen läßt sich diese Betriebskontrolle noch dadurch, daß nach Beendigung der Einzelabwägungen die Gesamtentnahme vor der Abgabe an die Mischmaschine einer erneuten Gewichtskontrolle unterworfen wird. Ein weiteres Beispiel gibt Abb. 6, mit einer Hüttengemengewage nach dem Schaltwaagentyp zur Herstellung des Versatzes für die Aluminiumdarstellung.

<sup>1</sup> Vgl. Abb. 35, S. 141.

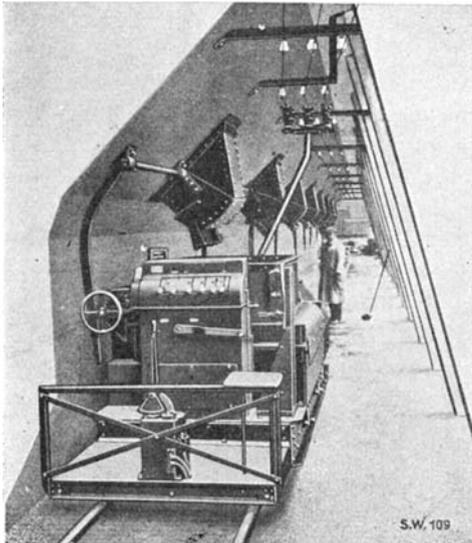


Abb. 6. Schaltgewichts-Gattierungswaage bei der Aluminiumherstellung (Dinse-Maschinenbau A G.).

Für die Ausgabe kleinerer Mengen von Rohstoffen aus dem Lager erfolgt die Abwägung mit entsprechend kleiner eingerichteten Waagen, die auch als Zählwaagen ausgebildet sein können, wie es durch Abb. 7 erläutert ist; die Buchung der Ausgabe kann durch Kontrolldruckapparate, auf die noch später zurückzukommen sein wird, unterstützt werden. Andererseits kann aber die Verwägung des Rohstofflagers an der Verarbeitungsstelle selbst erfolgen; Abb. 8 stellt eine völlig automatische Abwägungsanlage in einer Glasfabrik dar. Durch einen

Hebelzug werden alle Waagen gleichzeitig zur Auslösung gebracht, das

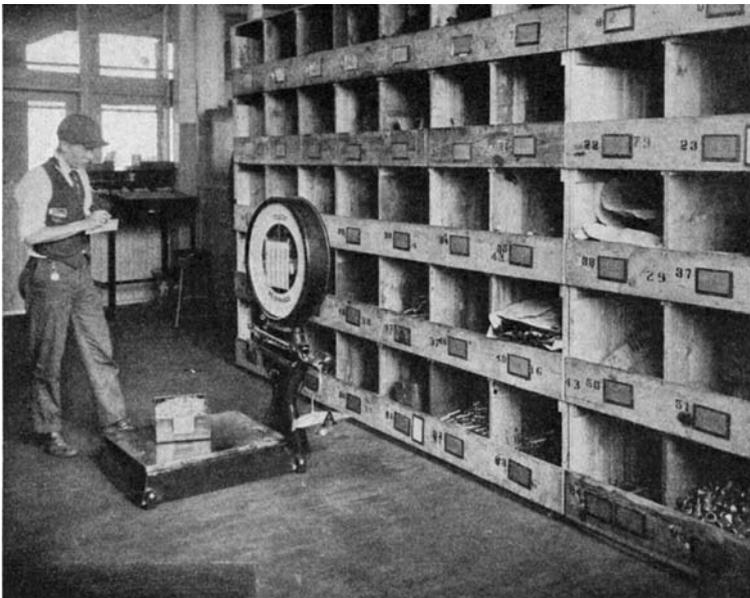


Abb. 7. Verwägung kleinerer Mengen mittels einer als Zählwaage ausgebildeten Neigungswaage (Continental Toledo G. m. b. H.).

abgewogene Material wird auf ein Förderband geworfen, durch das es zu der Mischmaschine befördert wird. Die Anzahl der Wägungen wird

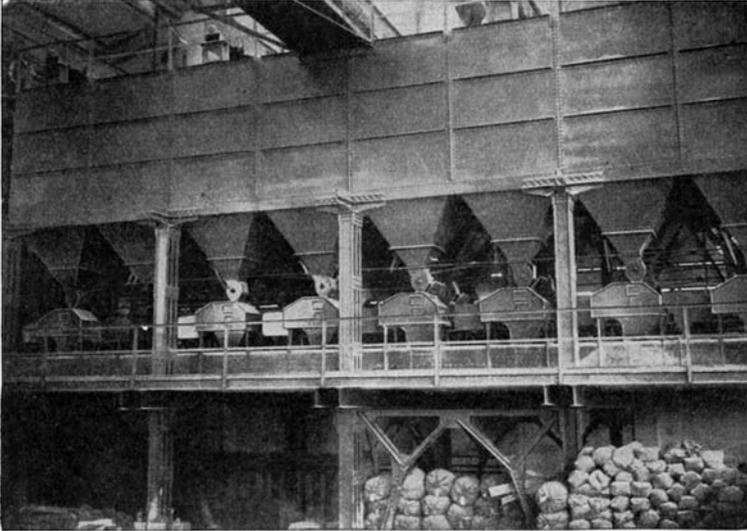


Abb. 8. Automatische Rohstoffabwägung bei der Gemengeherstellung in einer Glasfabrik. durch ein an jeder Waage angebrachtes Zählwerk kontrolliert, und der Ausgang an Rohmaterial ist festgelegt durch die Multiplikation der

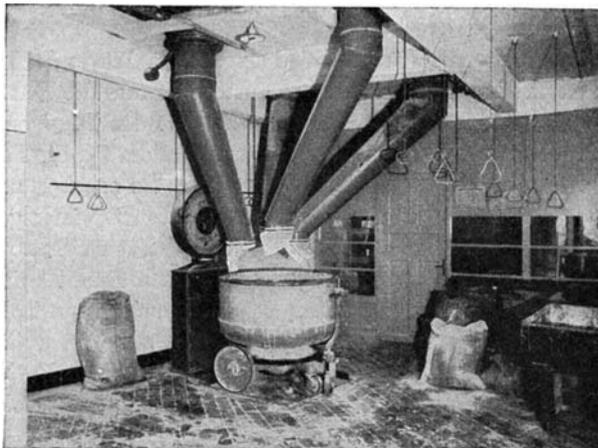


Abb. 9. Halbautomatische Rohstoffabwägung mittels Neigungswaage in einer Bäckerei. Kippungen mit dem Gewicht einer einzelnen Kippung. Abb. 9 stellt eine halbautomatische Wiegeanlage in einer Großbäckerei dar, die im

Gegensatz zu der eben geschilderten Anlage zur Durchführung der Abwägung und zur Beobachtung des Wiegeergebnisses Bedienungsleute erfordert.

Die Kontrollergebnisse können durch mancherlei Zufälle beeinflußt werden. Abgesehen von einem geringeren Ist-Zustande, der durch Entwendungen verursacht sein und durch eine scharfe Kontrolle mittels der Waage leicht nachgewiesen und behoben werden kann, können bei verschiedenen Rohstoffen erhebliche Differenzen zwischen Ist und Soll durch äußere Einflüsse beim Lagern entstehen. Es sei nur auf die feucht angelieferten Rohstoffe, wie Sand, Ton, Rohbraunkohle und andere hingewiesen; diese geben beim Lagern Wasser an die Luft ab, was zu einer erheblichen Differenz im Rohstofflager führen kann, falls dieser Wasserverlust nicht berücksichtigt wird. Andererseits gibt es auch Stoffe, die Wasser oder Kohlensäure aus der Luft anziehen wie Soda, Pottasche, gebrannter Kalk, Betonmörtel usw., was ebenfalls zu einer Differenz zwischen Ist und Soll führt und zum Teil sogar eine Wertverringerung des Rohstoffes zur Folge hat. Hier tritt nun wieder die vierte Forderung<sup>1</sup> der Betriebskontrolle in Tätigkeit, nämlich solche Erscheinungen, wenn sie durch die Waage festgestellt sind, für die Zukunft zum Verschwinden zu bringen; dies kann geschehen durch eine bessere Lagerung oder schnellere Verarbeitung.

**c) Kontrolle beim Eintritt der Rohstoffe in den Fertigungsgang.** Ein zweite Stelle der Kontrolle durch Wiegen ist da, wo die Rohstoffe in den Fertigungsgang eintreten, insbesondere bei der Rohstoffaufbereitung. Einige Sonderfälle sind oben schon genannt, doch sei hier auf diese Frage näher eingegangen.

Die hier auftretenden Unterschiede zwischen Ist und Soll können sich besonders stark und unangenehm auswirken und die Durchführung des Fertigungsprozesses wie die Verwendbarkeit des Fertigerzeugnisses völlig in Frage stellen. Und zwar gilt dies vor allem für die Mischungen oder Gemenge verarbeitenden Industriezweige. So ergeben z. B. in der Glasindustrie schon geringe Abweichungen in der Dosierung der Rohstoffe ein Glas, das von dem gewünschten Produkt stark abweichende Eigenschaften aufweisen kann. Die Eigenschaften einer Legierung sind andere, wenn die Bestandteilmengen bereits eine geringe Toleranz des Soll überschreiten. Die Erzeugung einer guten Seife ist abhängig von dem Verhältnis der einzelnen zum Verseifen gelangenden Fettarten und der angewendeten Lauge oder Soda; die Durchführung der chemischen Synthese eines Farbstoffes ist in Frage gestellt, wenn die einzelnen Rohstoffe in ihrem Mengenverhältnis voneinander abweichen. Und so ließen sich noch viele Beispiele anführen, welche zeigen, daß die schärfste Kon-

---

<sup>1</sup> Siehe Abschnitt 1, S. 21.

trolle durch Wiegen an dieser Stelle eine der wichtigsten Forderungen einer einwandfreien Betriebsführung ist. Aber gerade hier findet man häufig eine grobe Vernachlässigung dieser wichtigen Kontrollmaßnahme, die zum Teil auf eine Nachlässigkeit der Belegschaft, zum Teil aber auch auf ein Verschulden der Betriebsleitung zurückzuführen ist. Auf das leider noch oft anzutreffende Abmessen der Rohstoffe für Mischungen ist bereits am Anfang dieser Ausführung hingewiesen worden.

Für die Abwägung kleinerer und wechselnder Mengen verschiedener Rohstoffe werden noch immer die alten Waagen mit Waagschalen und Gewichten oder mit Laufgewichten angewendet (Abb. 10), die besonders dort zur Verwendung gelangen, wo die Handarbeit infolge geringerer Betriebsanforderungen noch nicht durch die maschinelle Verwägung abgelöst ist. Als einwandfrei ist jedoch diese Art der Abwägung nicht zu bezeichnen, wie später ausgeführt werden soll, da die Richtigkeit der

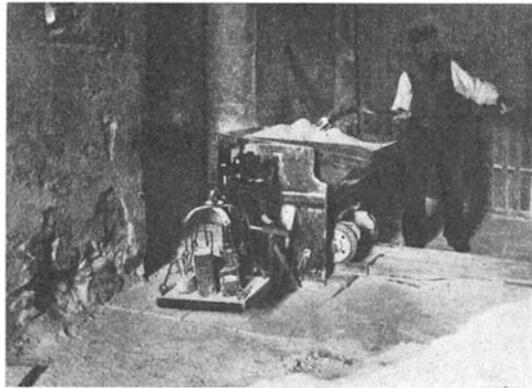


Abb. 10. Verwiegung der Rohstoffe mit der Dezimalwaage.

Wägung vollkommen von der Zuverlässigkeit des Arbeiters abhängt.

In Großbetrieben hat man sich dagegen nach Möglichkeit von der Abwägung von Hand frei zu machen gesucht und ist zur maschinellen Abwägung geschritten, von der bereits oben einige Beispiele gegeben wurden und wofür als weiteres Beispiel die Beschickungsanlage eines Glashüttenwerkes dienen soll (Abb. 11), bei der das aufzugebende Material mittels einer Neigungswaage zur Verwiegung gelangt.

**d) Kontrolle der Halb- und Fertigerzeugnisse.** Die nächste Stelle, wo die Kontrolle durch Wägung einzusetzen hat, liegt dort, wo die Fertig- oder Halbfertigfabrikate den Ort ihrer Herstellung verlassen, um in das Zwischenlager befördert oder unmittelbar einer Weiterbearbeitung zugeführt zu werden. Der Ist-Zustand ist durch die mittels Wägung festgestellte Menge gegeben, die den Herstellungsort, sei es die Maschine oder den Ofen verläßt, der Soll-Zustand durch die aus der Wägung der aufgegebenen Rohstoffe berechnete Menge, die als Fertig- oder Halbfertigfabrikate theoretisch abgegeben werden sollen. Das Kontrollergebnis, gegeben durch die Differenz zwischen Ist und Soll, zeigt die Verlustquellen an, die während des Herstellungsprozesses aufgetreten

sind. Mit einem Verlust wird man stets zu rechnen haben; es ist aber durch die Waage nachzuprüfen, ob dieser Verlust durch die Natur der Fertigung selbst bedingt ist oder ob irgendwelche Fehlerquellen eingeschlichen haben, die durch eine Verbesserung des Herstellungsganges oder Ausbesserungen am Ofen oder den Maschinen behoben werden können. So treten bei allen auf chemischen Prozessen beruhenden Fer-

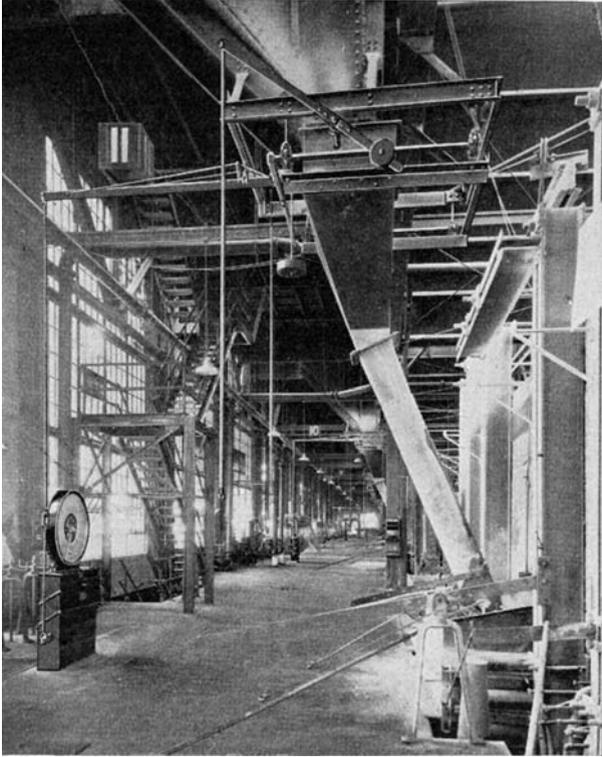


Abb. 11. Wannenbeschickungsanlage in einer neuzeitlichen Glashütte. Das aufgegebene Gemenge wird durch Neigungswaage verwogen (Continental Toledo G. m. b. H.).

tigungsvorgängen gasförmige Produkte auf, die zusammen mit den Abgasen den Ofen verlassen, wie beim Hochofenprozeß, beim Glasschmelzvorgang, beim Brennen von Kalk und keramischen Produkten, beim Bessemerprozeß u. a., oder die aus den Reaktionsgefäßen in gasförmigem Zustand entweichen, wie z. B. bei der Herstellung von Farbstoffen, pharmazeutischen Erzeugnissen, bei der Seifensiederei und andere mehr, auf die hier nicht im einzelnen eingegangen werden kann und die einen unvermeidlichen, aber meist rechnerisch erfaßbaren Verlust darstellen. Auch auf die Gasherstellung und die Kokereiprozesse sei verwiesen, bei

denen aber die bei dem chemischen Prozeß entweichenden Gase und Destillationsprodukte zur Weiterverwendung gelangen. Jedoch können die Verlustquellen auch auf menschlicher Nachlässigkeit beruhen, z. B. Brennausschuß bei keramischen Gegenständen, Schmelz- und Gießfehler, verpreßte oder verschliffene Gegenstände, Bruch und sonstiger Ausschuß, Entwendung der Fertig- oder Halbfabrikate zu eigener Bereicherung oder Verschleierung von Fehlern.

Bei der Weiterverarbeitung des im Schmelzfluß befindlichen Rohmaterials oder der bereits als Halbfabrikate vorliegenden Werkstücke

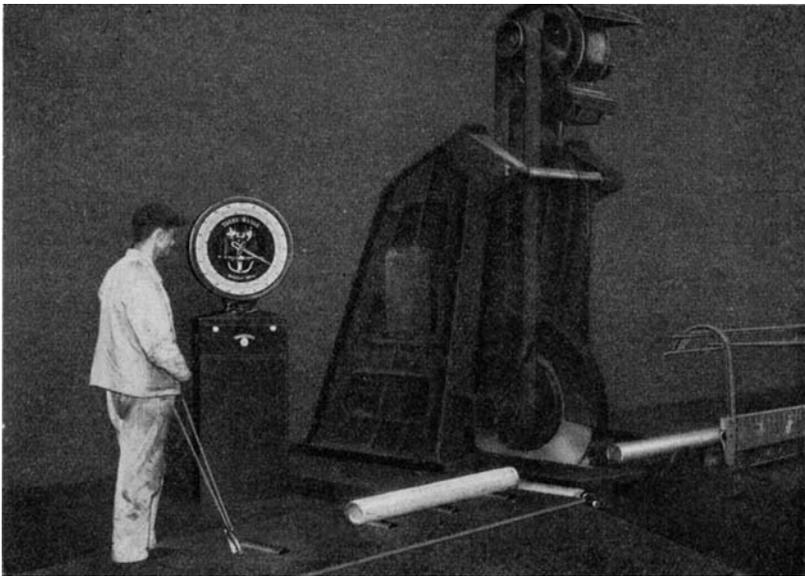


Abb. 12. Neigungswaage an der Blocksäge in einem Röhrenwerk  
(Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.).

treten neue Verlustquellen hinzu, die ebenfalls durch die Waage nachzuprüfen sind.

Wie hier die Kontrolle durch die Waage einzusetzen hat, liegt selbstverständlich in der Art des Betriebes begründet. So kann man den gesamten Maschinen- oder Reaktionsumsatz wiegen, indem man z. B. in ein laufendes Band eine geeignete Waage einschaltet, wie Abb. 12 zeigt. Die von der Blocksäge kommenden Röhrenabschnitte werden über eine Waage geführt und alle vom Sollgewicht abweichenden Stücke von einem Arbeiter aus dem Weiterverarbeitungsgange ausgeschaltet. Durch geeignete Anordnung der Zufuhrwege läßt sich der Umsatz mehrerer Verarbeitungsstellen über eine Waage führen, wie Abb. 13 erläutert. Wird die Waage registrierend und zählend eingerichtet, läßt sich zugleich

der gesamte Durchsatz ermitteln. Abb. 14 zeigt, wie durch Einschaltung einer Waage in den Herstellungsprozeß Fehler sich so rechtzeitig abstellen lassen, daß sie nicht in der Lage sind, größeres Unheil anzurichten. Das den Kalanderverlassende Werkstück, es handelt sich in diesem Falle um die Herstellung von Wachstum oder Autobereifungen, wird im freien Hang über den rollenförmig und als Unterstützungswalze ausgebildeten Waagearm hinweggeführt. Die als Leicht-Schwerwaage<sup>1</sup> ausgebildete Kontrollwaage überträgt die Überschreitungen vom Soll-Gewicht auf



Abb. 13. Durch geeignete Anordnung der Rollenbahnen wird der Bedarf oder Umsatz mehrerer Verarbeitungsstellen über eine Waage geführt (Continental Toledo G. m. b. H.).

die Regelorgane des Kalanders, hierdurch erfolgt eine automatische Verstellung des Kalanders und somit eine Verhinderung entweder von unnötigem Materialverbrauch an Appreturmitteln oder von Ausschluß infolge eines zu wenig appretierten Stoffes.

In folgender Abb. 15 — es handelt sich auch hier um die Gewichtskontrolle von kalandrierten Gummistreifen durch eine Leicht-Schwerwaage — wird ein Über- oder Unterschreiten des Soll-Zustandes automatisch durch verschiedenartige Farbstriche auf dem Streifen gekennzeichnet, wodurch eine schnelle Aussortierung der Ausschußware ermöglicht wird.

<sup>1</sup> Vgl. Erklärung auf S. 140.

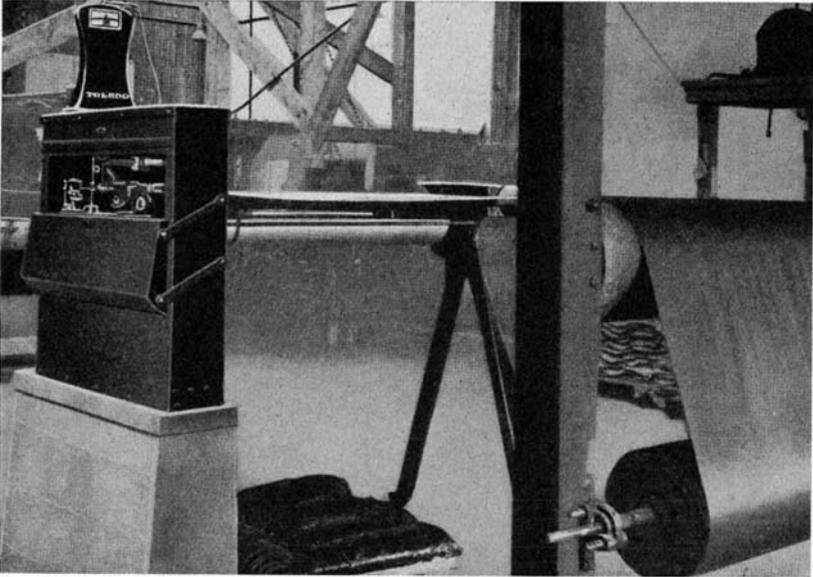


Abb. 14. Gewichtskontrolle kalandrierter Gummidecken durch eine Leicht-Schwer-Waage (Continental Toledo G. m. b. H.).

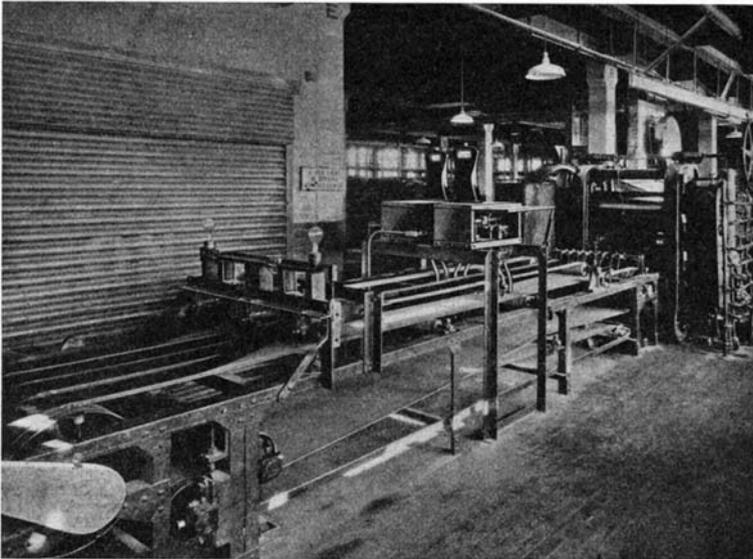


Abb. 15. Gewichtskontrolle kalandrierter Gummistreifen durch eine Leicht-Schwer-Waage (Continental Toledo G. m. b. H.).

Nunmehr möge noch gezeigt werden, welche Rolle die Einzelgewichtskontrolle bei Werkstücken spielt, für deren Gütebeurteilung unter anderem

auch das Gewicht maßgebend ist. Pleuelstangen von Kraftwagenmotoren müssen nicht nur in ihrem Gewicht untereinander übereinstimmen, sondern es wird auch eine bestimmte Lage des Schwerpunktes verlangt. Die in Abb. 16 dargestellte Waage ermöglicht beide Prüfungen. Wird die Pleuelstange in die Waagschale gelegt, so gibt die Zeigerstellung der Neigungswaage das Gewicht der Stange an, wird dagegen die Stange an dem am Ende des Waagebalkens befindlichen Zapfen befestigt, so daß sie den Waagebalken selbst verlängert, so kann man aus der Zeigerstellung die richtige oder falsche Lagerung des Schwerpunktes in der Pleuelstange ablesen. Auch die Spannung von Kolbenringen läßt sich mittels der Waage feststellen, wie Abb. 17 zeigt.

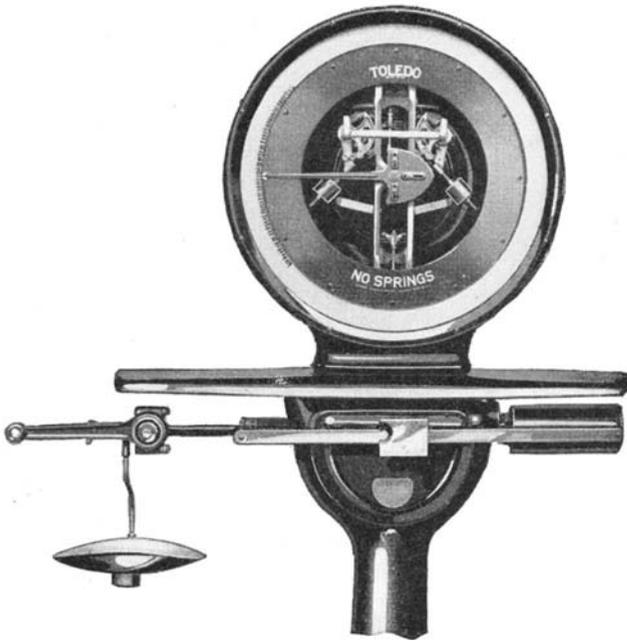


Abb. 16. Pleuelstangenwaage zur Feststellung des Gewichtes und des Schwerpunktes (Continental Toledo G. m. b. H.).

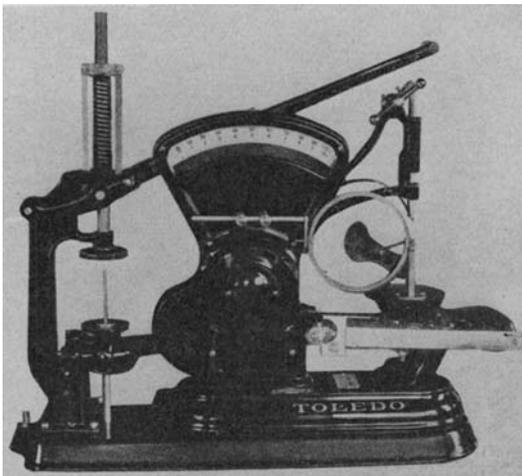


Abb. 17. Waage zur Feststellung der Spannung von Kolbenringen (Continental Toledo G. m. b. H.).

In der Flaschenherstellung ist das Gewicht der von der Maschine kommenden oder der mit Hand verfertigten Flaschen von großer Bedeu-

tung für die Fertigung selbst. Flaschen mit Untergewicht besitzen meist zu geringe Wandstärke und sind daher gegen Druck zu wenig widerstandsfähig; Flaschen mit Übergewicht stellen eine Werkstoffverschleuderung dar. Bei Verpackungsgläsern ist außerdem ein ganz bestimmtes Gewicht gefordert, da die Ware, wie Honig, Marmelade usw., zusammen mit der Glasverpackung ausgewogen wird. Es ist deshalb zwar nicht die gesamte Produktion, wohl aber sind einzelne Flaschen als Stichproben, auf ihr Gewicht zu prüfen; die Nachwägung hat sofort nach der Abgabe von der Blas- oder Preßmaschine oder nach dem Abschlagen von der Pfeife zu erfolgen, um auftretende Herstellungsfehler möglichst schnell abstellen zu können. Da nun diese Flaschen sich im glühend heißen Zustande befinden, muß die Waage mit einem besonderen Wärmeschutz versehen sein, damit eine Störung im Wägemechanismus infolge der strahlenden Wärme der Flaschen nicht eintreten kann.

Diese Beispiele zeigen uns, wo die Kontrolle des Fertig- oder Zwischenerzeugnisses im Betriebe zu erfolgen hat. Ob nun die Waage in das laufende Band eingeschaltet oder nur einzelne Stücke gewogen werden, stets sind folgende Gesichtspunkte für die Aufstellung der Waage zu beobachten.

$\alpha$ ) Die Waage ist unter Vermeidung weiter Wege des Werkstückes so nahe an den Herstellungsort heranzurücken, daß eine Abweichung vom Soll-Gewicht infolge Fertigungsfehlers fast im gleichen Augenblick festgestellt werden kann, in dem der Fehler auftritt. Nur in diesem Fall ist man in der Lage, diese Fehler so schnell abzustellen, daß kein nennenswerter Ausfall erfolgt.

$\beta$ ) Die Waage ist aber auch so weit vom Herstellungsort entfernt aufzustellen, daß eine Beeinflussung der Wägegenauigkeit infolge Einwirkung von Hitze, Staub, Nässe, chemischem Angriff u. a. vermieden wird.

$\gamma$ ) Der Aufstellungsort ist so zu wählen, daß eine Beobachtung des Wiegeergebnisses ohne Schwierigkeiten erfolgen kann. Zu vermeiden sind dunkle Ecken, ungünstige, z. B. Seitenbeleuchtung der Skala, wobei u. U. der Schatten des Zeigers bei Zeigerwaagen zu Falschablesungen führen kann, Verdeckung der Waage durch andere Maschinen und Unzugänglichkeit der Waage.

Es ist selbstverständlich, daß die Wahl des Aufstellungsortes der Waage in den meisten Fällen einen Kompromiß zwischen den drei genannten Punkten darstellt; dieser wird sich jedoch fast immer so auffinden lassen, daß die drei Forderungen weitgehend befriedigt werden. Bei Kontroll-Stichwägungen<sup>1</sup> ist noch darauf hinzuweisen, daß diese so oft zu erfolgen haben, daß zwischen dem Auftreten eines Fehlers und der Beobachtung des Fehlers möglichst wenig Zeit verstreicht.

<sup>1</sup> Siehe auch Abschnitt 1 S. 28.

e) **Verpackung und Versand.** Die Kontrolle bei der Verpackung und beim Versand der Fertigwaren durch Wiegen hinsichtlich des Ist- und Soll-Zustandes erstreckt sich nicht nur auf den engen Bereich der Verpackung und der Versendung selbst, sondern die Auswertung der Kontrollergebnisse greift bis auf die Einlieferung der Rohstoffe und auch der Hilfsstoffe ins Rohstofflager zurück. Auf der einen Seite soll freilich die Gewichtskontrolle an dieser Stelle eine Übersicht geben, welche Mengen an Fertigstoffen den Betrieb verlassen und zum Versand gelangen oder versandbereit sind, soll die einwandfreie Durchführung der Verpackung und der Versendung bis zum Verlassen des Werkes unter Aufsicht stellen, soll aus dem Ist und dem Soll auf die Fehler und Verlustquellen an dieser Kontrollstelle aufmerksam machen, um eine rechtzeitige Abhilfe treffen zu können, andererseits soll aber die Gewichtskontrolle beim Austritt der Fertigware aus dem Herstellungsgang ein Gesamtbild über die Betriebsführung geben, soll die Bilanz aus den eingelieferten Fertigungs- und Hilfsstoffmengen und ausgeführten Fertigerzeugnissen ziehen und soll eine Hauptkontrolle der gesamten Unterkontrollen während des Betriebsanges darstellen. Fehler, die während des Fertigungsganges den Einzelkontrollen verborgen blieben, Verlustquellen, die sich hier nicht erfassen ließen, können durch einen Vergleich zwischen den Aufzeichnungen der Eingangs- und Ausgangswägungen über eine längere Zeitspanne hin erfaßt werden. Theoretisch soll die gleiche Gewichtsmenge, die in Form von Rohstoffen in den Betrieb eingetreten ist, den Betrieb als Fertigware verlassen nach Abzug der formelmäßig und rechnerisch erfaßbaren Verluste, auf die schon oben kurz hingewiesen wurde. In der Wirklichkeit ist dieser ideale Zustand jedoch niemals zu erreichen — Bruch, Verschleiß, Entwendung und sonstige Verluste werden stets auftreten —, aber in einem gut geleiteten und straff kontrollierten Betriebe soll das Kontrollergebnis ein möglichst günstiges sein; und um eben ein höchst günstiges Kontrollergebnis zu erreichen, müssen die Verlust- und Fehlerquellen erfaßt werden können, und dieses wiederum ist nur möglich, wenn die Mengenkontrolle durch Wiegen nicht nur eine straffe Durchführung während des Fertigungsganges, sondern auch an den beiden Endpunkten des Prozesses, nämlich beim Einlauf und beim Auslauf erfährt.

Wenden wir uns nun dem engeren Aufgabenbereich der Kontrolle durch Wiegen am Endpunkte des Herstellungsprozesses zu. Gegeben ist stets eine bestimmte Menge, die verpackt oder versandt werden soll. Eine Abweichung von dieser Soll-Menge wird stets zu einer Schädigung des Betriebes führen. Bei einem Zuwenig beschwert sich der Empfänger, und der Ruf des Werkes leidet, bei einem Zuviel ist der erhaltene Gegenwert zu gering. Die selbsttätigen Verpackungswaagen sind in der Regel nur für Schüttgüter verwendbar, so daß sonst dem menschlichen Irren

und der Nachlässigkeit der Verpacker ein weiter Spielraum gelassen ist. Es ist daher nicht nur dem Verpacker und Verloader selbst eine Waage zur Verfügung zu stellen, mittels derer er die Verpackung vornimmt, sondern die Arbeit des Verpackers und Verloaders muß auch durch Kontrollwägungen weitgehend nachgeprüft werden. An einigen Beispielen soll dies näher erläutert werden. Der Versand einer großen Anzahl von Schüttgütern erfolgt in der Regel in Säcken. Um nun die Verwägungskontrolle zu vereinfachen, schaltet man zwischen dem Lager, in unserem Falle dem Bunker, und dem Verpackungsmittel, einem Sack, eine Waage, wie es in Abb. 18 dargestellt ist. Diese, auf eine bestimmte Gewichtsmenge eingestellte Waage ist mit einem Zählwerk versehen, das die Anzahl der Abwägungen und somit die gesamt verwogene Menge angibt. Zur Erzielung

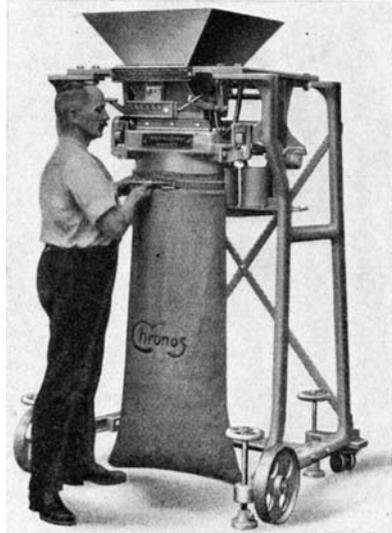


Abb. 18. Verwägung von Schüttgütern durch eine Absackwaage (Hennefer Maschinenfabrik C. Reuther & Reisert m. b. H.).

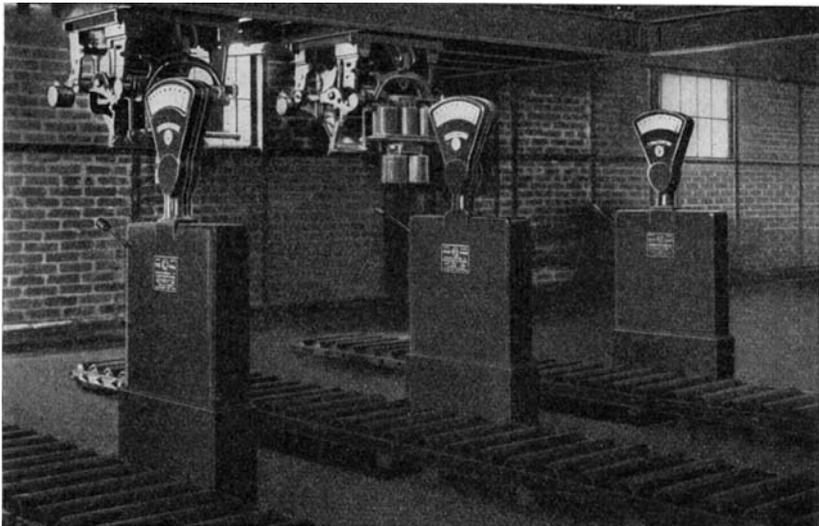


Abb. 19. Kontrolle der durch Absackwaagen ausgewogenen Schüttgüter durch Leicht-Schwer-Waagen in einem chemischen Betriebe (Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.).

einer größeren Genauigkeit, die bei Absackwaagen nicht immer sehr hoch ist, wird, wie es Abb. 19 (Leicht-Schwerwaage) zeigt, neben die Absackwaage eine Leicht-Schwerwaage aufgestellt. Die mit der Absackwaage verwogenen Säcke gelangen mittels eines Rollenförderers auf die Waagenbrücke der auf das geforderte Gewicht eingestellten Leicht-Schwerwaage und werden an dieser nachgewogen und auf das Soll-Gewicht gebracht. Für weniger wertvolle Stoffe, wie Quarmehl, Tonmehl, Schamotte u. a., wird die Genauigkeit einer Absackwaage genügen; bei der Verwiegung von wertvollen Materialien, wie Mehl, Getreide, Kakao, Kaffee, Zucker, chemischen Erzeugnissen, wird sich

jedoch die Aufstellung einer Leicht-Schwerwaage zur Nachkontrolle der Verwiegung lohnen. Handelt es sich z. B. um eine Kontrollverwiegung von 30 Sack Mehl, die auf einer der üblichen Dezimalwaagen abgewogen werden und ergibt sich, daß von diesen 30 Säcken nur zwei Säcke ein richtiges Gewicht zeigen, 11 Säcke zeigen ein Untergewicht von zusammen 1380 g, 17 Säcke ergeben ein Übergewicht von zusammen 4620 g, daraus lassen sich bei einer Tagesleistung von 1500 Sack ein Verlust von 162 kg und bei 25 Arbeitstagen ein Monatsverlust von 4050 kg Mehl errechnen.

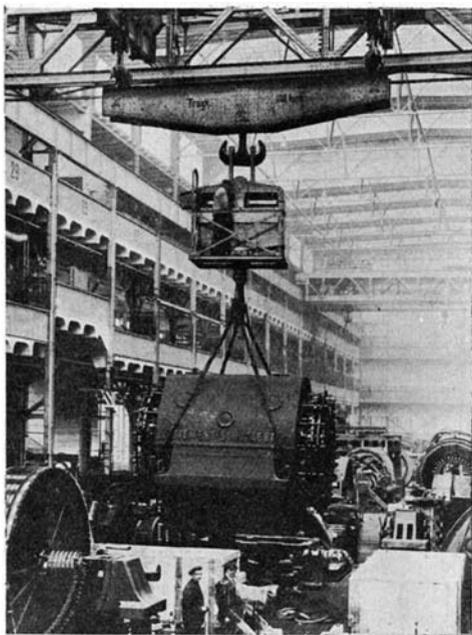


Abb. 20. Laufgewichts-Kranwaage  
(Dinse-Maschinenbau AG.).

Werden die zur Verladung kommenden Gegenstände durch einen Kran zur Verladungsstelle befördert, so läßt sich die Verwiegung ohne großen Zeitverlust unter Umgehung einer ortsfesten Waage mittels einer Kranwaage durchführen. So zeigt Abb. 20 die Anwendung einer Laufgewichtskranwaage in einer Maschinenfabrik mit 100 000 kg Wiegefähigkeit. Bei den zur Versendung gelangenden Massengütern, wie Erze, Kohlen, Sand und vielen anderen, treten oft sehr erhebliche Verluste wegen ungenügender Gewichtsfeststellungen ein, da meist nur die zur Löschung eines Dampfers nötigen Kranspiele mit dem erfahrungsgemäß bekannten durchschnittlichen Fördergewicht eines Spieles vervielfacht

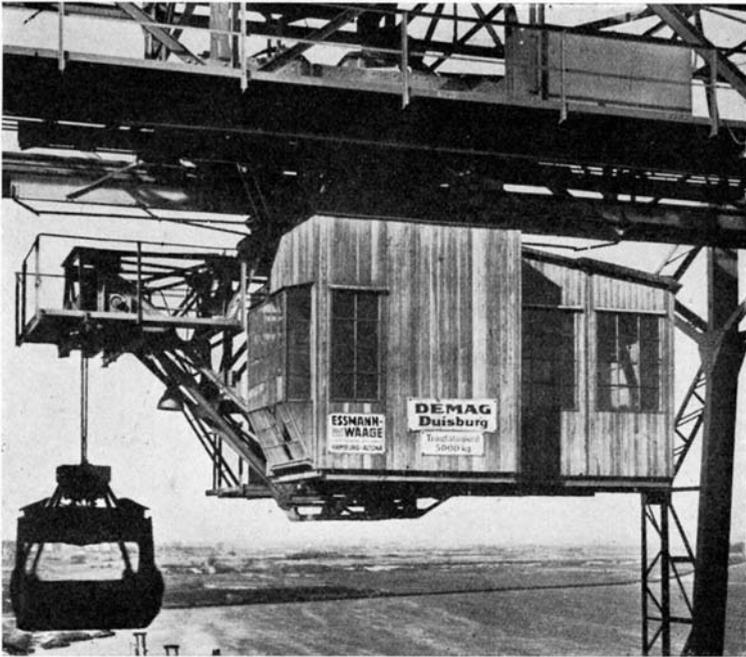


Abb. 21. In eine elektrisch betriebene Drehlaufkatze eingebaute Seilzugwaage zur Verwiegung von Massengütern (A. Essmann & Co.).

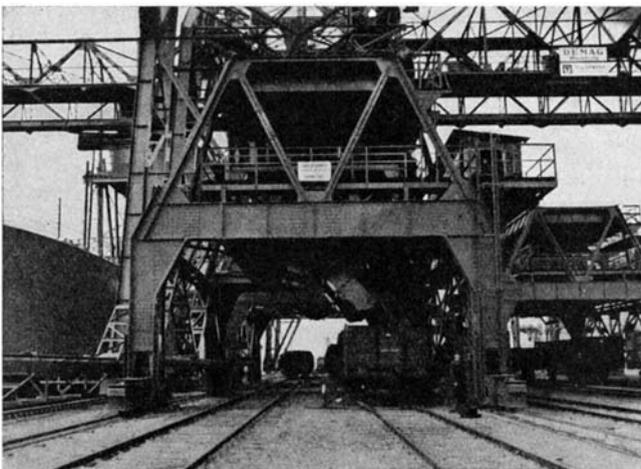


Abb. 22. Fahrbare Verladebrücke mit Bunkerwaage (Carl Schenck, Eisengießerei und Maschinenfabrik).

werden oder indem die Kohlen oder der Sand in Kähnen verladen werden, deren Inhalt durch Eichung bekannt ist. Diese Verluste — eine genaue Kontrolle der ausgehenden Werk- und Hilfsstoffe ist unter solchen Umständen gar nicht möglich —, lassen sich unter Verwendung der Seilzugwaagen ausschalten; Abb. 21 zeigt eine Seilzugwaage, die in eine elektrisch betriebene Drehlaufkatze eingebaut ist. Abb. 22 stellt eine Gewichtskontrolle bei der Verladung von Schüttgütern mittels einer Bunkerwaage dar.

### 3. Die verschiedenen Waagentypen.

Die im vorhergehenden erwähnten Waagentypen lassen sich in dem folgenden Schema (Abb. 23) kurz zusammenfassen. Die älteste Waage und somit der Urtyp, aus dem sich die übrigen Waagen entwickelt haben, ist

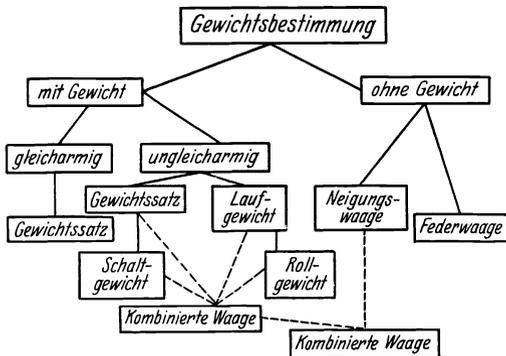


Abb. 23. Schematische Darstellung der Waagentypen.

die gleicharmige Balkenwaage mit Gewichtsschalen und Gewichtssatz. Da sie in ihrer Handhabung trotz ihrer hohen Genauigkeit verhältnismäßig umständlich ist, entwickelte sich aus dem Bedürfnis nach schnellerer Wägung unter Verzicht auf größere Genauigkeit die ungleicharmige Balkenwaage. Die älteste dieser Waagenart ist die im 4. Jahrhundert v. Chr. erfundene römische Schnellwaage, die bereits das Prinzip der um 1880 erfundenen Laufgewichtswaage vorwegnahm. Um 1820 wurden die Dezimal- und Zentesimalwaage erfunden, die zunächst mit Gewichtssatz und von 1880 ab mit Laufgewichten bedient wurden. Die ungleicharmige Waage mit Gewichtssatz entwickelte sich weiter zur Schaltgewichtswaage, die Laufgewichtswaage zur Rollgewichtswaage. Alle vier verschiedenen Unterarten der ungleicharmigen Waage lassen sich auf die verschiedenste Weise untereinander verbinden, wie wir im folgenden sehen werden. Den Gewichtswaagen stehen im übertragenen Sinne die ohne Gewicht arbeitenden Waagen gegenüber, von denen die eine Art, die Federwaage, ohne Bedeutung für die Betriebskontrolle ist, während die Neigungswaage in letzter Zeit in großem Umfange zur Verwendung gelangt. Auch die Neigungswaage wird, wie wir im folgenden sehen werden, mit den übrigen Waagenarten kombiniert.

Auf die gleicharmigen Waagen mit Gewichtssatz, es sei auf die be-

kannte Tafelwaage, wie sie noch immer im Kleinhandel gefunden wird, auf die Chemiker- und Apothekerwaage als ihre vollendetste Form hingewiesen, soll wegen ihrer Bedeutungslosigkeit im Betriebe nicht näher eingegangen werden. Ihr Prinzip des gleicharmigen Hebels mit dem Übersetzungsverhältnis 1:1 wird von der ungleicharmigen Waage durchbrochen, die ein anderes Übersetzungsverhältnis, 1:10 bei der Dezimalwaage und 1:100 bei der Zentesimalwaage anwendet; es ist also nur der 10. oder 100. Teil an Gewichten auf die Gewichtsschale aufzusetzen. Ein Beispiel dieser Waagenart wurde schon oben gegeben, außerdem ist die Einrichtung einer solchen Waage allgemein bekannt.

Das Auf- und Absetzen der Gewichte bei den genannten Waagenarten führte zu großen Unannehmlichkeiten. Das Abzählen der Gewichtsstücke und das Multiplizieren bei den Übersetzungswaagen kann zu erheblichen Fehlern führen. Man ging deshalb von der veränderlichen Gewichtszahl und gleichbleibendem Hebelarm auf die gleichbleibende Gewichtsmenge und veränderlichen Hebelarm der Laufgewichtswaage über (Abb. 24). Auch das Prinzip der Laufgewichtswaage ist hinreichend bekannt, so

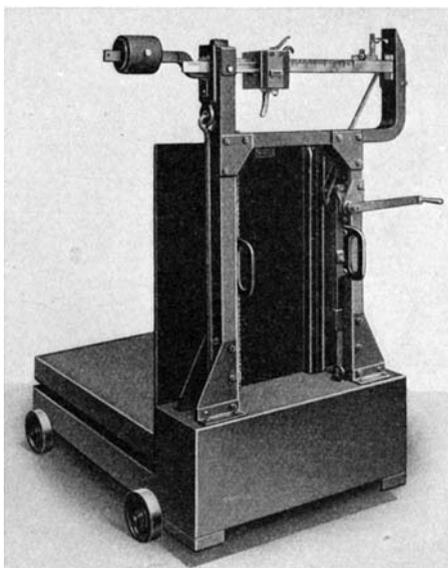


Abb. 24. Laufgewichtswaage (Kopp & Haberland).

daß ein näheres Eingehen überflüssig erscheint. Auf eine Weiterentwicklung der Laufgewichtswaage soll aber hingewiesen werden, nämlich auf die Laufgewichtsgattierungswaage (Abb. 25). Der Wiegebereich ist bei dieser Waage auf eine Mehrzahl von Hebelarmen mit den entsprechenden Laufgewichten verteilt. An den einzelnen Balken werden die Gewichtsteile für die abzuwiegenden Stoffe fest eingestellt. Beim Abwiegen wird dann jedesmal der dem abzuwiegenden Stoffe entsprechende Balken eingeschaltet und soviel von dem abzuwägenden Stoffe aufgegeben, bis die außen am Gehäuse befindlichen Zeiger einspielen. Dadurch, daß die Läuferbalken völlig abgeschlossen sind, ist zugleich eine Geheimhaltung des Mischungsverhältnisses erreicht. Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß häufig auch bei den Dezimal- oder Zentesimalwaagen mit Gewichtssatz und Gewichtsschale nur die Gewichts-

mengen über 1 kg mit Gewichten abgewogen werden, während die Bruchteile eines Kilogramm durch ein Hilfsaufgewicht gemessen werden.

Die Schaltgewichtswaage, die sich aus der Waage mit Gewichtssatz entwickelte, setzt an Stelle der zwanglosen Unordnung, mit der das Auf-

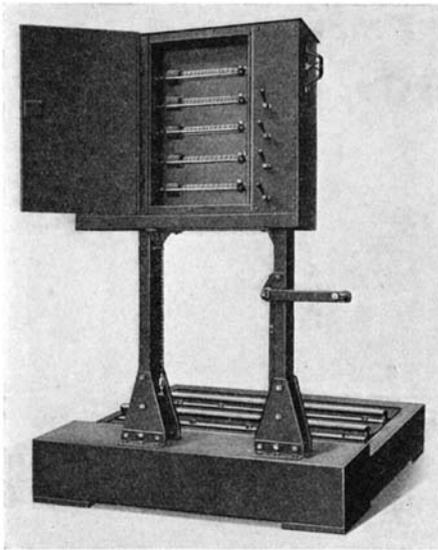


Abb. 25. Laufgewichts-Gattierungswaage  
(Kopp & Haberland).

Laufgewichtswaage (Abb. 27) ist der Wiegebalken nach außen vollkommen abgeschlossen. Die Bewegung des Gleitgewichtes von Kerbe zu Kerbe geschieht mit Hilfe einer Handkurbel, deren Bewegungen

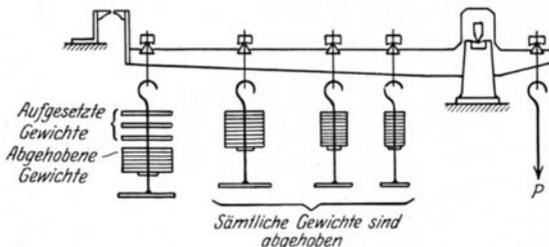


Abb. 26. Schema der Schaltgewichtswaage.

mittels einer Zahnstange und eines Zahnsegmentes auf das Rollgewicht übertragen werden. Um den Wiegebereich einer solchen Rollgewichtswaage zu vervielfachen, sind besondere Aufsatzgewichte vorgesehen, die in bestimmten Kerben des Wiegebalkens eingreifen. Wir haben also in diesem Falle die Kombination einer Rollgewichtswaage mit einer Schaltwaage oder einer Waage mit Gewichtssatz vor uns.

und Absetzen der Gewichte auf die Schale der Balkenwaage erfolgt, eine zwangläufig geregelte Ordnung, wie es Abb. 26 zeigt. Der Waagebalken dieser Waagenart besitzt 4—5 Gewichtshänge, von denen jeder einen Satz der betreffenden Gewichtseinheit enthält. Die Gewichtshänge sind so angeordnet, daß sie in ihrer Wirkungsweise — Gewicht mal Abstand des Aufhängepunktes vom Balkenstützpunkt — einer Rangordnung, z. B. dem Dezimalsystem entsprechen. Durch Handhebel oder elektrischen Antrieb werden diese Gewichte zum oder vom Waagebalken abgeschaltet.

Bei der Rollgewichtswaage, einer Weiterentwicklung der

Laufgewichtswaage

Die Neigungswaage hat erst im letzten Jahrzehnt sich Eingang in die Betriebskontrolle verschafft. Die ersten Waagen dieser Art waren zunächst noch sehr unvollkommen und nicht eichfähig. Die jüngste Entwicklung hat aber zu einer großen Zahl von eichfähigen Waagen geführt, und zur Zeit ist die Neigungswaage infolge ihrer sehr schnellen Gewichtsanzeige im Begriff, alle anderen Waagentypen in den Hintergrund zu drängen. Besonders die Einführung des laufenden Bandes, das zur Ausführung einer Wägung, soll keine Stockung im Fließvorgange eintreten, nur eine sehr beschränkte

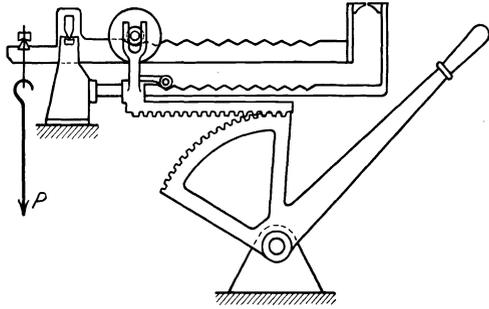


Abb. 27. Schema der Rollgewichtswaage.

Zeit zur Verfügung stellt, hat das Eindringen der Neigungswaage in die Betriebskontrolle befördert. Das Prinzip der Neigungswaage, wie es in Abb. 28 dargestellt ist, beruht darauf, daß der von einer Last ausgeübte Zug oder Druck ein schweres Gegengewicht über einen Exzenter, also einen veränderlichen Hebelarm hebt. Das Heben dieser ganzen Exzenter- und Segmenteinheit wird durch eine freischwingernde Brücke auf eine Zahnstange und von dieser auf den Zeiger übertragen, dessen Neigung auf einer Skala das Gewicht der einwirkenden Last anzeigt.

Eine in den Boden eingelassene Neigungswaage zeigt uns Abb. 29.

Da die Skalenlänge wegen der begrenzten Ablenkung des Gegengewichtes für einen größeren Wiegebereich nicht ausreicht, hat man auf verschiedene Weise versucht, die Neigungswaage einem größeren Wiegebereich zugänglich zu machen. Der eine Weg führte zu einer „Verbund-

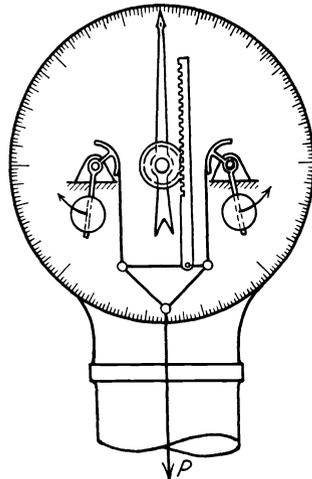


Abb. 28. Schema der Neigungswaage.

konstruktion“, indem mehrere Neigungspendel hintereinandergeschaltet wurden, wodurch man entsprechend viel Wiegebereiche mit entsprechenden Zeigern erhielt, etwa von 0—200, von 200—400, von 400—700 und von 700—1000 kg, wie es Abb. 30 zeigt. Nach dem Aufsetzen der Last tritt der Zeiger der ersten Skala in Tätigkeit und zeigt das Gewicht an, falls die Last im ersten Wiegebereich liegt. Andernfalls schalten

sich die übrigen Neigungshebel ein, die einzelnen Zeiger bewegen sich über ihre Skalen hinweg, bis der jeweils letzte Zeiger auf der betreffenden

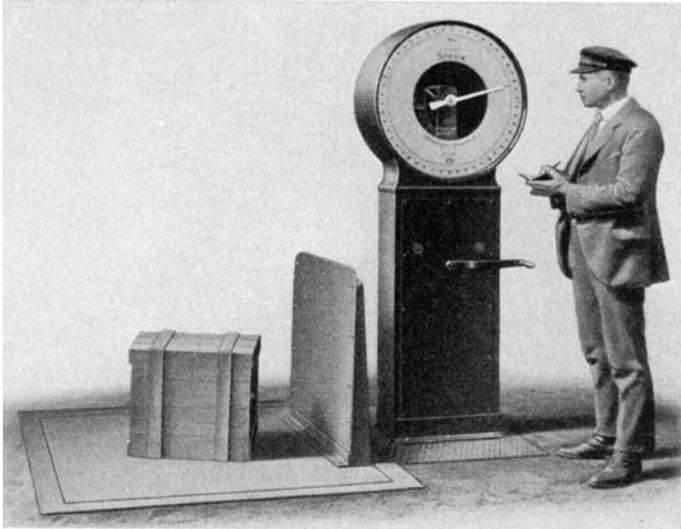


Abb. 29. In den Boden eingelassene Neigungswaage (Oberschlesische Waagenfabrik A. Böhmer & Co.).

Skala stehen bleibt. Am Schluß der Wägung ist nur dieser Zeiger sichtbar, während die übrigen Zeiger von der Gehäusewand verdeckt werden.

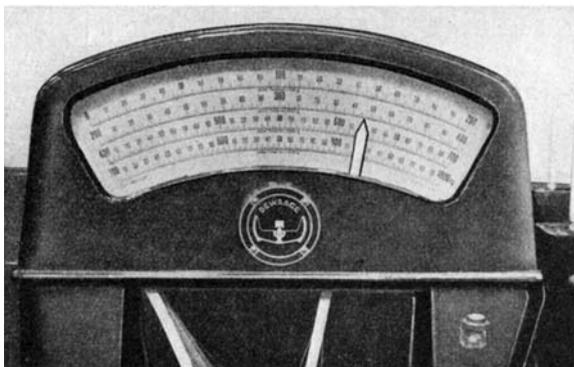


Abb. 30. Gattierungs-Neigungswaage (Carl Schenck, Eisengießerei und Maschinenfabrik).

Ein weiterer Weg, die Neigungswaage großen Wiegebereichen zugänglich zu machen, führte zu der Schaltneigungswaage (Abb. 31), einer Kombination zwischen Neigungswaage und Schaltwaage. Überschreitet die

Last den Skalenbereich der Neigungswaage, so werden wie bei der Schaltwaage Gewichte zugeschaltet, die das Ein- oder Mehrfache der Wiegefähigkeit der reinen Neigungswaage betragen. Die Anzahl der zugeschalteten Gewichte wird automatisch in einem Schauloch der Skala angezeigt. Abb. 32 zeigt die Ausführung einer Schalt-Neigungswaage.

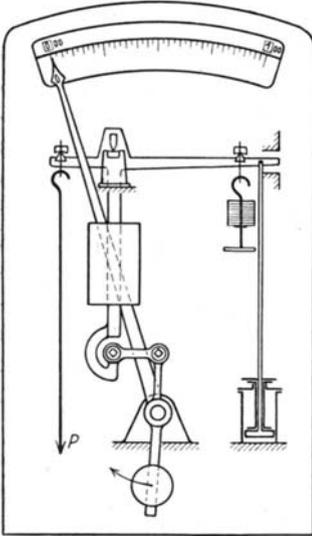


Abb. 31. Schema der Schalt-Neigungswaage.

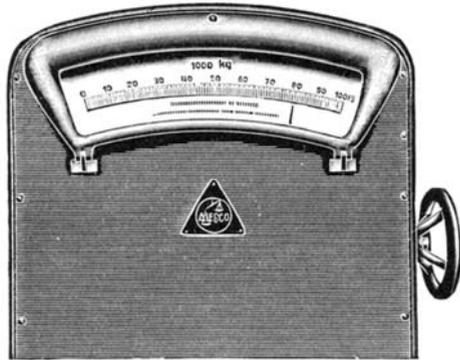


Abb. 32. Kopf der Schalt-Neigungswaage (A. EBMANN & Co.).

Eine Kombination zwischen Laufgewichts- und Neigungswaage in einer Spezialausführung zeigt Abb. 33, bei der als dritter Waagentyp noch die

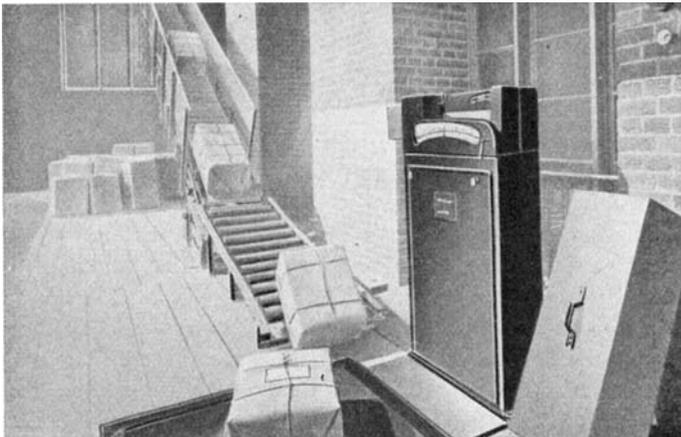


Abb. 33. „Tacho“-Schnellwaage (Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.).

Federwaage hinzutritt. Die Last wirkt hier zunächst auf eine Federwaage ein, deren Zeiger je nach der Belastung auf ein Feld der oberen Skala zeigt.

Die Felder sind so abgeteilt, daß je 100 kg Last den Zeiger um eine Feldweite weiterbewegt. Jedem Feld auf dieser Skala entspricht eine

analog bezeichnete Kerbe auf dem Laufgewichtsbalken, auf dem das Laufgewicht von Hand eingestellt wird. Die über je 100 kg liegenden Mehrgewichte werden durch die Neigungswaage angezeigt, die durch den Laufgewichtsbalken zusammen mit einem fest mit ihr verbundenen Pendelgewicht gebildet wird.

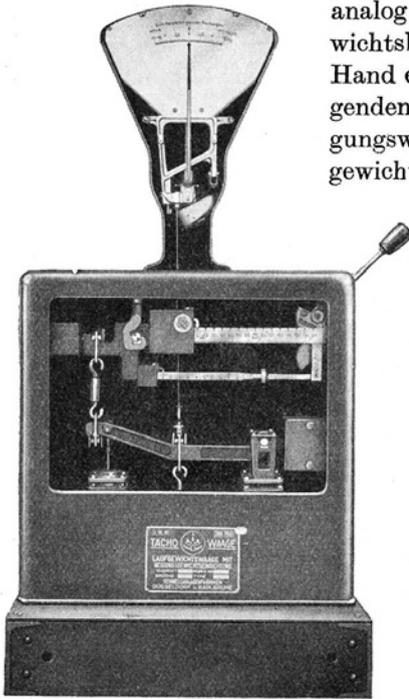


Abb. 34. Leicht-Schwer-Waage.  
(Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.)

Es sei hier noch erwähnt, daß die Tara bei den meisten Neigungswaagen ebenfalls durch ein Zusatzlaufgewicht, wie es bei einer Reihe von bereits gezeigten Beispielen zu erkennen war, eingestellt wird. Eine weitere Kombination zwischen Laufgewichtswaage und Neigungswaage wird durch die Leicht-Schwerwaage gebildet, die in Abb. 34 dargestellt ist. Das Sollgewicht wird auf den Laufgewichtsbalken eingestellt, während die Abweichungen vom Sollgewicht durch eine Neigungswaage gemessen werden, die, wie oben durch die Laufgewichtsbalken zusammen

mit dem festen Pendelgewicht gebildet wird. Der Nullpunkt der Skala befindet sich in der Mitte; die Größe der Abweichungen nach rechts oder links geben das Unter- oder Übergewicht an.

Zum Schluß des Überblickes über die verschiedenen Waagentypen mögen noch kurz die sogenannten Seilzugwaagen und Absackwaagen erläutert werden.

Abb. 35 zeigt das Schema einer Seilzugs-Drehlaufkatzen-Waage. Der am Kranseil auftretende Zug, der vom Gewicht der Last und des freihängenden Seiles ausgeübt wird, wird zur Feststellung des Gewichtes ausgenutzt. Die durch diesen lotrechten Zug ausgeübten Kräfte werden zunächst auf die Druckstange  $d$  und die Stützlenker  $c$  und  $e$  übertragen. Die Seilstrecke  $b$  ist horizontal und parallel zu den Lenkern  $c$  und  $e$  geführt, wodurch die auftretenden Horizontalkräfte auf die Eisenkonstruktion des Auslegers abgeleitet und unschädlich gemacht werden, während die Vertikalkraft, welche gleich der Last ist, durch das Gehänge  $f$  auf das Hebelgestänge  $g$ ,  $i$  und  $k$  und zum Laufgewichtsbalken  $l$  weitergeführt wird. Zur Ausgleichung des Seilgewichtes wird durch die Seil-

trommel  $g$  ein verschiebbares Gewicht  $p$  zwangsläufig verstellt, das durch Einwirkung auf die zum Hebelbalken führende Zugstange  $k$  das Seilgewicht austariert. Die Seilzugwaagen lassen sich für die verschie-

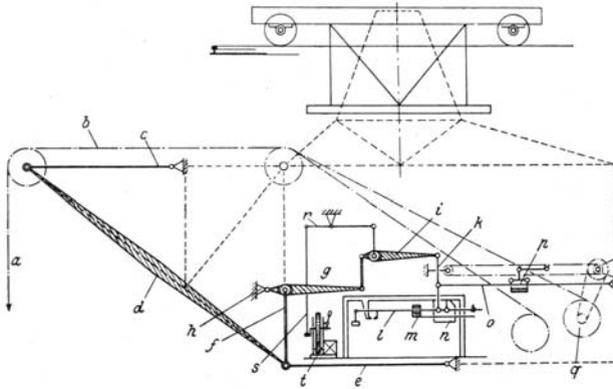


Abb. 35. Schema einer Seilzug-Waage.

densten Ausführungen der Laufkatzen und Krane verwenden, wie Einziehkrane, Krane mit Kippausleger, mit veränderlicher waagerechter Auslegung usw.

Die Absackwaagen finden sich in der Regel als Laufgewichtswaagen oder Waagen mit Gewichtsschale und Gewichtssatz ausgebildet. Zu dieser Gruppe sind auch die übrigen Schüttwaagen, wie Kohlenwaagen, Getreide-, Mehl- und Sandwaagen (Abb. 36) und die Flüssigkeitswaagen zu rechnen. Bei den Waagen, die durch direktes Einlaufenlassen des Gutes beschickt werden, befinden sich meist in der Einlauföffnung zwei Klappen. Hat der Zufluß nahezu den Sollbetrag erreicht,

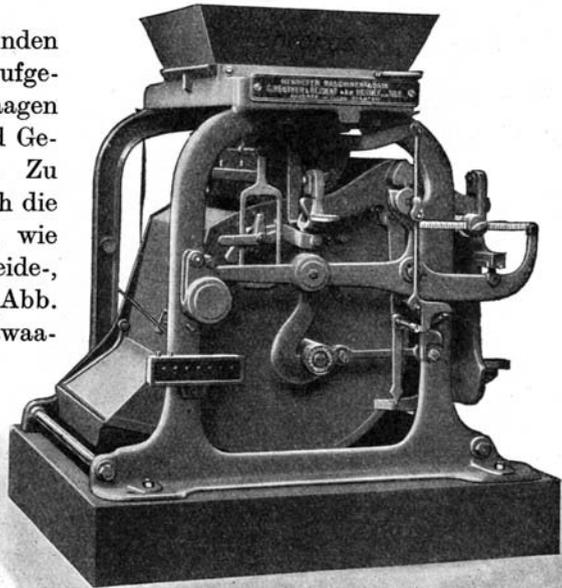


Abb. 36. „Chronos“-Getreidewaage (Hennefer Maschinenfabrik C. Reuther & Reisert m. B. H.).

„Voreiler“ den Balken auf der Lastseite etwas herunter, wodurch der Hauptzufluß gestoppt wird; der schwache Zusatzstrom wird beim

Einspielen der Waage geschlossen. Oft findet sich auch ein Zwischenbehälter zwischen Waage und Zulauf — in diesem Falle wird der Zulauf geschlossen, wenn die abzuwiegende Menge nahezu erreicht ist, während die am Soll-Gewicht noch fehlende Menge aus dem Zwischenbehälter geliefert wird. Das Kippen und Entleeren der Waage geschieht selbsttätig durch die Kraft des in der Waagschale befindlichen Gutes; nach dem Kippen öffnet die in Ausgangsstellung zurückkehrende Waagschale wieder die Ausflußöffnungen.

Hiermit sind wir bereits bei dem folgenden Punkte unserer Ausführungen angelangt, nämlich der Sicherstellung einer einwandfreien Wägung.

#### 4. Sicherstellung einer einwandfreien Wägung.

Die Genauigkeit einer Wägung hängt von zwei Faktoren ab, der Beschaffenheit der Wägevorrichtung und der Zuverlässigkeit desjenigen, der die Wägung auszuführen hat. Wenden wir uns zunächst dem letzten Punkte zu. Wägefehler können hierbei auftreten infolge

- a) Irrtümern,
- b) Nachlässigkeiten,
- c) absichtlichen Fälschungen, sei es zur Vertuschung von Fehlern oder Verschleierung von Entwendungen.

Den größten Fehlern hinsichtlich dieser drei Punkte ist die Waage mit Gewichtssatz ausgesetzt: das Zusammenzählen der Gewichtsstücke führt sehr leicht zu Irrtümern. Eine Verringerung der Fehlerquelle läßt sich dadurch erzielen, daß man z. B. bei der Abwägung von Mischungen für jeden einzelnen Bestandteil ein besonderes Gewicht einführt, z. B. verschließbare Blechkästen, die man durch Anfüllen mit Sand oder Schrott auf das verlangte Gewicht einstellt und mit der Aufschrift versieht, für welchen Mischungsbestandteil dieses Gewicht gilt. Eine Nachkontrolle und selbsttätige Aufzeichnung dieser Wägungen ist jedoch unmöglich. Die Laufgewichtswaage und die übrigen neueren Wagentypen ermöglichen dagegen eine weitgehende Kontrolle der Wägungen durch das Anbringen von Kartendruckapparaten. Diese werden mit dem Laufgewicht oder einem anderen Mechanismus der Waage verbunden; aber nur in Verbindungen mit Zählvorrichtungen, die es unmöglich machen, daß falsche Abwägungen durch nachträglichen Druck auf der unbelasteten Waage in richtige umgefälscht werden können, gewähren diese eine hinreichende Sicherheit. Weit größere Sicherheiten bieten die sogenannten Sicherheitswaagebalken, bei denen erst nach genauem Einspielen der Zungen die Waage arretiert und erst nach dem Arretieren der Druckapparat betätigt werden kann. Nur dann kann gedruckt werden, wenn sich eine Last auf der Brücke befindet. Ist nach dem Druck die Wiegekarte aus dem Apparat entfernt, wird der Druck-

hebel solange selbsttätig gesperrt, bis die Waage entlastet ist oder eine neue Wägung stattgefunden hat. Zum Teil sind diese Druckapparate auch so durchgebildet, daß erst nach der Entlastung der Waage die bedruckte Karte entnommen werden kann. An Stelle oder zusammen mit dem Kartendruckapparat lassen sich auch Streifendrucker anbringen (Abb. 37), die eine Sicherung gegen verlorengegangene oder unterschlagene Wiegekarten bieten. Die Ausbildung, die derartige Druckapparate erfahren haben, zeigt Abb. 38 an einer Wiegekarte einer Rollgewichtswaage. Bis zu 23 Drucktypen können hierbei betätigt werden,

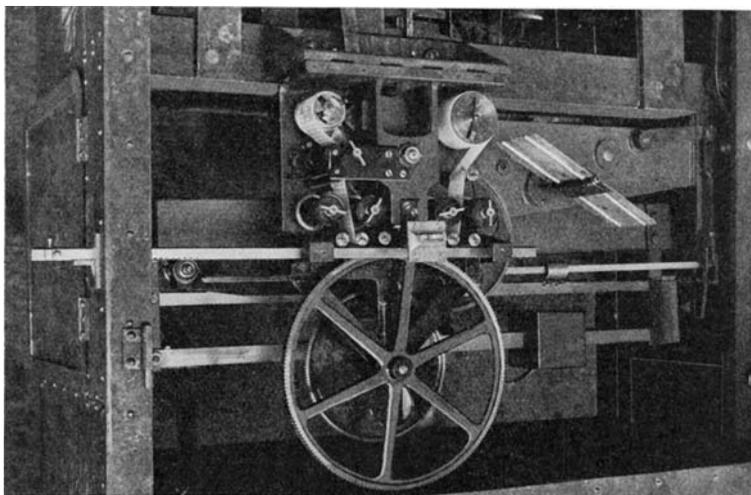


Abb. 37. Streifendruckapparat einer selbsttätigen Laufgewichtswaage  
(Oberschlesische Waagenfabrik A. Böhmer & Co.).

von denen ein Teil zwangsläufig von der Waage eingestellt wird, wie Wiegenummer und Gewicht, während ein anderer Teil beliebig eingestellt werden kann, wie Wagennummer, Gegenstand, Datum usw. Es sei hier erwähnt, daß es in letzter Zeit gelungen ist, auch die Neigungswaage mit einem Druckapparat zu versehen, wie es Abb. 39 und 40 zeigen, wodurch die Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit der Neigungswaage um ein Beträchtliches erhöht worden ist.

Während diese Druckapparate Irrtümer und absichtliche Fälschungen bei Kontrollwägungen und Gewichtsbestimmungen ausschließen, können sie doch nicht in den Fällen vor Falschwägungen schützen, wo zwecks Abwägung bestimmter Mengen die Waage auf die geforderte Menge jedesmal neu eingestellt werden muß. Eine Verringerung dieser Fehler führen sie insofern herbei, als sich der Bedienungsmann ständig nachkontrolliert fühlt. Besonders bei der Abwägung von Schüttgütern für Mischungen



erst auf den dritten Balken umgeschaltet werden, wenn durch Zufüllen des Bestandteiles 2 die Waage wieder einsteht. Da das Zungenspiel bei solchen Waagen (auch bei den Schaltgewichtswaagen) meist sehr klein ist, kommt es leicht vor, daß zuviel eingefüllt wird oder daß der Arbeiter den Zulauf zur Waage etwas zu früh stoppt; beide Fehler versucht man zuweilen dadurch zu beheben, daß durch leichten Druck auf das Lastgefäß oder leichtes Anheben desselben das Einspielen der Zungen befördert wird unter der Entschuldigung, daß man beim Einfüllen die Waage nicht „kommen sieht“, wie das Einspielen der Zungen genannt wird. Diesem aber läßt sich durch Verwendung einer Zeigerwaage, die auch als Gattierungswaagen gebaut werden, abhelfen. Hier kann man in jedem Augenblick an der Zeigerstellung erkennen, wieviel noch am Soll-Gewicht fehlt.

Eine Sicherung gegen ein Zuwenig und für die Erreichung eines

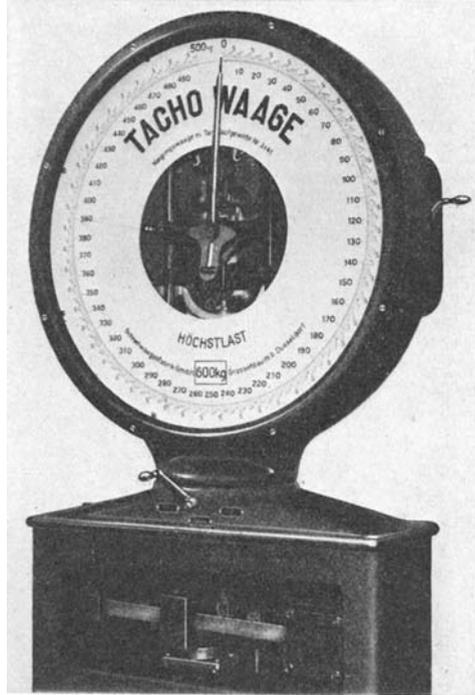


Abb. 39. Neigungswaage mit Kartendruckeinrichtung (Tacho-Schnellwaagenfabrik).

Auftrag .....	Gewicht
Bolzen $\varnothing$ .....	74.60
„ Länge .....	74.80
Abt. ....	75.00
	75.20

Abb. 40. Wägekarte einer Neigungswaage.

Mindestgewichtes selbst bietet die selbsttätige Laufgewichtswaage, bei der das Mindestgewicht, z. B. einer Ladung, zusammen mit dem Fahr-

zeugeigengewicht auf einem Laufgewichtsbalken eingestellt wird, während auf einem zweiten Laufgewichtsbalken ein selbsttätiges Laufgewicht das Mehr an Ladung aufzeichnet. Mit dem Triebwerk ist gleichzeitig ein Registrier- oder Zählwerk verbunden, das entweder die einzelnen Abwägungen aufzeichnet oder sofort zusammenzählt. Das Abfahren der Last von der Brücke führt das selbsttätige Laufgewicht in Anfangsstellung zurück. Diese Waage gebraucht ebenso wie alle anderen Waagen zur Durchführung der Wägung eine gewisse Zeit; hat nun der Arbeiter ein Interesse an der Aufzeichnung eines geringeren Ge-

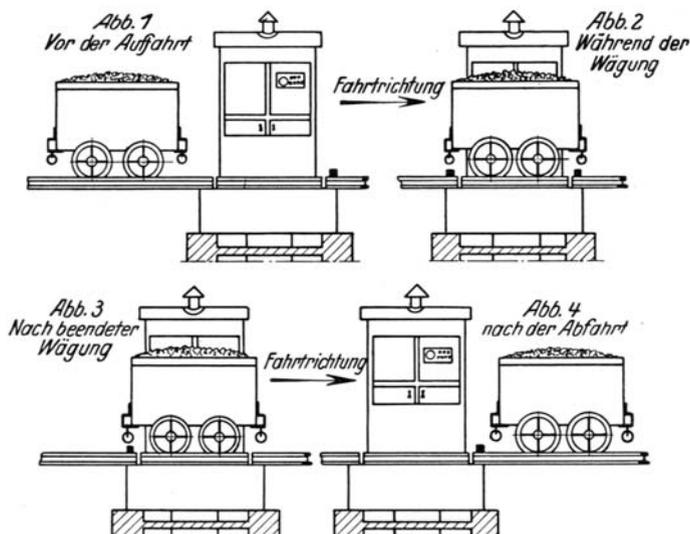


Abb. 41. Vor und hinter der Waage eingebaute Riegelsperre.

wichtes, so kann er dies dadurch erreichen, daß er das Fahrzeug schon dann weiterfährt, ehe die Wägung beendet ist. Andererseits kann er ein Mehrgewicht dadurch vortäuschen, daß er das Fahrzeug mehrfach über die Waage führt und mehrfach wiegen läßt. Verhindert wird dies durch den Einbau einer Riegelsperre (Abb. 41, Oberschl. Waagenfabrik). In Stellung 1 ist die Auffahrt frei, während ein hinter der Waage hochstehender Sperriegel die Weiterfahrt verhindert. Infolge der Belastung senkt sich die Waagenbrücke etwas, wodurch hinter dem Fahrzeug ein zweiter Sperriegel gehoben wird, der die Rückfahrt verhindert (Stellung 2). Ist die Auswägung beendet und das Ergebnis aufgezeichnet, verschwindet der vordere Riegel (Stellung 3) und gibt die Ausfahrt frei. Nachdem der Wagen die Brücke verlassen hat, hebt sich dieser Riegel wieder (Stellung 4), während der Riegel auf der Auffahrtsseite verschwindet. Um nun zu verhindern, daß über das Leergleis, welches von der

Entlade- zur Beladestelle führt, bereits gewogene Wagen zurück zur Waage gefahren werden, wird in das Leergleis ein Einbrechapparat eingebaut, der so eingestellt ist, daß nur leeren Wagen die Rückfahrt gestattet wird, während beladene Fahrzeuge durch Einbrechen infolge ihres Übergewichtes so lange zurückgehalten werden, bis sie von Aufsichtsbeamten wieder freigegeben werden.

Eine nahezu völlige Ausschaltung der menschlichen Fehler bei der Abwägung gestatten nur die vollautomatischen Waagen, von denen bereits die eine Art soeben kurz skizziert wurde, und die wir auch schon in der Absackwaage kennengelernt hatten. Auf diese Waagen werden wir im folgenden noch kurz zu sprechen kommen.

### 5. Genauigkeit der Abwägung. Fehlerquellen.

Die Genauigkeit einer Wägung hängt weiterhin ab von der Genauigkeit der Waage, der maschinellen Einrichtung an und für sich und von dem Zustande, in dem die Vorrichtung sich befindet.

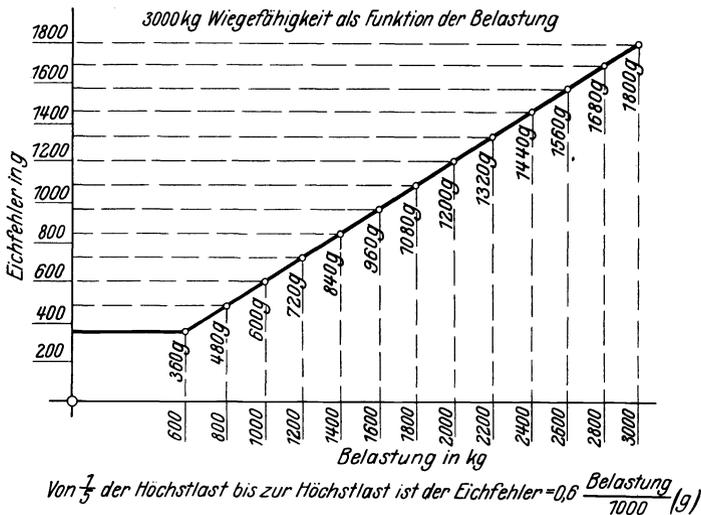


Abb. 42. Eichkurve für eine Waage mit Tragfähigkeit von 600—3000 kg.

Für eichpflichtige Waagen ist die Grenze der Genauigkeit festgelegt, sie beträgt 0,06% der jeweilig auf der Brücke befindlichen Last, jedoch nicht weniger als 0,012% der Höchstlast. Will man also auf 0,12% Genauigkeit abwägen, so darf die Waage nicht für wesentlich geringere Lasten als 10% der Höchstlast benutzt werden. Abb. 42 zeigt die Eichfehlergrenze für Waagen von 600—3000 kg Tragfähigkeit. Bei einer längeren Benutzung der Waage steigen meist infolge Abnutzung der Lager, Schneiden usw. die Wiegefehler; es ist deshalb für genaue Wägungen erforderlich, von Zeit zu Zeit abgenutzte und beschädigte Teile zu er-

setzen und die Waage naheichen zu lassen. In vielen Fällen dagegen, wo es sich z. B. um Abwägungen von Mischungen handelt, kommt es auf die absoluten Werte der Gewichtsmengen nicht an, sondern nur auf die Vergleichszahlen; hier sind sehr genaue, geeichte Waagen nicht erforderlich, sondern es genügen gut gebaute, starke Waagen, die auch nach längerer Benutzung keine die Eichfehlergrenze überschreitenden Abweichungen zeigen; die Waage muß in sich richtig bleiben; es ist aber in diesem Falle für die gesamte Abwägung der Mischung die gleiche Waage zu benutzen und darauf zu achten, daß die kleinsten Massen zuerst abgewogen werden, denn für eine Waage mit einer zulässigen Höchstlast von 3000 kg beträgt der Wiegefehler 360 g bei einer Belastung von 600 kg und bei einer Belastung von 3000 kg 1800 g, wie aus der Eichgrenze hervorgeht. Jedoch ist es zu empfehlen, sowohl geeichte wie ungeeichte Waagen in bestimmten Zeitabständen im Betriebe selbst auf ihre Genauigkeit und ihre Abweichungen bei höherer Belastung nachzuprüfen, also selbst eine Eichkurve aufzunehmen. Welche Genauigkeit die Abwägungen erfordern, liegt in der Natur des Betriebes und des abzuwiegenden Gutes, es ist hier nicht der Platz, auf Einzelheiten einzugehen, jedenfalls hat die Auswahl des Waagensystems sowohl nach diesen Gesichtspunkten zu erfolgen, wie auch nach der Beanspruchung, die durch den Betrieb an die Waage gestellt wird. Waagen mit hochkomplizierten Mechanismen und empfindlichen Teilen sind gegen Stöße, falsche Belastung und Überlastung, Verstaubung, Feuchtigkeit und Säuren sehr empfindlich und werden in rauen Betrieben bald unbrauchbar. Hiermit dürfte auch die Frage von der Abhängigkeit der Wiegegenauigkeit von der maschinellen Einrichtung zum größten Teil erledigt sein, da es nicht die Aufgabe dieser Ausführungen ist, auf konstruktive Einzelheiten im Waagenbau näher einzugehen. Wichtig ist dagegen die Beachtung des Zustandes, in der sich die Waage befindet. Die empfindlichen Teile, wie Schneiden, Pfannen, Federn, Stahlbänder müssen gegen Feuchtigkeit, Verstaubung und andere äußere Einflüsse sorgfältig abgeschlossen sein, um eine frühzeitige Zerstörung dieser für die Waage lebenswichtigen Teile zu verhindern. Durch häufige Reinigung, Schmierung dieser Teile und Ersatz von abgenutzten Teilen lassen sich Wiegefehler weitgehend zurückdrängen. Bei der Laufgewichtswaage liegt eine weitere Fehlerquelle in der Abnutzung der Kerben, wodurch eine einwandfreie Einstellung unmöglich gemacht und das Gewicht des Laufgewichtsbalkens verringert wird. Bei neueren Waagen wird diese Abnutzung dadurch vermindert, daß man das Laufgewicht auf Rollen lagert und eine besondere Kerbschutzvorrichtung in Form einer Führungsbahn anbringt, durch die man gezwungen ist, das Laufgewicht genau senkrecht und immer an derselben Stelle auf die Kerbe aufzusetzen. Abgesehen davon, daß Staub und Feuchtigkeit zer-

störend wirken, können sie auch große Fehler bei der Abwägung hervorrufen, besonders wenn sie sich zwischen die Bewegungsorgane der Waage setzen und das Einspielen erschweren oder sich in größeren Mengen auf den Gewichten oder Waagschalen absetzen — 5 g Staub bedeuten bei einer Dezimalwaage bereits 50 g Überlast.

Weitere Fehlerquellen liegen im stoßweisen Einschalten oder in einer vorübergehenden Überlastung der Waage, wodurch Beschädigungen

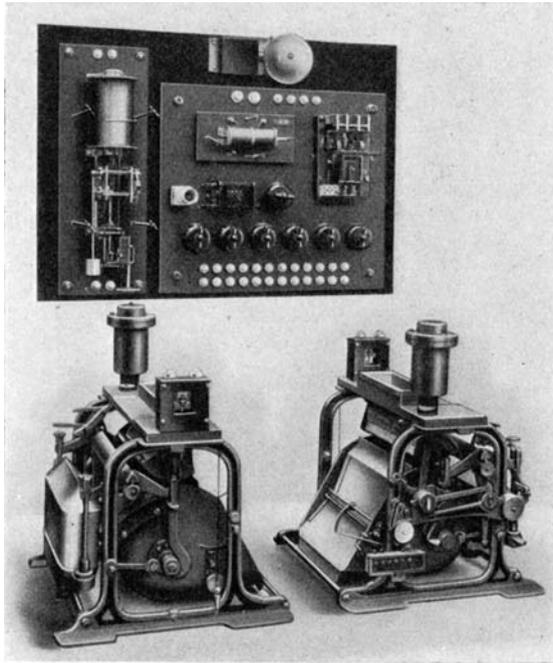


Abb. 43. Elektrisch gesteuerte Gemengewaaagen-Schalttafel und Wiegeeinrichtung  
(A. Reißmann AG.).

auftreten können; Verlagerung der Auswaage auf festen Wiegeplattformen oder Geleisen, wie eine schiefe Stellung der Waagen können ebenfalls Falschwägungen herbeiführen. Jedoch sind in letzter Zeit eine Reihe von Waagenkonstruktionen bekannt geworden, bei denen diese Fehler keinen Einfluß auf die Wiegegenauigkeit ausüben. Im übrigen besitzen die meisten Waagen Lote, welche eine Abweichung der Waage von der Senkrechten anzeigen; an diesen ist öfters die richtige Stellung nachzuprüfen.

Bei den vollautomatischen Waagen können außer diesen Fehlern auch solche auftreten, welche in der Zuführung des Materials zur Waage beruhen. Stoßweises Einströmen in die Waageschalen kann zu einer

Frühkipfung und somit zu Untergewichten führen, Verstauben der Kipplager zu einem Übergewicht. Sind eine Reihe solcher selbsttätigen Waagen zur Abwägung von Mischungen gekuppelt, ist das Auftreten weiterer Fehler in der Mischungszusammensetzung dadurch gegeben, daß der Abschluß des Zulaufes nicht dicht schließt, wodurch in der Ruhezeit



Abb. 44. Elektrische Fernanzeige des Kontrollergebnisses.

die Waageschalen gefüllt und zum Kippen gebracht werden. Diese Überkipfungen werden durch das laufende Band zur Weiterverarbeitungsstelle befördert und führen hier zu einem Überwiegen des einen Bestandteiles, während diese bereits gekippte Menge bei der nächsten Mischung fehlt. Einen Schutz hiergegen bietet die elektrische Steuerung der Waagen, wie sie in Abb. 43 gezeigt ist. Erst wenn alle Waagen vorschriftsmäßig gefüllt sind, kommt in der die Waagen verbindenden Leitung ein Strom zustande, der einen mit einem Magneten verbundenen Sperrhaken von jeder Waage wegzieht und so die Kippung ermöglicht.

Tritt eine Störung in der regelmäßigen Kippfolge auf, wird diese durch ein Alarmsignal unter gleichzeitiger Absperrung des Stromes nach den Magneten und durch Aufleuchten je einer Signallampe am Schaltbrett und an der Waage selbst angezeigt. Im Anschluß hieran möge noch ein Beispiel einer elektrischen Fernanzeige zur Sicherstellung des Wiegeergebnisses (Abb. 44) gegeben werden.

## 6. Wirtschaftlichkeit der Kontrolle durch Wiegen.

Zum Schluß soll noch kurz die Frage der Wirtschaftlichkeit einer Wiegeeinrichtung gestreift werden. Diese ist, abgesehen von den bereits behandelten Fragen der Genauigkeit, abhängig von der Geschwindigkeit des Wiegevorganges — eine zu lange Wiegedauer kann den Arbeitsvorgang drosseln und zu unproduktiven Zeitverlusten führen —, von dem Bedarf an Arbeitskräften und der Notwendigkeit besonders zuverlässiger Arbeiter, von den Anlagekosten und der Amortisierung.

Die Dauer einer Wägung ist weitgehend von der Wägevorrückung abhängig: die Dezimalwaage erfordert für eine Wägung im allgemeinen eine Zeit von 15—40 Sekunden (die Angaben schwanken ziemlich stark), die Laufgewichtswaage 8—25 Sekunden und die Neigungswaage 2 bis 5 Sekunden; befördert wird die Geschwindigkeit der Wiegefolge durch besondere Dämpfungsvorrichtungen und durch die Erleichterung der Ablesung, durch deutliche Gewichtsbezeichnungen oder genügend große Skalen. Bei der Zeigerwaage findet sich auch häufig eine mehrteilige Skala, die es ermöglicht, Stückzahlen, Flüssigkeitsvolumen oder Preise zusammen mit dem Gewicht abzulesen. Die Zeitersparnis unter Ausschaltung eines besonders zuverlässigen oder zahlreichen Bedienungs-personals bei verhältnismäßig vielen Abwiegungen wird in der Regel die Anlagekosten für eine teure, aber schnell und zuverlässig wiegende Waage bald amortisiert haben, während in solchen Fällen, wo nur wenige Wägungen auszuführen sind, sich die Aufstellung einer besonders schnell wiegenden und teuren Waage nicht bezahlt machen wird. Jedenfalls sind vor der Aufstellung einer Waage sämtliche hier erwähnten Fragen, wie Genauigkeit, Betriebssicherheit, Aufzeichnungs- und Kontrollfähigkeit, Schnelligkeit und Unkosten genau zu überlegen, um den an und für sich unproduktiven Wiegevorgang auf ein Minimum der Unproduktivität zurückzuführen.

Der unproduktive Vorgang des Wiegens kann und soll gerade dadurch produktiv sich auswirken, daß er in vielen Fällen der Betriebskontrolle die einzige Möglichkeit bietet, Soll und Ist zu vergleichen, Fehler- und Verlustquellen aufzudecken und diese abzdämmen oder wenigstens einzuschränken.

# Kontrolle von Energie- und Stoffverbrauch unter besonderer Berücksichtigung elektrischer Meßgeräte.

Von Prof. Dr.-Ing. G. Keinath.

## 1. Allgemeines.

Die Kontrolle von Energiemengen in Fabrikbetrieben verfolgt verschiedene Zwecke. In erster Linie ist die Ersparnis an Betriebsstoffen zu nennen. Hierher gehört beispielsweise die Überwachung von Kesselfeuerungen auf Gehalt an  $\text{CO}_2$  und  $\text{CO}$ . Ist die beigemischte Luftmenge zu groß oder zu klein, so ist der Kohlensäuregehalt entweder zu klein oder es entweichen mit der Verbrennungsluft noch unverbrannte Gase aus dem Schornstein. In jedem Falle entstehen durch die unkontrollierte Verbrennung enorme Verluste in der Größenordnung von 10%, sogar 20 bis 25% des verbrauchten Brennstoffes. Hier ist der Einbau von Meßgeräten immer lohnend. Schon mit einer Ersparnis von 2% machen sie sich bei Kesseln mit etwa  $200 \text{ m}^2$  Heizfläche in einem Jahr bezahlt.

Ein anderer Zweck der Überwachung mit Meßgeräten ist z. B. die Überwachung der Dampfverteilung in einem Betrieb.

Einen weiteren Zweck erfüllen Meßgeräte in der Verarbeitungsindustrie, um eine größere Gleichmäßigkeit der Fertigung herbeizuführen, als dies ohne Meßgeräte möglich wäre. Hier sind zu nennen: Selbsttätige Glasmaschinen zur Herstellung von Flaschen, Glühlampen oder Tafelglas. Wenn bei diesen nicht die Temperatur auf das genaueste überwacht wird, so entsteht ein riesiger Ausschuß. Die Erzeugungsmenge einer Fourcault-Maschine hat beispielsweise einen Jahreswert von etwa 1 Million Mark. Ein Ausschuß von 10% ist als normal zu rechnen. Wenn die Herstellung aus irgendeinem Grunde aber schlecht läuft, so steigt der Ausschuß auf 20 bis 30%, sogar 50%, und es werden dabei so enorme Werte vernichtet, daß sich eine Temperaturmeßanlage der besten Ausführung mit den teuersten Registrierapparaten schon nach wenigen Tagen bezahlt macht.

Schließlich kann man auch Meßgeräte einführen, um an Rohstoffen in der Verarbeitungsindustrie zu sparen. Hier ist ein sehr interessantes Beispiel die Gummiindustrie, wo beispielsweise Stoffbahnen mit Gummi

imprägniert werden, um sie wasserdicht zu machen. Zu wenig Gummi verschlechtert die Qualität und macht den Stoff minderwertig, zu viel Gummi aber verursacht übermäßige Materialkosten. In der letzten Zeit ist eine Apparatur geschaffen worden, die eine klebrige Gummischicht von etwa 1 mm Dicke kontrolliert und schon eine Abweichung von  $\frac{1}{100}$  mm sofort mit einer Zeigerbewegung von etwa 10 mm anzeigt. Jede solche Meßeinrichtung spart der Gummifabrik Zehntausende von Mark in jedem Jahr. Solche Beispiele großer Ersparnis durch betriebsmäßige Überwachung gibt es zahlreiche.

## 2. Anwendungsweise und Arten der Meßgeräte.

Als oberster Grundsatz beim Einbau von Meßgeräten muß gelten, daß mit dem Einbau allein noch kein Nutzen gestiftet worden ist, daß es vielmehr unbedingt notwendig ist, auch die Meßgeräte zu beachten und ihre Angaben zu verwerten. Es muß unbedingt das nötige Personal vorhanden sein, das die Meßgeräte überwacht, sie zeitweilig kontrolliert und ihre Aufzeichnungen auswertet. Nur bei „Qualitäts“-Meßgeräten, die den momentanen Stand einer Erzeugung überwachen, kann man mit dem vorhandenen Personal allein auskommen. Niemals sollte man mehr Meßgeräte einbauen als nötig sind. Meßgeräte, die außer Betrieb gesetzt sind und solche, die nicht beobachtet werden, drücken den Wert der in Betrieb befindlichen und der unbedingt zu beachtenden stark herab.

Die Ausführung muß aber dem Zweck angepaßt sein. Laboratoriums-Meßgeräte sollten nicht in den Betrieb kommen, dorthin gehören nur kräftig gebaute Apparate, die Hitze, Stöße, Vibrationen, Staub, Feuchtigkeit und Dämpfe aushalten können. Die Gehäuse müssen der Betriebsweise angepaßt sein. In der letzten Zeit geht man auch bei der Messung nichtelektrischer Größen mehr und mehr zu den elektrischen Meßgeräten über, zur Temperaturmessung, zur Druckmessung usw., weil elektrische Meßgeräte empfindlicher und feinführender sind als mechanische und den Vorzug haben, daß ihre Angaben auf die Ferne übertragbar sind, daß auch mehrere Meßgrößen auf einem gemeinsamen Registrierstreifen aufgezeichnet werden können.

Die Meßgeräte werden entsprechend folgenden Funktionen<sup>1</sup> ausgeführt:

a) Zähler, die selbsttätig das Integral (Summe) des Verbrauches oder die Stückerzeugung in einer gewissen Zeit melden. Sie sind sozusagen das erste und einfachste Überwachungsmittel, der Ersatz der Einzelzählung durch Arbeiter oder Kontrollbeamte. Der Strom- und Wärmeverbrauch des Betriebes der Einzelmaschinen wird in größeren Zeitzwischenräumen kontrolliert. Auch für kurzzeitige Versuche, wo keine besondere Genauigkeit nötig ist, verwendet man manchmal Zähler

<sup>1</sup> Hierzu siehe Abschnitt 1, Einteilung, S. 23.

an Stelle von Zeiger-Wattmetern. Für den gesamten Betrieb, der an das Netz einer Großstadt angeschlossen ist, verwendet man meist schreibende Höchstlastanzeiger, die den Verbrauch an Kilowattstunden während einer Viertelstunde registrieren. Diese Art der Registrierung hat gegenüber der des Momentanwertes den Vorteil, daß Einschaltstromstöße oder Kurzschlüsse, die sich nur über Sekunden erstrecken, nicht als Grundlage der Preisbildung verwendet werden, sondern nur solche Überlastungen, die sich über mehrere Minuten erstrecken. Die Technik ist mittlerweile so weit vorgeschritten, daß beispielsweise ein Betrieb so geregelt werden kann, daß er nur soviel Leistung aufnimmt, als zum Auffüllen des vereinbarten Leistungsmaximums eines größeren Betriebes oder des liefernden Großabnehmers (z. B. einer kleinen Stadt, die aus einem Überlandnetz gespeist wird) zulässig ist. Man regelt dann den Betrieb in entsprechender Weise und schaltet jene Verbraucher, die es am leichtesten vertragen, beim Erreichen der Höchstlast ab. Diese Maßnahme ist zwar etwas lästig, aber es ist doch immerhin besser, nur an wenigen Tagen davon Gebrauch zu machen, als den ganzen Betrieb während der Sperrstunden auf ein gewisses Maß einzuschränken, unbekümmert darum, ob der Großabnehmer jetzt den Strom abgeben kann oder nicht.

Zähler werden keineswegs allein für elektrische Arbeit verwendet, es ist bekannt, daß schon seit langem Flüssigkeits- oder Gaszähler hoher Genauigkeit im Handel sind. Auch die Damp fzähler sind sehr weit vervollkommen worden. Man baut Zähler für die verschiedensten Zwecke. In jüngster Zeit sind sogar Lichtmengen zähler für Reproduktionsanstalten verlangt worden, um eine möglichst gleichmäßige Belichtung der Kopien zu erreichen.

Vielseitige Anwendungen finden Zähler im Betriebe als Geber für Summierungseinrichtungen, insbesondere zur Fernzählung, wenn z. B. die Erzeugungsmenge einer größeren Zahl räumlich entfernt stehender Maschinen im Betriebsbüro überwacht und gezählt, vielleicht auch als Kurve geschrieben werden soll.

b) Anzeigeeinstrumente werden nur dort verwendet, wo allein der Momentanwert einer Größe interessiert. Die Formen der Instrumente sind sehr verschieden und stets dem Anwendungszweck angepaßt. In jüngster Zeit hat man sich für Rieseninstrumente interessiert, die auf sehr große Entfernung, z. B. im Kesselhaus von Großkraftwerken, die gesamte Belastung oder irgendeine andere Meßgröße anzeigen. Man verwendet dazu Lichtpunktinstrumente oder Lichtbandinstrumente; die Skalenlänge geht bis zu 3 m und die Ablesung kann bis auf 50 m Entfernung erfolgen.

c) Registrierinstrumente sind überall dort am Platze, wo man die Gleichmäßigkeit eines Betriebes kontrollieren will, weil nur dies

meist die wirtschaftlichste Betriebsart ist, oder wo man während des Herstellungsvorganges einen bestimmten Arbeitsverlauf einhalten und zur Kontrolle registrieren will<sup>1</sup>. Je nach der Empfindlichkeit der Meßgeräte kann man Tintenschreiber oder Punktschreiber verwenden, letztere zeichnen bis zu 12 verschiedene Vorgänge gleichzeitig auf einem Streifen auf. Die Gruppierung der Meßgrößen für solche Vielfachschreiber kann in verschiedener Weise erfolgen. Einmal kann man von dem Gesichtspunkt ausgehen, jeder Maschine einen eigenen Registrierapparat zu geben und von diesem einen Apparat die verschiedenen Größen aufzeichnen zu lassen, z. B. Dampfmenge, Dampfdruck, Speisewassertemperatur und dergleichen. Das ist besonders dann günstig, wenn die Einheiten nicht alle gleichzeitig im Betriebe sind. Man kann aber auch so vorgehen, daß man beispielsweise einen Registrierapparat zur Aufzeichnung der Dampfströmung in allen Kesseln nimmt, einen zweiten Apparat für die verschiedenen Speisewassertemperaturen, einen dritten für den CO<sub>2</sub>-Gehalt usw. Hier fallen die Kurven näher zusammen, unter Umständen aufeinander, und man kann anormale Zustände in einem Einzelbetrieb leichter erkennen als bei der Registrierung für jeden Betrieb allein.

Registrierapparate sollten so gebaut sein, daß sie leicht bedient werden können, ferner sollen sie nicht im Betriebsbüro aufgestellt sein, weil sie sich dann allzu leicht als unwillkommene Aufseher des Personals erweisen, man sollte die Aufzeichnung vor den Augen jener Menschen erfolgen lassen, die für den richtigen Betrieb verantwortlich sind.

d) Instrumente mit Maximal- und Minimalkontakten werden dort verwendet, wo eine Betriebsgröße innerhalb engerer oder weiterer Grenzen konstant gehalten werden soll, z. B. die Temperatur bei einem Wärmeprozess. Man läßt dann den Zeiger entweder direkt oder durch Verwendung einer Hilfskraft — etwa ein Fallbügel — Kontakt geben, wodurch farbige Signallampen oder akustische Signale eingeschaltet werden, je nachdem die Temperatur zu hoch oder zu tief ist. Solche Anlagen sind besonders für Glühereien im Betrieb. Instrumente mit direkter Kontaktgabe sollte man möglichst vermeiden, weil sie keine zuverlässigen Kontakte zu geben imstande sind. Vor allem bei elektrischen Temperatur-Meßgeräten sind die Kräfte des beweglichen Organs viel zu klein, als daß sie einen zuverlässigen Kontakt schließen könnten. Sicherheit gewährleisten nur ausgesprochene Relaiskonstruktionen oder Instrumente mit Fallbügel, bei denen die Kraft zur Kontaktgabe nicht vom Meßgerät geliefert wird, sondern von einer äußeren Kraftquelle.

---

<sup>1</sup> Siehe z. B. Gmelin, G.: Technische Physik in der chemischen Industrie. Z. f. techn. Physik Bd. 10 (1929) S. 241 bis 244. — An ausführlichen Darstellungen ist besonders das Buch: Praetorius, E.: Wärmewirtschaft im Kesselhaus, Dresden-Leipzig, 1930, erwähnenswert.

e) Regler sind eine weitere Vervollkommnung der Instrumente mit Maximal- und Minimalkontakt insofern, als an Stelle der Betätigung von Signaleinrichtungen unmittelbar in den Vorgang, z. B. in die Heizung des Glühofens eingegriffen wird. Regler zur Konstanthaltung der verschiedensten Größen von Temperaturen, Drucken, Flüssigkeitsströmungen, Flüssigkeitsmengen, Geschwindigkeiten usw. sind schon in großer Zahl im Betrieb und ihre Anwendung steigt von Jahr zu Jahr, weil sie soweit verbessert worden sind, daß sie viel zuverlässiger arbeiten, als es die beste Handbedienung vermag. Um bei zufälligem Versagen der Regler nicht den Herstellungsgang zu gefährden, hat man bei allen diesen Einrichtungen noch Sicherheitsvorrichtungen, die beim Versagen der Regler sofort Warnungssignale geben oder die überhaupt unter außergewöhnlichen Umständen die selbsttätige Regelung durch eine Handregelung ersetzen lassen.

Die bemerkenswertesten Regelungseinrichtungen sind in jüngster Zeit für Dampfkessel geschaffen worden. Sie bieten so enorme wirtschaftliche Vorteile, daß sie in steigender Zahl gebaut werden. Die Vorteile liegen hier, wie auch bei anderen Regeleinrichtungen, nicht allein in der Ersparnis an Brennstoff, sondern auch in der besseren Ausnützung der Anlagen, weil man die Kessel gleichmäßiger belasten kann, konstante Dampftemperatur und konstanten Dampfdruck erhält und so auch die Einrichtungen besser schont, als bei der stoßweisen Handbedienung.

### 3. Elektrische Messungen zur Energie- und Betriebskontrolle.

Nach diesen einleitenden Ausführungen über die verschiedenen Funktionen elektrischer Meßgeräte soll über die Durchführung der Messung selbst gesprochen werden:

Die Strommessung wird seltener zur Kontrolle eines ganzen Betriebes, als vielmehr zur Einzelkontrolle an Maschinen verwendet. Es handelt sich dabei meist um Stromstärken unter 200 Ampere, der Stromaufnahme der einzelnen Antriebsmotoren entsprechend, und man baut dann an jeder größeren Maschine einen Strommesser ein. Dieser hat in erster Linie den Zweck, den Leerlaufverbrauch der Motoren zu kontrollieren, um zu sehen, ob nicht irgendwelche Widerstände in den Getrieben aufgetreten sind, die unnütz Kraft verbrauchen und dabei noch erhöhte Abnutzung hervorrufen, oder es dienen auch die Strommesser dazu, beispielsweise bei Metallbearbeitungsmaschinen den wirtschaftlichsten Vorschub des Werkzeuges, eines Hobels oder eines Bohrers, einzustellen. An sich wäre es wünschenswert, einen Druckmesser einzuschalten, um den Schnittwiderstand zu geben. Eine außerordentlich interessante Forschungsarbeit auf diesem Gebiete hatte vor kurzem Dr.

C. Salomon† durchgeführt<sup>1</sup>. Unter Verwendung einer im Forschungslaboratorium der Siemens & Halske AG. entwickelten Kondensator-Meßdose, eines Verstärkers u. a. hat er Schnittdruck und Schneidtemperatur mit dem Oszillographen registriert. Da das Arbeiten mit dem Oszillographen für den Betrieb zu umständlich ist, so begnügt man sich meist, den Strommesser auf Maschinen als das feinfühndste Organ zu verwenden, das auf übermäßige Kraftanwendung durch vergrößerten Zeigerausschlag reagiert. Bei größeren, teureren Maschinen ist es geradezu eine wirtschaftliche Notwendigkeit, die Strom- oder besser noch die Leistungsaufnahme zu überwachen, weil man nur damit die Möglichkeit hat, die Maschine voll zu belasten und doch nicht zu überanstrengen. Das Gefühl des Arbeiters kann nur bei kleineren Maschinen das richtige Maß geben, es ist unmöglich, bei größeren Fräsmaschinen, die sich aus Schnittgeschwindigkeit und Schnittdruck bestimmende aufgenommene Arbeit der Maschine zu schätzen. Bei den teureren Maschinen würde es sich lohnen, auch einen Registrierapparat neben dem Anzeigeelement aufzustellen, um zu sehen, wie in der Betriebszeit gearbeitet worden ist, ob die Maschine das hergegeben hat, was man von ihr verlangen konnte. Das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit hat ein kleines Merkbuch über „mechanische Energieleitung“ herausgegeben<sup>2</sup>, in dem eine Reihe von Zahlenbeispielen über unzulässigen Verbrauch in Lagern und Antrieben enthalten sind. Die Lagerverluste können vielfach um 60 bis 75% vermindert werden. In einer Weberei mit 247 Gleitlagern brachte die Auswechslung der Lager, die 10715 RM. Kosten verursachte, eine jährliche Stromersparnis von 4600 RM.

Einige Worte sind noch über die Ausführung solcher Strommesser zu sagen, um Mißgriffe und schlechte Erfahrungen zu vermeiden. Strommesser für solche Zwecke müssen als Wechselstrominstrumente, um die es sich fast immer handelt, am Anfang weit auseinandergezogene Skalenteilung haben, damit man den Leerlaufstrom erkennt, während das Ende der Skala zusammengedrängt sein soll, um noch eine große Überlastung angenähert messen zu können. Eine genaue Messung ist nicht notwendig, viel wichtiger ist es, diese Instrumente außerordentlich widerstandsfähig herzustellen, weil sie viel mehr als andere elektrische Meßgeräte Vibrationen und Stößen ausgesetzt sind.

Wenn der Strommesser seinen Zweck erfüllen soll, darf er aber auch nicht zu klein sein. Instrumente mit 70 mm Gehäusedurchmesser werden für Radiobastler gebaut, aber nicht für Werkzeugmaschinen. Wem ein größeres Instrument für 25 bis 30 RM. zu teuer erscheint,

<sup>1</sup> Ausführlicher Bericht siehe „Loewe-Notizen“ 11 (1929) S. 117/47.

<sup>2</sup> AWF, Mechanische Energieleitung, Richtlinien für Wirtschaftlichkeitsuntersuchung, Bestellnummer AWF 211 beim Beuth-Verlag G.m.b.H., Berlin S. 14.

sollte auf die Strommessung eher ganz verzichten, als solches Spielzeug einzubauen.

Spannungsmessungen sind zur Betriebskontrolle verhältnismäßig selten notwendig, es genügen die in jeder Schaltstation allgemein angewandten Spannungsmesser. Nur für Sonderzwecke, z. B. für die Textilindustrie oder für Lichtpausereien und Reproduktionsanstalten, kurz für die Betriebe, die von der Spannung stark abhängig sind, kann es notwendig sein, eine besondere Spannungsüberwachung vorzusehen.

Leistungsmessungen sind sehr viel wichtiger, weil die elektrische Arbeit nach Kilowatt bezahlt werden muß, oft auch die Blindleistung mit zur Verrechnung verwendet wird. Was vorher gesagt worden ist über die Zweckmäßigkeit der Stromüberwachung von Maschinen mit Einzelantrieb, gilt auch für die Leistungsüberwachung. Wenn die Kosten nicht ausschlaggebend sind, ist selbstverständlich ein Leistungsmesser einem Strommesser vorzuziehen. Allerdings sind die Leistungsmesser nicht so robust herstellbar wie die Strommesser.

Eine außergewöhnlich klare Betriebsüberwachung ergibt sich aus der gleichzeitigen Registrierung der Wirk- und der Blindleistung. Abb. 1 zeigt zwei derartige Diagramme aus den Werkstätten einer großen Apparatefabrik. Die Kurvenunterscheidung erfolgt in der Weise, daß der Apparat jeweils eine Minute auf Blindlast und zwei Minuten auf Wirklast selbsttätig umgeschaltet wird. Dadurch entsteht eine hellere Kurve, die Blindleistung, und eine dickere Kurve, die Wirkleistung. Das erste der beiden Diagramme schildert den Betrieb folgendermaßen: Die Blindleistung, d. h. die Zahl der angeschlossenen Motoren, ist über den ganzen Tag fast genau konstant. Sie sinkt nur während der Pause auf etwa die Hälfte herab. In den Morgenstunden bis 8.20 Uhr ist die Wirkleistung größer als die Blindleistung, weil zu der Wirkleistung der Motoren die Beleuchtung hinzukommt. Nach der Frühstückspause ist die Beleuchtung ausgeschaltet und die Wirkleistung ist kleiner geworden. Sehr markant ist das Abfallen der Wirkleistung schon  $\frac{1}{2}$  Stunde vor der Mittagspause beginnend, weil sich die Arbeiter schon zu der Pause rüsten und die Maschinen zum Teil leer laufen.  $\frac{1}{4}$  Stunde vor der Pause werden auch schon einige Maschinen ganz abgestellt, was man aus dem Sinken der Blindlast sieht. Dieselbe Erscheinung ist auch bei der Frühstückspause zu sehen, nur in weniger großem Umfange. Charakteristisch ist auch das langsame Wiedereinschalten der Maschinen und die langsame Wiederaufnahme der Arbeit nach der Mittagspause. Es dauert 15 Minuten, bis der volle Betrieb wieder erreicht worden ist. Von 2.30 Uhr ab ist ein Anwachsen der Wirkleistung zu beobachten, und zwar kommt dies davon her, daß die Beleuchtung jetzt eingeschaltet wurde, weil es sich um einen trüben Novembertag handelte. Die zweite Kurve ist noch interessanter; sie ist am Sylvester 1926 in dem gleichen

Betrieb aufgenommen worden. Bis etwa 9.30 Uhr vormittags ist die Kurve als normal zu bezeichnen und entspricht der eines gewöhnlichen Arbeitstages. Von diesem Zeitpunkt ab bleibt aber die Blindlast kon-

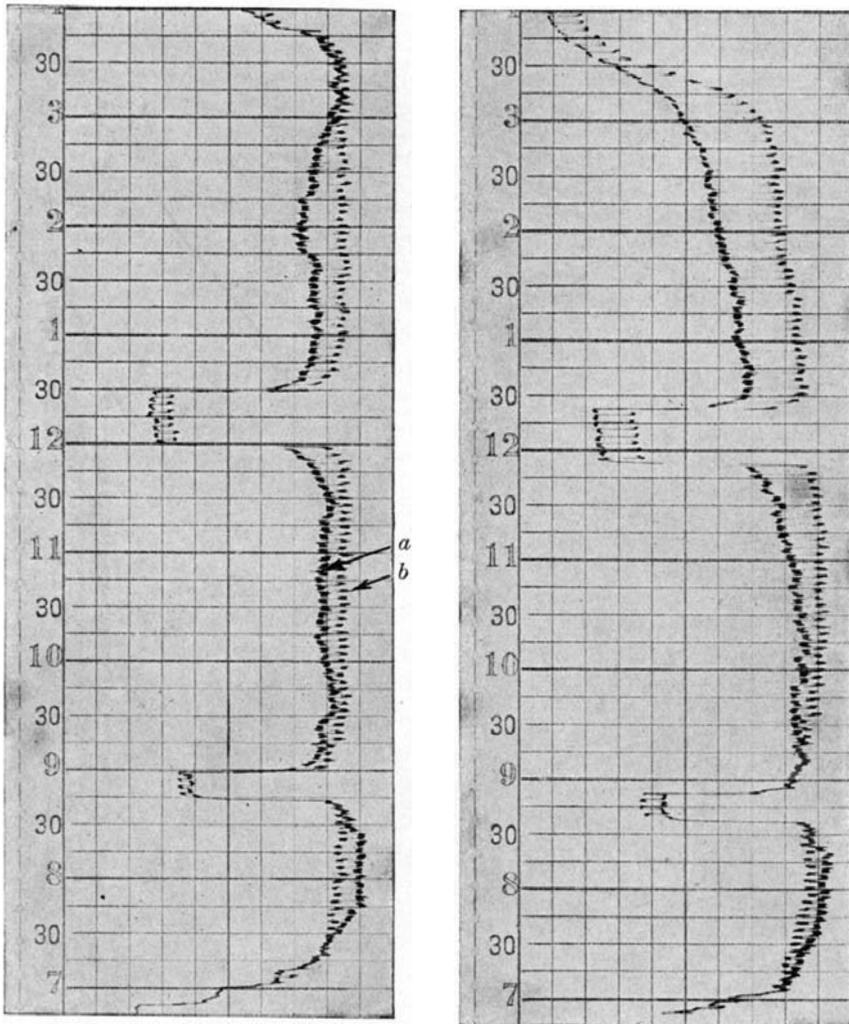


Abb. 1. Aufzeichnung der Wirkleistung (dickere Kurve *a*) und Blindleistung (feinere Kurve *b*) für den Energiebedarf einer großen Apparatefabrik. Das linke Diagramm zeigt die Arbeitsweise an einem gewöhnlichen Wintertag, das rechte am Silvestertag.

stant, d. h. die Maschinen laufen weiter, allein die Wirklast geht infolge allgemeiner Arbeitsunlust schon lange vor der Mittagspause stark herunter. Dieses Zurückgehen der Arbeitsleistung ist dann am Nachmittag

noch besonders deutlich zu erkennen. Diese beiden Registrierkurven geben ein klares Bild von der Arbeitsweise an dem betreffenden Tage. Selbstverständlich läßt sich auch eine einzelne Maschine auf diese Weise sehr gut überwachen; man kann jede Störung in der Fertigung daran deutlicher erkennen als an der Leistungskurve oder an der Stromkurve allein.

Ein anderes interessantes Beispiel der Leistungskontrolle sei im folgenden genannt<sup>1</sup>:

In der Papierindustrie sind in den letzten Jahren zur Erzeugung der erforderlichen großen Holzschliffmenge mit bestem Erfolg die sogenannten Stetigschleifer eingeführt worden, in denen die Zuführung des Holzes an den Schleifstein mittels endloser Ketten erfolgt, die durch einen kleinen Vorschubmotor mit in weiten Grenzen regelbarer Geschwindigkeit angetrieben werden. In stärkerem Maße als bisher hat sich die Notwendigkeit erwiesen, jeden einzelnen Schleifer durch einen besonderen Motor anzutreiben, weil nur hierbei eine genaue Betriebskontrolle möglich ist.

Allgemein erfolgt bei elektrischem Antrieb des Schleifers die Regelung des Vorschubmotors in Abhängigkeit von der Strom- oder Leistungsaufnahme des Schleifermotors, um diese durch entsprechende Änderung der Holzzuführung und des Anpressungsdruckes des Holzes gegen den Stein konstant zu halten. Weiterhin ist es erforderlich, bei auftretenden Hemmungen in der Holzzuführung das vom Vorschubmotor zu übertragende Drehmoment auf einen bestimmten Höchstwert zu begrenzen, um den Schleifer gegen Zerstörungen zu schützen. Wertvolle Aufschlüsse über Zustand und Arbeitsweise des Schleifers können durch registrierende Meßinstrumente gewonnen werden, mittels deren die Leistungsaufnahme des Schleifermotors und die Belastung des Vorschubmotors aufgezeichnet wird. Eine vorteilhafte Ergänzung der Kontrolle bietet ferner ein registrierender Vorschubmesser, dessen Anzeige zahlenmäßigen Anhalt über die jeweilige Steinschärfe und Erzeugungsmenge gibt. Der in Abb. 2<sup>2</sup> gezeigte Leistungsmesser-Registrierstreifen des Schleifermotors läßt den Verlauf der Schleiferbelastung während einer Betriebsperiode erkennen, in der öftere Belastungsunregelmäßigkeiten auftraten, die selbst bei genauester Regelung nicht verhindert werden können. Wie aus dem in Abb. 3<sup>2</sup> während der gleichen Zeit aufgenommenen Registrierstreifen für die Stromaufnahme des Vorschubmotors zu ersehen ist, traten in der Holzzuführung starke Klemmungen auf. Beim Erreichen des vorgeschriebenen höchstzulässigen Drehmomentes des Vorschubmotors greift der Schutzregler ein und regelt die Drehzahl des Vorschubmotors soweit herab, als erforderlich ist, um das zulässige Höchstdreh-

<sup>1</sup> Nach AEG.-Mitt. 12 (1929) S. 770/83.

<sup>2</sup> Abb. 2 u. 3 entnommen aus AEG.-Mitt. 12 (1929) S. 780.

moment nicht zu überschreiten. Die Abb. 2 und 3 zeigen übereinstimmend, daß nach Behebung dieser Hemmungen die Belastung des Vorschubmotors und des Schleifermotors wieder sehr gleichmäßig verläuft. Die Bedienung ersieht aus dem Registrierstreifen mit Sicherheit, wann Eingriffe erforderlich sind. Da Leistungsaufnahme des Schleifermotors,

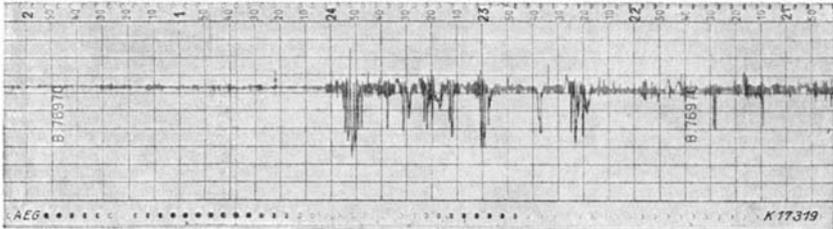


Abb. 2. Leistungsaufnahme des Schleifermotors an einem Stetigschleifer. Zeitmaßstab läuft von rechts nach links.

Vorschubgeschwindigkeit, Erzeugungsmenge und spezifischer Leistungsverbrauch in gesetzmäßiger Abhängigkeit stehen und die Belastung des Schleifers durch die Regelung konstant gehalten wird, ergibt sich bei Überwachung gleichmäßiger Steinschärfe und ungestörter Holzzuführung auch gleichmäßige Menge und Beschaffenheit des Holzschliffes,

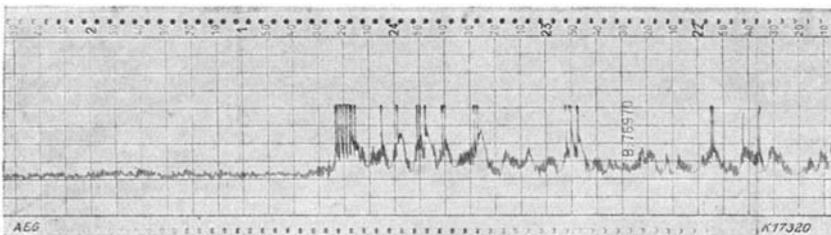


Abb. 3. Leistungsaufnahme des Vorschubmotors an der gleichen Papierschleifmaschine. Auftreten von Klemmungen, die Leistungsschwankungen in Abb. 2 entsprechen.

so daß dieser unter Fortfall der früher erforderlichen weiteren Aufbereitungsarbeit in besonderen Mahlmaschinen der Papiermaschine zugeführt werden kann.

**Drehzahl- und Geschwindigkeitsmessung:** Die Anforderungen für diese Art von Messungen sind außerordentlich verschieden, je nach der Art Antriebe, die überwacht werden sollen, nach dem Umfang der Drehzahlschwankungen im Betriebe und nach der verlangten Genauigkeit. Die Meßgeräte sind demnach sehr verschieden in ihrem Aufbau und in ihrer Anwendung. Die genaueste Drehzahlmessung ergibt sich als Frequenzmessung in elektrischen Netzen. Man kann mit elektrischen Frequenzmessern Drehzahlschwankungen von 0,01% des Soll-Wertes

weitestgehend verfolgen und Genauigkeiten von 0,1%, sogar 0,05% des Soll-Wertes erreichen.

Der einfachste und auch billigste Drehzahlmesser ist das Vibrations-Tachometer, im Grundprinzip eine Schiene mit einer Reihe von Stahlzungen, die auf verschieden hohe Eigenfrequenz abgestimmt sind und von denen bei Berührung mit den laufenden Getriebeteilen jene Zunge zum Schwingen kommt, deren Frequenz mit der Maschinendrehzahl übereinstimmt. Für die Fernübertragung der Drehzahl betreibt man kleinere Generatoren, die dann einen Zungenfrequenzmesser

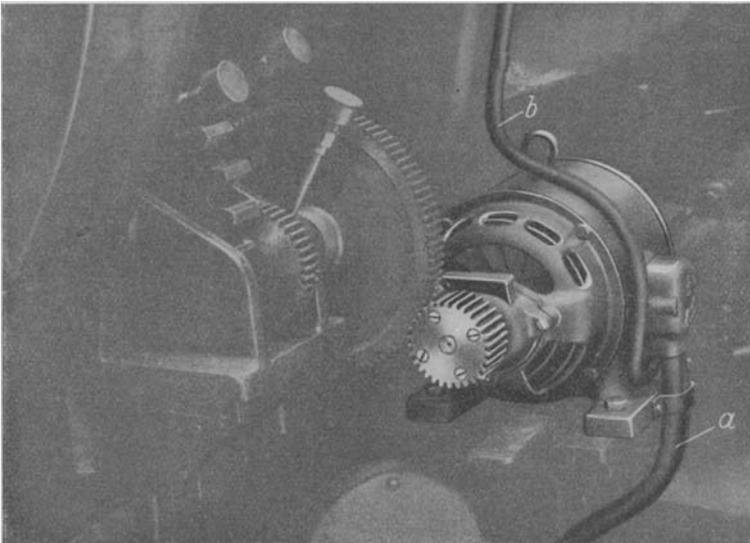


Abb. 4. Schnittgeschwindigkeitsmesser. Tachometer-Dynamo mit Antrieb von der Arbeitsspindel.  
*a* Anschlußleitung. *b* Leitung zu den Schiebewiderständen und zum Instrument.

oder einen Spannungsmesser speisen, der in Drehzahl geeicht ist. Allerdings sind diese Einrichtungen schon wesentlich teurer und sie sind auch bei sehr schwachen Antrieben, beispielsweise bei den Spindeln in Spinnereien, nicht zu verwenden. Hier müssen stroboskopische Meßverfahren zur Anwendung kommen, bei denen man ohne Berührung des laufenden Gegenstandes durch optischen Vergleich mit einem rotierenden Körper bekannter Drehzahl die Drehschnelle der zu beobachtenden Wellen bestimmt. Eine sehr gut verwendbare stroboskopische Meßeinrichtung dieser Art ist das von Ashdown angegebene „Rotoskop“, das vielfach Anwendung zur Drehzahlbestimmung und zur Aufdeckung von Unregelmäßigkeiten im Gang von Maschinen finden kann. Durch intermittierende Beleuchtung oder Beobachtung des Objektes kann man den an sich schnell verlaufenden Vorgang, z. B. die Bewegung eines

Ventils so beobachten, daß die Bewegung auf den 100. Teil verlangsamt erscheint und daraus Schlüsse ziehen auf die Art des Antriebes. Man kann dann beispielsweise auch eine Nähmaschine in vollem Lauf sehr gut beobachten.

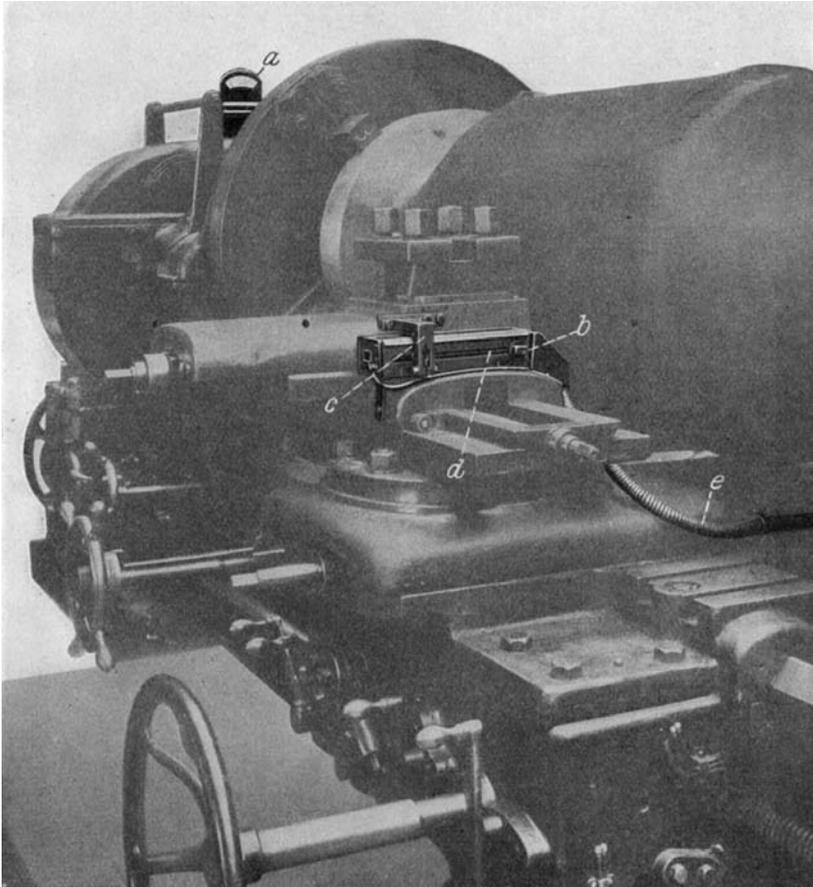


Abb. 5. Schnittgeschwindigkeitsmesser.

*a* Anzeigeelement m/min. *b* von Hand einzustellender Hilfsschieber zur Korrektur der Länge des Drehstahles. *c* Schieber am oberen Quersupport. *d* Schieberwiderstand für den oberen Quersupport. *e* Leitung zum unteren Quersupport und zum Instrument.

Eine andere Anwendung von Geschwindigkeitsmessern ist z. B. die schon erwähnte Messung der Schnittgeschwindigkeit von großen Drehbänken. Man verfährt dabei so, daß man eine Tourendynamo proportional der Drehzahl antreibt (Abb. 4) und die erzeugte Spannung auf einen Widerstand legt, an dem sich ein Gleitkontakt mit der Verstellung des Supports bewegt (Abb. 5). Die abgegriffene Spannung ist

dann proportional der Drehzahl und dem Drehradius, mit anderen Worten der gesuchten Schnittgeschwindigkeit.

In jüngster Zeit hat die Firma Dr. Th. Horn einen als Wirbelstromtachometer gebauten Schnittgeschwindigkeitsmesser entwickelt, der von der Arbeitsspindel angetrieben wird und bei dem (über Schnurzüge) die Eintauchtiefe des beweglichen Organs in den Luftspalt entsprechend der Verstellung des Quersupports geändert wird. Der Apparat ist wesentlich einfacher und billiger als der oben beschriebene. Betriebserfahrungen darüber liegen indessen dem Verfasser zur Zeit noch nicht vor.

#### **4. Messungen der Wärmewirtschaft.**

Es gibt viele Betriebe, bei denen der größte Teil der Betriebskosten durch den Verbrauch an Wärme in irgendwelcher Form, sei es direkte Heizung, sei es an Dampf oder auch an elektrischer Stromwärme bedingt ist. Da aber die Wärmemessung lange Jahre hindurch das Stiefkind der Meßtechnik war, ist an vielen Stellen eine ungeheure Vergeudung der Wärmeenergie zu verzeichnen gewesen. Die Wärmeverluste sind nicht so leicht zu erkennen, wie es bei Werkstoffverlusten der Fall ist. Die Meßgeräte waren durch lange Jahre unzuverlässig, und so kam es, daß man im Durchschnitt 20 bis 30% der eigentlich nötigen Wärme nutzlos vergeudete. Die großen Industriewerke wissen das seit vielen Jahren, und sie haben sich deshalb unter einem erheblichen Aufwand an Kosten für Gebäude und Apparate sowie Personal-Überwachungsstellen für die Wärmewirtschaft geschaffen, die den gesamten Energielauf des Werkes kontrollieren und die sich ausnahmslos gut bezahlt machen. Für kleinere Betriebe lohnt sich die Beschaffung einer Wärmestelle nicht, hier müssen die Angaben der Wärmemeßgeräte vom Betriebspersonal ausgewertet werden. Hier ist es besonders nötig, die richtige Auswahl zu treffen, nicht zu viel und nicht zu wenig Meßgeräte aufzustellen.

In erster Linie ist das weite Gebiet elektrischer Temperaturmessungen zu nennen. Temperaturmessungen werden an den verschiedensten Stellen der Krafterzeugung und der Herstellung verwendet. Der Bereich der zu messenden Temperaturen geht vom Gebiet der flüssigen Luft bis zu den höchsten Temperaturen bei der Verarbeitung von Glas, Porzellan oder Stahl, ja sogar noch weiter bis zur Temperatur des elektrischen Lichtbogens in der Größenordnung von 3000 bis 4000°. Wie allgemein bei jeder Betriebsüberwachung hat die Temperaturmessung je nach der Verwendung den Zweck, den Betrieb zu sichern, z. B. bei der Messung der Lagertemperatur von Maschinen, der Dampftemperatur in Turbinen, der Flammentemperatur in Feuerungen, wo auch eine vorzeitige Zerstörung des Gewölbes vermieden werden soll. In anderen Fällen ist es die Aufgabe der Wärmemeßgeräte, die Wirtschaftlichkeit auf dem höchst möglichen Wert zu halten, z. B. bei der

Messung der Kühlwassertemperatur und der Dampftemperatur, oder sie dient auch dazu, ein möglichst gleichmäßiges Erzeugnis ohne Ausschuß herzustellen, wie z. B. bei der Glasverarbeitung, wo nur eine sehr geringe Temperaturspanne von  $10^{\circ}\text{C}$  auf  $1000^{\circ}$  die Verarbeitung bedeutend erschwert oder den Ausschuß stark erhöht. An vielen Stellen sind noch nach alt hergebrachter Weise mechanische Thermometer nach dem Ausdehnungsprinzip in Gebrauch. Die Erfahrung und die Forschung hat aber immer gezeigt, daß diese Meßgeräte bei weitem nicht so konstant sind wie die elektrischen Meßgeräte und zudem die letzteren den großen Vorteil haben, daß sie mit ihren Ableseorganen zentralisiert angeordnet werden können und die Messung auf beliebige Entfernungen stattfinden kann. Die elektrische Temperaturüberwachung hat auch den großen Vorteil, daß man eine große Anzahl von Meßstellen auf einem Papierstreifen registrieren kann.

Entsprechend dem sehr weiten zu beherrschenden Temperaturmeßbereich müssen auch verschiedene Verfahren zur Temperaturmessung Anwendung finden.

Thermoelemente sind als die klassischen elektrischen Temperaturmeßgeräte zu bezeichnen, weil ihre Wirkungsweise am übersichtlichsten erscheint und sie wohl auch die ersten elektrischen Temperaturmeßgeräte waren. Zwei ungleiche Metalle werden an ihrer Verbindungsstelle der zu messenden Temperatur ausgesetzt, und es ist dann die erzeugte EMK<sup>1</sup> ein Maß für die Temperaturdifferenz zwischen der Verbindungsstelle der Metalle und den kalten Enden derselben. Selbstverständlich gestaltet sich die Messung in der Praxis nicht so einfach. Es sind eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln zu treffen, wenn man nicht grobe Fehlmessungen in Kauf nehmen will, und es gehören die Thermoelemente zu den Temperaturmeßeinrichtungen, die am schwierigsten dem Betrieb angepaßt werden können, wenn es sich um Temperaturen von  $1000^{\circ}$  und darüber handelt.

Man unterscheidet zwei Arten von Thermoelementen, edle und unedle. Als edles Thermoelement kommt nur Platin-Platin-Rhodium in Betracht, das unter Beachtung von vielen Vorsichtsmaßnahmen bis zu  $1600^{\circ}\text{C}$  verwendbar ist und dabei eine Thermokraft von etwa 16 mV gibt. Wesentlich höhere Thermokräfte geben die unedlen Thermoelemente, z. B. Kupfer-Konstantan, Nickel-Nickel-Chrom, Eisen-Konstantan usw., die aber nur für Temperaturen bis höchstens  $1200^{\circ}$  verwendbar sind. Die Lebensdauer der Elemente hängt zum größten Teil von der Güte und Brauchbarkeit der Armaturen ab, die das Element selbst vor den Einwirkungen der Gase in den Feuerungen und dergleichen schützen sollen. Thermoelemente sind dort am Platze, wo Temperaturdifferenzen von mindestens  $100^{\circ}$ , besser 300 bis  $500^{\circ}$  gemessen werden sollen.

<sup>1</sup> Elektromotorische Kraft.

Widerstandsthermometer sind Draht- oder Bandwiderstände aus reinen Metallen, entweder Platin oder Nickel, die ihren Widerstand in hohem Grade — etwa um 4 bis 6% für je  $10^\circ$  — mit der Temperatur ändern. Durch Messung des Widerstandes hat man dann ein Maß für die gesuchte Temperatur. Platinwiderstände sind für Temperaturen bis etwa  $600^\circ\text{C}$  verwendbar, solche aus Nickel nur für Temperaturen bis höchstens  $300^\circ$ . Das Widerstandsthermometer ist in geeigneter Schaltung das beste Instrument zur Messung kleiner Temperaturdifferenzen. Man kann den Skalenumfang der Anzeigeeinstrumente bis auf  $10^\circ\text{C}$  bei  $100^\circ\text{C}$  Normaltemperatur zusammendrücken, wenn es der Betrieb notwendig macht.

Strahlungspyrometer werden im allgemeinen für Temperaturen über  $1000^\circ\text{C}$  verwendet, wo man allzugroße Schwierigkeiten hat, um Thermoelemente vor den Flammgasen zu schützen. Man hat zwei große Gruppen zu unterscheiden, die Gesamtstrahlungspyrometer und die Teilstrahlungspyrometer. Bei den ersteren wird die gesamte Strahlung des glühenden Körpers bzw. eines Raumwinkels auf ein empfindliches Thermoelement geworfen, das sich dabei erwärmt. Die gemessene Über-temperatur, die mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur zunimmt, ist ein Maß für die Temperatur des Körpers. Bei dem Teilstrahlungspyrometer wird bei einer bestimmten Wellenlänge, d. h. bei einer bestimmten Farbe, meist rot, die Strahlung des zu messenden Körpers mit der Strahlung eines mit bekannter Temperatur glühenden Fadens verglichen und daraus dann subjektiv eine Temperaturmessung abgeleitet. Die Teilstrahlungspyrometer, im allgemeinen als Glühfadenpyrometer bezeichnet, gestatten, Messungen hoher Genauigkeit (von wenigen Grad Celsius bei  $1500^\circ\text{C}$ ) auszuführen. Sie sind genauer als die Gesamtstrahlungspyrometer, mit denen man nur etwa  $10$  bis  $20^\circ\text{C}$  Genauigkeit erreicht. Die Teilstrahlungspyrometer haben aber den Nachteil, daß die Beobachtung nur subjektiv ist, daß man nicht registrieren kann, während das bei den Gesamtstrahlungspyrometern ohne weiteres möglich ist.

Aus der Vielzahl der Anwendungen elektrischer Temperaturmessungen soll hier nur die Kurve eines Glühofens gezeigt werden, der ursprünglich von Hand geregelt wurde, dann aber mit einem selbsttätigen Temperaturregler versehen worden ist. Bei Handregelung ergaben sich große Temperaturschwankungen, während Abb. 6 den Temperaturverlauf bei elektrischer Regelung darstellt. Die Temperaturanstieg um 2.40 Uhr ist auf eine Änderung der Einstellung des Reglers zurückzuführen. Zu den Zeiten 3.15, 5.15, 5.40 Uhr wurde jeweils die Einsatztür geöffnet. Bei Härteöfen ist wohl zu beachten, daß das Härtegut die am Regler eingestellte Temperatur sehr viel später annimmt. Abb. 7 zeigt einen solchen Vorgang, bei dem das Härtegut mehr als zwei Stunden später auf die Temperatur der Umgebung gekommen ist.

Soll im Ofen ein Temperaturverlauf nach einem vorher bestimmten Programm erzielt werden<sup>1</sup> (Abb. 8), so addiert man zu der EMK des Thermoelements ( $E_p$ ), mit dem die Temperatur des Ofens gemessen

wird, eine zweite EMK, deren Größe von der Zeit ( $E_t$ ) abhängig und ein-

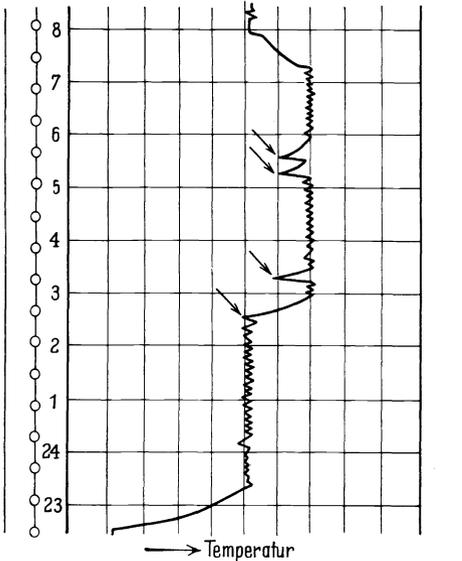


Abb. 6. Temperaturverlauf in einem Glühofen mit Temperaturregelung. Die Pfeile entsprechen äußeren Eingriffen.

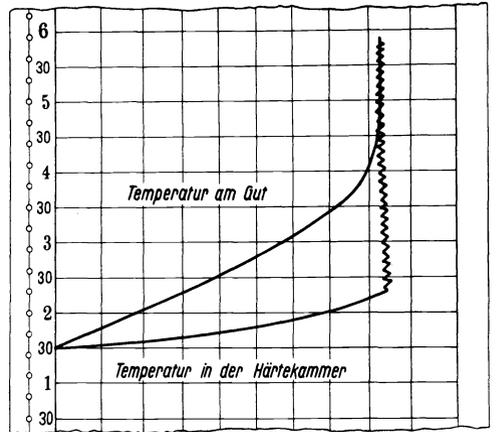


Abb. 7. Temperaturverlauf in einem Härteofen nach dem Einsetzen eines großen zu glühenden Stückes.

stellbar ist. Es ist dann erforderlich, die Summe beider elektromotorischer Kräfte konstant zu halten. Die Zeitabhängigkeit der einzustellenden EMK ist mit einem Spannungsteiler zu erreichen, der von einem Uhrwerk nach einer Leitkurve verstellt wird (Abb. 9). Eine Regelkurve, für die die Kurvenscheibe des

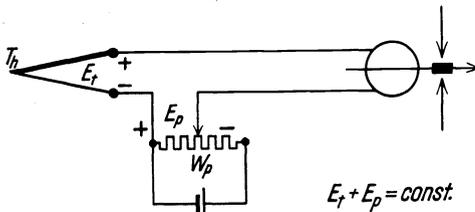


Abb. 8. Grundprinzip der Programmregelung einer Temperatur.

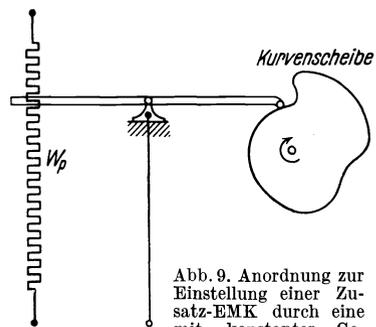


Abb. 9. Anordnung zur Einstellung einer Zusatz-EMK durch eine mit konstanter Geschwindigkeit bewegte Kurvenscheibe, die einen Schiebewiderstand mit Hilfe eines Hebels verstellt.

vorhergehenden Bildes hergestellt wurde, zeigt Abb. 10 a, die praktisch erzielte Temperaturkurve ist in Abb. 10 b wiedergegeben. Diese Art

<sup>1</sup> Siehe Krönert, J., und Büchting, M.U.: Prinzipien der elektrischen Regelung in der Wärmetechnik, Siemens-Jahrb. 1930, S. 235—237.

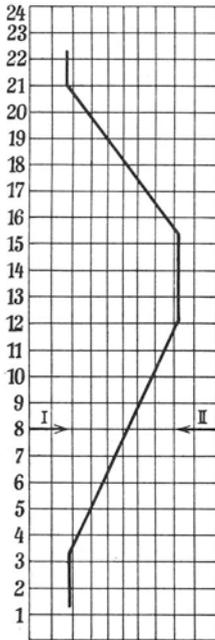


Abb. 10a.

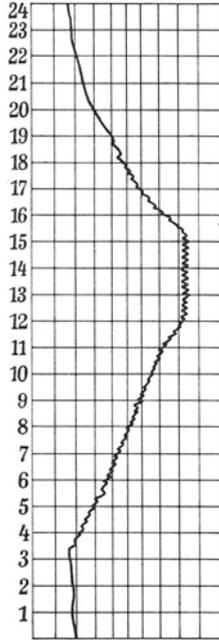


Abb. 10b.

Regelprogramm und tatsächlicher Temperaturverlauf an einem Glühofen. I die vom Thermoelement herrührende Spannung. II ist die vom Programmregler beeinflusste Zusatzspannung. Der Regler hält die Summe beider Spannungen konstant.

der Temperaturregelung ist keineswegs auf elektrisch geheizte Öfen beschränkt, sie kann für beliebige Feuerungen angewandt werden. Abb. 11 zeigt ein elektrisch gesteuertes Regelventil der Cumuluswerke. Die Diagramme lassen erkennen, daß ein regelndes Meßgerät sehr viel genauer die Temperatur einhalten kann als es mit der Handregelung möglich ist, und daß damit auch die Erzeugnisse viel gleichmäßiger sind und deshalb wertvoller werden.

Aus der Fülle der Anwendungen von Temperaturmessungen im Betrieb sei hier nur die Messung an den Winderhitzern in Hochofenwerken herausgehoben. Hier werden die

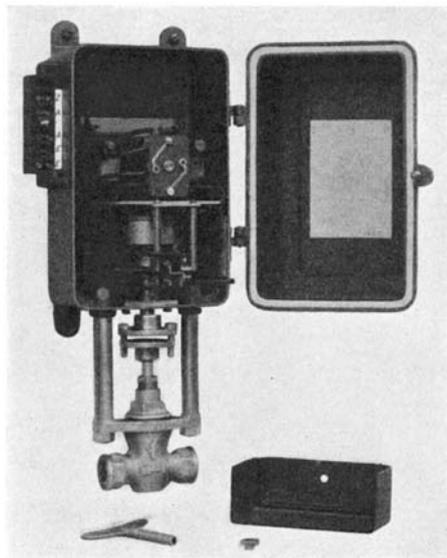
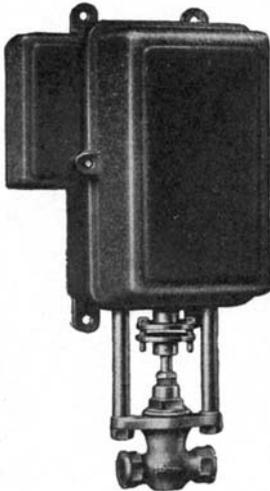


Abb. 11. Elektrisches Regelventil für Temperaturregler. (Cumulus-Werke.)

Temperaturen verschiedener Meßstellen fortlaufend aufgezeichnet. Abb. 12 zeigt den Verlauf der Abgastemperaturen bei der Beheizung der Winderhitzer. Man erkennt den Anstieg der Temperatur nach dem Umstellen von „Wind“ auf „Gas“, z. B. in der Zeit von 15 bis 18 Uhr. Die allmähliche Temperaturerhöhung in dieser Zeit entspricht dem Auf-

heizen des Regenerativmauerwerkes im Cowper. Aus der Abgastemperatur und der Abgasanalyse ist der Abgasverlust des Cowpers jederzeit in bekannter Weise zu ermitteln (Siegertsche Formel). Die zu gleichen Zeiten aufgenommenen Temperaturen an der Kuppel des Cowpers zeigt Abb. 13. Während die Messung der Abgastemperatur wirtschaftliches Interesse hat, dient die Bestimmung der Kuppeltemperatur zur Sicherung der Steine, mit denen die Kuppel ausgemauert ist. Der Cowper-Wärter ist deshalb angewiesen, die Beheizung des Cowpers in der Gasperiode nach der Kuppeltemperatur einzustellen. Das Diagramm zeigt, wie nach erreichter Höchsttemperatur von 1200°C eine weitere Temperatursteigerung durch Drosselung der Gaszufuhr vermieden ist.

Als weiteres Beispiel für die Sicherung vor zu hohen Temperaturen ist der Glasschmelzofen zu nennen. Der Ofen, der nach dem Regenerativverfahren beheizt wird, läßt sich in einfacher Weise mit dem Ardometer überwachen, und zwar wird die Temperatur in der Luft- und Gaskammer gemessen, weil beim Aufheizen der Kammer mit Abgas auch

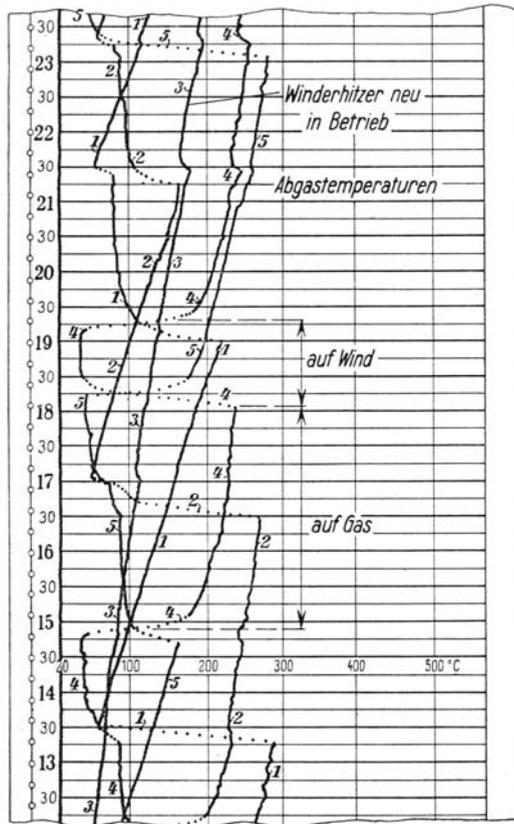


Abb. 12. Temperaturmessung der Abgase an den Winderhitzern eines Hochofens. Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Meßstellen, die auf dem Originalstreifen in verschiedenen Farben registriert wurden. Für die Meßstelle 4 ist die Umstellung auf „Wind“ und „Gas“ besonders gekennzeichnet. Meßstelle 3 bezeichnet einen neu in Betrieb genommenen Winderhitzer.

hier der Steinerweichungspunkt der feuerfesten Steine nicht überschritten werden darf. Die Einstellung der Beheizung erfolgt auch hier nach der Temperaturhöhe in den Kammern.

Ein Beispiel einer Vielfachmessung zeigen die Diagramme 14, 15, die eine Reihe von Temperaturen an einer Dampfturbine darstellen.

Für die Wirtschaftlichkeit einer Turbine ist die Höhe des Vakuums am Abdampfstutzen einer Turbine von wesentlicher Bedeu-

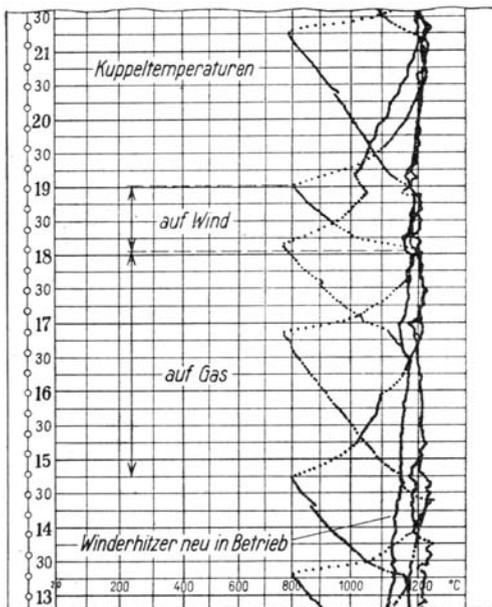


Abb. 13. Temperaturmessung an der Kuppel eines Windheizers. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Ausmauerung der Kuppel soll die Grenztemperatur von  $1200^{\circ}\text{C}$  nicht überschritten werden.

wesentlichen auf einer Temperaturdifferenzmessung zwischen austretendem Kühlwasser und abfließendem Kondensat beruht, das zu einer ergänzenden Feststellung der Kondensatorundichtigkeiten von einer elektrischen Leitfähigkeitsmessung Gebrauch macht. Zeigt man dem Wärter auf einer Überwachungstafel das Vakuum, die genannte Temperaturdifferenz, die Kondensattemperatur und die Leitfähigkeit des Kondensats an, so kann er aus der Anzeige der einzelnen Meßgrößen eine Verschmutzung oder Undichtigkeit erkennen. Mit zunehmender Verschmutzung steigt bei gleicher Temperatur und Menge des Kühlwassers die Temperatur des Kondensats an, wodurch sich das Vakuum verschlechtert und der Unterschied zwischen Kondensat- und Kühlwasser-austrittstemperatur größer wird. Dringt hingegen infolge von Undich-

Bei Oberflächenkondensatoren ist das Vakuum außer durch die Belastung durch die Temperatur des Kühlwassers sowie die Kühlwassermenge und ferner durch den Zustand der Kondensatorrohre bedingt. Verschmutzungen und Undichtigkeiten der Kondensatorrohre müssen sofort erkannt werden, weil infolge schlechteren Wärmeüberganges vom Kondensat an das Kühlwasser das Vakuum sinkt bzw. durch Eindringen nicht erhärteten Kühlwassers in den Kondensatorraum Härtebildner in das Kondensat gelangen.

Bei der Überwachung von Kondensatoren wird von einem Meßverfahren Gebrauch gemacht, das neben einer Vakuummessung im

tigkeiten Kühlwasser in den Kondensatraum ein, so wird der Temperaturunterschied infolge niedrigerer Kondensattemperatur geringer. Damit die Messung auch bei geänderten Kühlwasserverhältnissen und

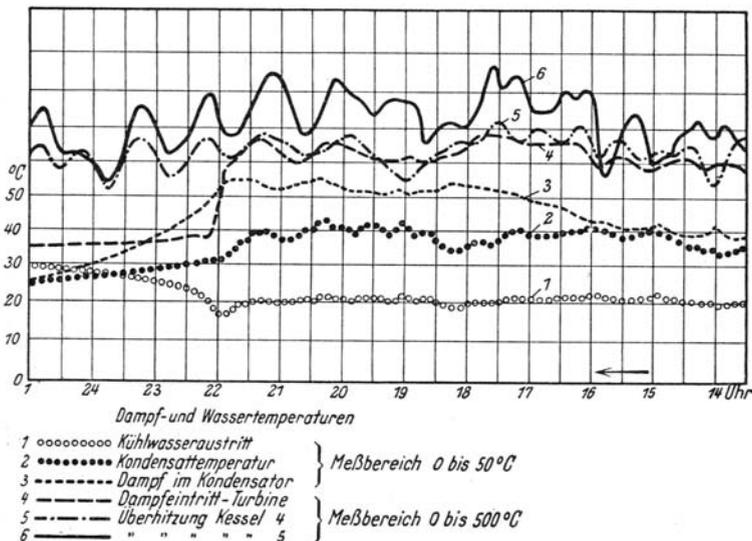


Abb. 14. Temperaturverlauf einer Turbinenüberwachungsanlage vor der Reinigung des Kondensators. verschiedener Belastung des Kondensators eindeutig ist, wird die erwähnte Leitfähigkeitsprobe in der Kondensatleitung vorgenommen.

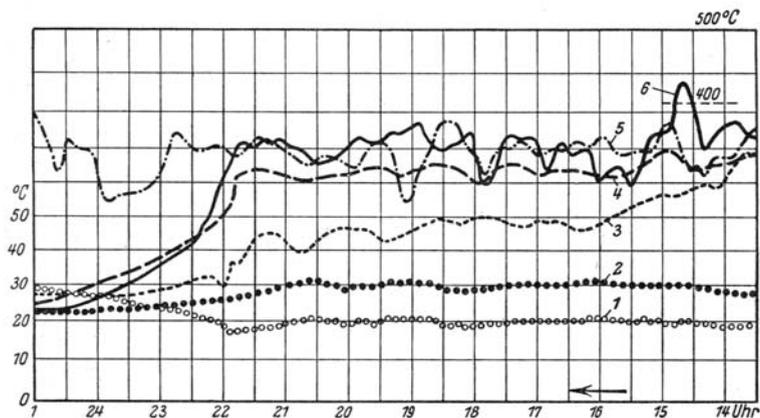


Abb. 15. Temperaturverlauf der gleichen Turbinenüberwachungsanlage wie Abb. 14 nach der Reinigung des Kondensators.

In Abb. 14 und 15 sind die wichtigsten Temperaturmeßgrößen, die zur Turbinenüberwachung gehören, aufgezeichnet. Eine Registrierung der Meßgrößen empfiehlt sich deshalb, weil man aus den Kurven die

Ausnutzung des Dampfes in Turbine und Kondensator auch nachträglich ablesen kann und das Diagramm allein Vergleiche des Zustandes der Maschinenanlage zuläßt. Diagramm 14 zeigt die Temperaturhöhe von Frischdampf, Kondensat und austretendem Kühlwasser bei einem verschmutzten Kondensator. Die Verschmutzung ist an der großen Temperaturdifferenz ( $20^{\circ}\text{C}$ ) von Kondensat zu Kühlwasser sofort zu erkennen. Der Kondensator wurde in der Nacht nach dem Tage der Aufzeichnung dieses Diagrammes gesäubert. Diagramm 15 zeigt die gleichen Temperaturen, die am gereinigten Kondensator ermittelt wurden. Der Temperaturunterschied (Kurve 1 und 2) beträgt unter sonst gleichen Betriebsbedingungen und der gleichen Kühlwassermenge nur noch  $10^{\circ}\text{C}$ . Die Folge des besseren Wärmeüberganges an den Kondensatorrohren ist ein besseres Vakuum in der Hauptbetriebszeit (16 bis 22 Uhr). Das Vakuum hat sich entsprechend der Temperatur des in den Kondensator eintretenden Dampfes ( $54^{\circ}\text{C}$  und  $45^{\circ}\text{C}$ ) von 85 auf 90% verbessert. Bei einer Frischdampfspannung von  $14\text{ kg/cm}^2$  und einer Heißdampf-temperatur von  $400^{\circ}$  kommt dieser Vakuumverbesserung eine Steigerung des Wirkungsgrades, wie aus dem J-S-Diagramm entnommen werden kann, von etwa 7% gleich.

Diagramm 15 zeigt außerdem die Temperaturhöhe des in die Dampfsammelleitung eintretenden Heißdampfes. Man erkennt, daß z. B. um 14,30 Uhr die Temperaturhöhe offenbar infolge einer Belastungsschwankung  $400^{\circ}\text{C}$  überschreitet. Mit Rücksicht auf die Haltbarkeit des Schaufelmaterials sind derartige Heißdampf-temperaturen unzulässig. Eine Zumischung von Satttdampf wäre hier am Platze gewesen. Die Temperaturaufzeichnung erfolgt, wie wir erkennen, aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sowie aus Gründen der Werkstoffsicherung.

## 5. Gasanalyse.

Neben der Temperaturmessung ist auch die Kontrolle von Gaszusammensetzungen, z. B. die Zusammensetzung des Generatorgases oder die Zusammensetzung des Rauchgases von Kesselfeuerungen für die Wärmewirtschaft von größter Bedeutung. Früher wurden diese Messungen ausschließlich von Hand gemacht, also zeitraubend, vielfach ungenau und vor allem nicht fortlaufend. In manchen Betrieben waren Arbeitskräfte eingestellt, die das ganze Jahr nichts anderes zu tun hatten, als mit einem Orsatapparat die entnommenen Rauchgasproben auf ihren Gehalt an Kohlensäure und allenfalls auf Kohlenoxyd zu kontrollieren und die Werte in Tabellen einzutragen. Durch die Einwirkung der automatischen Apparate nach dem Absorptionsprinzip und vor allem der elektrischen Apparate konnte diese eintönige Arbeit wegfallen. In nicht wenigen Fällen — z. B. bei der Analyse auf Schwefel-Dioxyd — und vor allem auf Wasserstoff, hat es sich herausgestellt, daß die elek-

trische Gasanalyse zuverlässiger ist als die Handanalyse, für die manchmal die chemischen Reagenzien verbraucht sind, ohne daß es der Beobachter bemerkt.

Die Meßprinzipien der physikalisch-elektrischen Gasanalyse sind im wesentlichen die folgenden, wenn wir von solchen absehen, die noch keine allgemeine Einführung in den Betrieb gefunden haben:

Die eine große Gruppe arbeitet nach dem Prinzip des Wärmeleitvermögens; zwei stromdurchflossene Platindrähte sind in sonst gleichartigen Kammern ausgespannt und bilden zwei Zweige einer Wheatstone'schen Brücke. In die eine der Kammern wird das zu untersuchende Gas geleitet, und es wird dadurch die Übertemperatur des Drahtes gegenüber der Umgebung geändert, das Gleichgewicht der Brücke gestört und ein Galvanometer im Diagonalzweig zum Ausschlag gebracht. Wasserstoff hat etwa das 7fache Wärmeleitvermögen der Luft, Kohlensäure nur etwa 70% des Luftleitvermögens. Die wesentliche Anwendung dieser Apparate ist die Analyse der Rauchgase in Feuerungen auf Kohlensäuregehalt und die Analyse von Heizgasen auf Wasserstoffgehalt.

Abb. 16 zeigt die Schaltung der Kohlensäuremesser nach dem Prinzip des Wärmeleitvermögens<sup>1</sup>. Um doppelte Wirkung zu bekommen, werden nicht zwei Drähte, sondern zwei Paare von Drähten verwendet. In der Diagonale können schreibende und anzeigende Geräte gleichzeitig angeschlossen werden. Der Heizstrom wird aus einer Batterie ent-

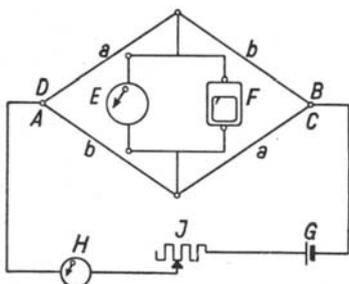


Abb. 16. Prinzipschaltbild des Siemens-CO<sub>2</sub>-Messers. *a* Widerstandsdrähte in der Meßkammer. *b* Widerstandsdrähte in der Vergleichskammer. *E* Anzeigegerät. *F* Schreibgerät. *G* Stromquelle. *H* Gesamtstrommesser. *J* Regulierwiderstand zur Einstellung eines bestimmten konstanten Stromes.

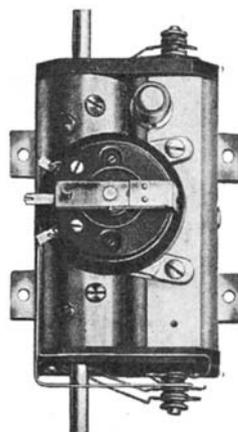


Abb. 17. Meßkammer des Siemens-CO<sub>2</sub>-Messers. Der aufgesetzte Widerstand in der Mitte ist der Widerstand *J* der Abb. 16. Die rechte Kammer ist die Vergleichskammer, die linke Kammer die Meßkammer.

nommen und mit Hilfe des Regelwiderstandes *J* an dem Strommesser *H* auf einen festen Wert eingestellt. Die Meßkammer selbst ist in Abb. 17 dargestellt, es ist ein kräftiger Messingklotz mit vier Bohrungen. Der

<sup>1</sup> Siehe Moeller, M.: Ein neuer Rauchgasprüfer. Z. d. V. D. I. Bd 65 (1921), S. 13/14.

Regelwiderstand ist konstruktiv mit dem Klotz vereinigt. Abb. 18 u. 19 zeigt den vollständigen Geber in seiner neuesten Ausführung.



Abb. 18. Siemens-CO<sub>2</sub>-Geber geöffnet. Das Rauchgas tritt durch das Filter links unten in den Apparat und verläßt ihn links oben.

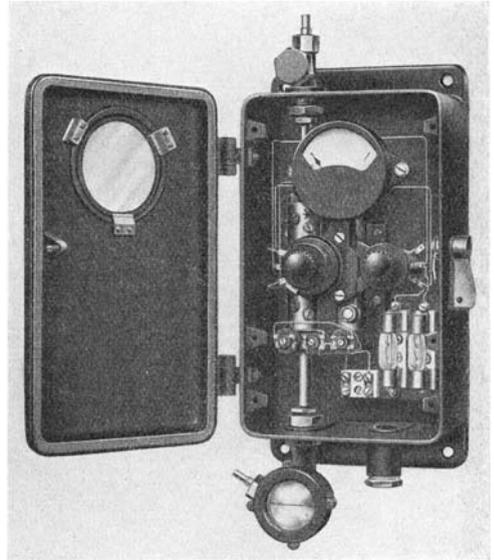


Abb. 19. Siemens-CO<sub>2</sub>-Geber, Innenansicht. Die Meßkammern sind links unter dem Regelwiderstand ersichtlich.

Die zweite Gruppe elektrischer Apparate zur Gasanalyse ist konstruktiv durchaus ähnlich, arbeitet aber nach dem Prinzip der kataly-

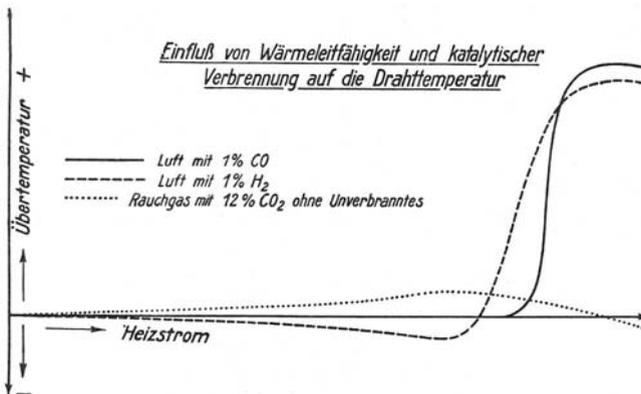


Abb. 20. Verlauf von Übertemperatur als Funktion des Heizstromes bei katalytischer Verbrennung und dient zur Messung des Gehaltes von Gasgemischen auf brennbare Bestandteile. Die Temperatur der Hitzdrähte

wird so stark erhöht, bis schließlich eine Zündung des vorbei geleiteten brennbaren Gases erfolgt und damit eine ganz erhebliche Temperatursteigerung des Drahtes. Dieser Effekt ist sehr kräftig und man kann gleichfalls auf ihm eine Messung des Gehaltes an Wasserstoff oder Kohlenoxydgas begründen. Abb. 20 zeigt die Übertemperatur eines Heizdrahtes bei verschieden starker Strombelastung für verschiedene Gasgemische. Besonders interessant ist die Kurve für Luft mit 1% Wasserstoff. Zunächst tritt eine Kühlung des Drahtes ein bis schließlich mit der Zündung eine sehr starke Erhitzung eintritt. Abb. 21 zeigt die Anordnung und Schaltung. Die Drähte sind nicht durch die ganze Kammer gespannt, sondern sie liegen in einem Bügel. Abb. 22 ist die äußere Form des Gebers, wie alle diese Meßgeräte, in wasserdichter Ausführung.

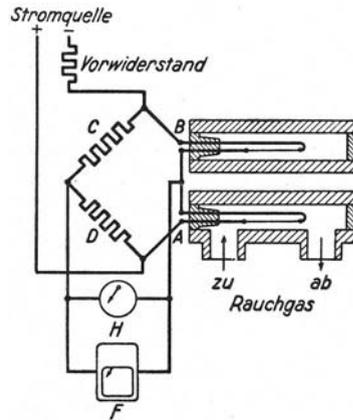


Abb. 21. Meßanordnung des Siemens-(CO + H<sub>2</sub>)-Messers. Der Brückenarm *B* befindet sich in einer mit Luft gefüllten Kammer. An dem Meßdraht des Brückenarmes *A* verbrennt das zu untersuchende Gas katalytisch. Die Arme *C* und *D* sind feste Widerstände.

Zur Anzeige des Gasgehaltes werden die üblichen Gleichstrominstrumente verwendet, und es können die Angaben neben Temperaturen

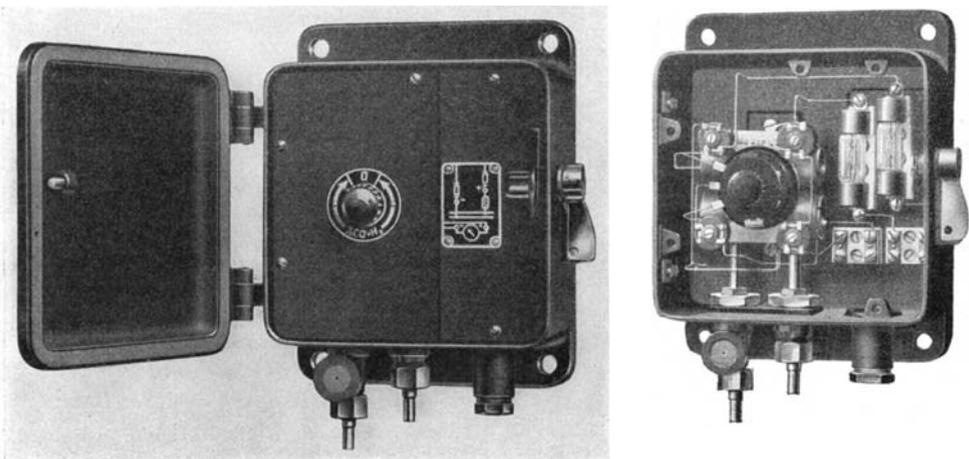


Abb. 22. Siemens-(CO + H<sub>2</sub>)-Geber geöffnet und Innenansicht. Das Gas tritt links unten, vom CO<sub>2</sub>-Messer kommend, ein und verläßt den Geber in der Mitte unten. Die Meßkammern sind links unter dem Regelwiderstand zu sehen.

der anderen Größen auf dem Papierstreifen eines Mehrfachschreibers aufgezeichnet werden.

Die elektrische Gasanalyse hat vor den automatischen Absorptionsapparaten den Vorzug, daß sie eine erheblich geringere Wartung beansprucht als diese und deshalb im Gebrauch weniger teuer ist. Die schon erwähnte gemeinsame Registrierung auf einem Streifen der Kesselkontrolle und überhaupt die Fernablesung ist ein großer Vorzug aller dieser Apparate.

CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase von Dampfkesselfeuerungen: Die Anzeige des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Abgase wird bei Dampfkesseln zur Einstellung eines geeigneten Brennstoff-Luftverhältnisses — des Luftüber-

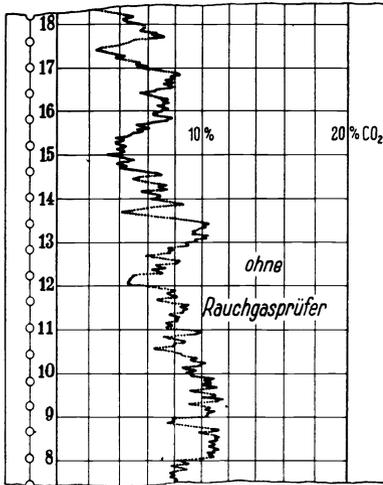


Abb. 23a.

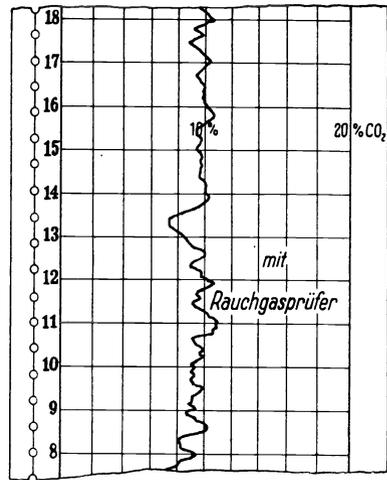


Abb. 23b.

Abgasdiagramm eines handgefeuerten Kessels bei Bedienung ohne und mit Rauchgasprüfer.

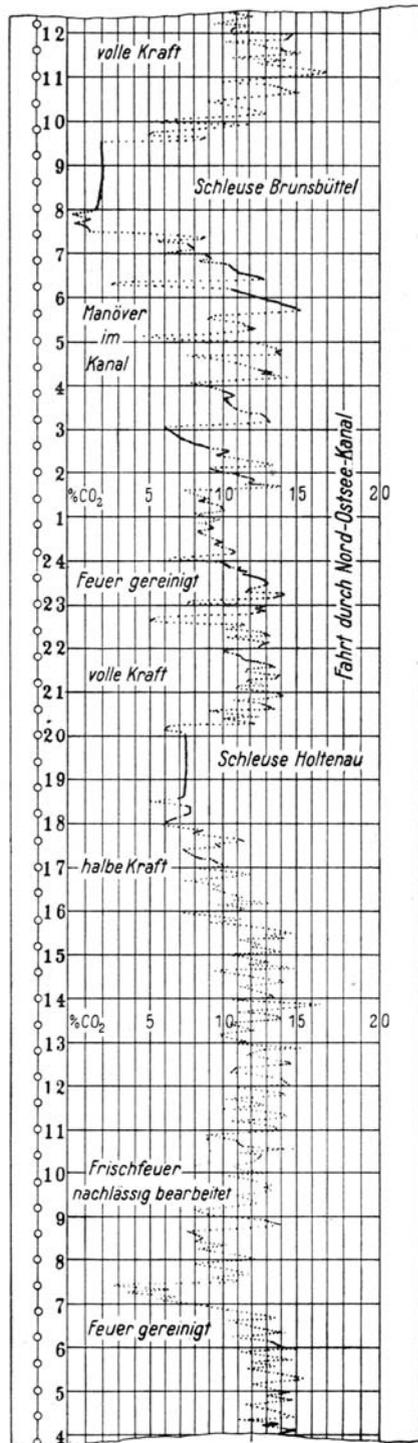
schusses — verwendet. Die Heizer eines Kesselbetriebes sind angewiesen, einen bestimmten CO<sub>2</sub>-Gehalt, also Luftüberschuß, bei der Verbrennung einzuhalten. Bei höherem Luftüberschuß geht der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase zurück, bei tieferem steigt er an. Hoher Luftüberschuß bedeutet stets eine Zunahme des Abgasverlustes. Im Interesse der Kohlenersparnis ist dies zu vermeiden. Bei geringerem Luftüberschuß als für die Bauart der Feuerung vorgeschrieben ist, sind z. B. bei Staubfeuerungen gegenwärtiger Bauart infolge der bei der Verbrennung entstehenden hohen Temperaturen, die denen die Asche des Kohlenstaubes schmilzt, die die Brennkammer einkleidenden Steine gefährdet. Das Einschalten eines günstigsten CO<sub>2</sub>-Gehaltes ist also wirtschaftlich notwendig, es sichert zugleich die Feuerung von Überbeanspruchung, d. h. einer Zerstörung des Mauerwerkes. Abb. 23a, b zeigt den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase eines kleineren Kessels, der mit einem Siemens-Rauchgasprüfer ausgerüstet wurde. Das linke Diagramm zeigt den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase zu einer Zeit, als die Anzeige des Instrumentes dem Heizer noch nicht

sichtbar war. Das neu eingebaute Instrument war zunächst verhängt. Das rechte Diagramm zeigt die Bedienung der gleichen Feuerung von demselben Heizer unter dem Einfluß der CO<sub>2</sub>-Anzeige. Das Anzeiginstrument ist am Kessel in der Nähe des Heizerstandes angebracht. Der Registrierapparat, mit dem die Kurve aufgezeichnet worden ist, befindet sich im Zimmer des Betriebsleiters. Der um 1½ % gesteigerte CO<sub>2</sub>-Gehalt bedeutet eine Verringerung des Luftüberschusses um etwa 15% und ist ein wirtschaftlicher Erfolg, der dem Vorhandensein des Rauchgasprüfers zuzuschreiben ist. Wie sich diese Verbesserung in der Kohlenersparnis auswirkt, werden wir am nächsten Beispiel sehen.

Abb. 24 zeigt das Diagramm eines Einkurvenschreibers, das den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Abgase eines Schiffskessels auf einem Frachtdampfer darstellt. Abgesehen vom Manövrieren des Schiffes läßt das Diagramm erkennen, wie z. B. zwischen 8 und 9 Uhr das Feuer schlecht bearbeitet wurde. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt liegt in dieser Zeit anstatt bei 12% bei 9% CO<sub>2</sub>. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung<sup>1</sup> zeigt, welche Nachteile aus einer schlechten Feuer-

<sup>1</sup> Vgl. Liesegang, W.: Wärmetechnische Messungen auf Schiffen. Siemens-Jahrbuch 1930, S. 241/53.

Abb. 24. CO<sub>2</sub>-Diagramm der Schiffskesselfeuerung eines Frachtdampfers während der Fahrt durch den Nord-Ostsee-Kanal. Man sieht im Diagramm die verschiedenen Manöver des Schiffes.



bedienung, wenn diese auf der ganzen Reise anhält, erwachsen. Wir nehmen an, daß der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Kesselabgase ohne die Zuhilfenahme von Rauchgasprüfern im Mittel um 3% tiefer liegt, was nach dem Vorhergesagten durchaus den praktischen Verhältnissen entsprechen dürfte. Der Abgasverlust vergrößert sich dann nach Siegert, wenn für den Temperaturunterschied zwischen Abgas und Luft  $200^\circ\text{C}$  eingesetzt werden, nach folgender Rechnung:

$$\text{Abgasverlust bei } 12\% \text{ CO}_2 \frac{0,65 \cdot 200}{12} = 10,8\% \text{ des Kohlenheizwertes}$$

$$\text{Abgasverlust bei } 9\% \text{ CO}_2 \frac{0,65 \cdot 200}{9} = 14,5\% \text{ des Kohlenheizwertes}$$

Der um 3,7% höhere Verlust wirkt sich auf die Brennstoffkosten und den Laderaum eines Schiffes wie folgt aus: Bei einer Maschinenleistung des Schiffes von 10 000 PSi, einem Kohlenverbrauch je PSi von 0,60 kg/h ergibt sich bei einer 14tägigen Reise

$$10\,000 \cdot 0,60 \cdot 24 \cdot 14 = 2020 \text{ t Kohlenverbrauch}$$

Der 3,7%ige Verlust ergibt einen Kohlenmehrverbrauch von:

$$0,037 \cdot 2020 = 75 \text{ t Kohle.}$$

Unter den angegebenen Voraussetzungen entstehen also während einer 14tägigen Reise bei einem Kohlenpreis von 25 RM. pro t  $75 \cdot 25 = 1880$  RM. Mehrkosten, die bei der Bedienung der Kessel nach der Anzeige von Rauchgasprüfern fortfallen. An Laderaum, der mit 20—30 RM. Wert je  $\text{m}^3$  anzusetzen ist, werden infolge des größeren Kohlenbedarfes

$$\frac{75}{1,3} = 58 \text{ m}^3$$

mehr benötigt. Das Ergebnis dieser Rechnung zeigt, daß eine gute Verbrennung sowohl hinsichtlich einer Geldersparnis als auch einer Gewinnung von Laderaum die Wirtschaftlichkeit einer Reise nicht unerheblich steigern kann.

Die Überwachung der Abgase von Kesselfeuerungen auf Kohlensäure und Kohlenoxyd lohnt sich immer, besonders dann, wenn man dem Heizer die Instrumente sichtbar am Kessel aufbaut und wenn die Anzeigeverzögerung nicht größer als  $\frac{1}{2}$  bis höchstens 1 Minute ist. Generlich<sup>1</sup> hat im Auftrage des Dampfkesselüberwachungsvereins Berlin in einem Streitfall an einem Steinmüller-Wasserrohr-Kessel mit 303  $\text{m}^2$  Heizfläche und 6,4  $\text{m}^2$  Rostfläche mit Planrostunterfeuerung und Handbeschickung den interessanten Versuch gemacht, indem einmal das Heizerpersonal ohne Meßgeräte, dann an einem zweiten Tag wiederum 5 Stunden lang mit  $\text{CO}$ - und  $\text{CO}_2$ -Messern den Kessel bediente (Abb. 25). Es stellte sich dabei heraus, daß der Kesselwirkungsgrad von 66,4 auf 73%<sup>1</sup> gestiegen war, das ist genau 10% seines ursprünglichen Wertes. Wenn

<sup>1</sup> Die Wärme 35 (1925) S. 443.

man auch nur eine Verbesserung von 5% einsetzen würde, die mit Sicherheit überall zu erzielen ist, so macht sich der Apparat auch schon bei kleinen Feuerungen in etwa einem Jahr bezahlt. Bei dem untersuchten Kessel beträgt für 10stündige Arbeitszeit 0,55 t Kohle je Stunde und einem Preis von 25 RM. für die t, die Ersparnis durch die Wärme-meßgeräte etwa 4000 RM. im Jahr. Von ganz ähnlichen Ziffern berichtet eine Druckschrift der „Republic flow meters“. Danach hat die „Sloss-Sheffield Steel and Iron Company“ in Birmingham durch die richtige

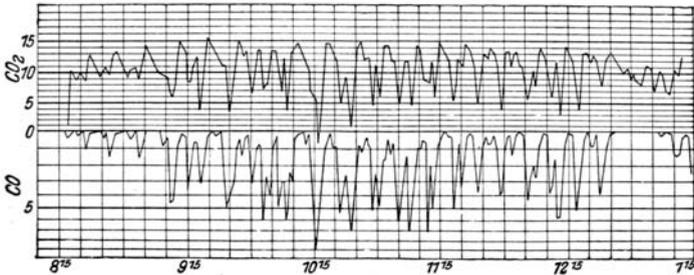


Abb. 25 a.

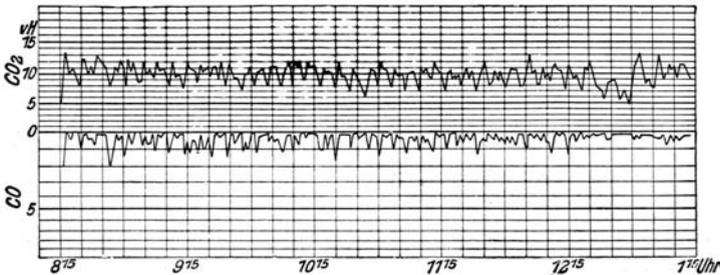


Abb. 25 b.

CO- und CO<sub>2</sub>-Diagramm eines Steinmüller-Wasserrohrkessels. a) ohne, b) mit Überwachung durch Rauchgasprüfer. Man sieht deutlich die wesentlich geringeren Schwankungen der Rauchgaszusammensetzung bei Verwendung eines Rauchgasprüfers.

Belastung der Kessel jährlich nicht weniger als 22431 \$, also fast 100000 RM. erspart. Ohne Instrumente sinkt auch dort der Kesselwirkungsgrad sofort von 75% auf 65%, das sind fast genau dieselben Werte, die Generlich mitgeteilt hat.

Kalorimeter für Gase und Flüssigkeiten: So wertvoll auch die Gasanalyse nach ihren Bestandteilen für viele Betriebe sein mag, so reicht sie doch nicht immer aus, man wünscht vielmehr, auch den Heizwert des Gases, der auf dem Gehalt von verschiedenen Bestandteilen beruht, fortlaufend zu kontrollieren. Man hat dafür die sogenannten Kalorimeter geschaffen, von denen das von Junkers angegebene in Deutschland am meisten eingeführt ist und seiner Grundidee nach auch

in den meisten anderen Ländern verwendet wird. Die Arbeitsweise des Junkers-Kalorimeters (Abb. 26a, b) ist die folgende, und zwar im Prinzip gleich für Gase und Flüssigkeiten. Der zu kontrollierende Brennstoff wird dauernd restlos verbrannt und seine Verbrennungswärme in einen ebenfalls ununterbrochen fließenden gleichmäßigen Wasserstrom abgeführt. Der Heizwert ergibt sich aus der Menge und aus der Tempe-

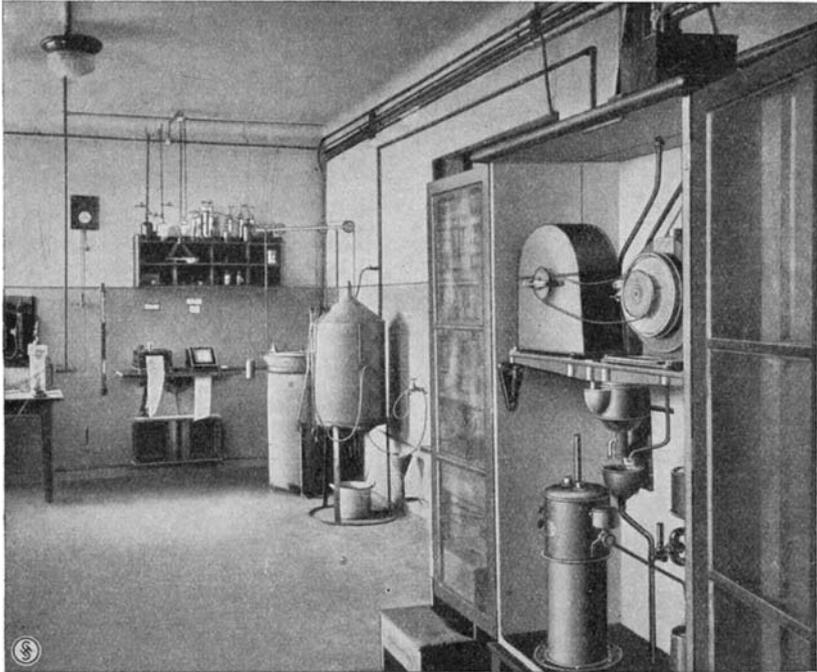


Abb. 26a. Automat. Junkers-Kalorimeter im Betriebslaboratorium eines Gaswerkes.  
Die Schreibgeräte im Hintergrunde des Raumes zeichnen den Heizwert auf.

raturhöhe des Wassers, da während der Verbrennung eine bestimmte Brennstoffmenge durch den Apparat geflossen ist, so daß der Heizwert auf dem Wege der direkten Messung der Übertemperatur des Wassers unmittelbar in Kilokalorien ermittelt wird. Bei Gasen werden die Brennstoffmengen volumetrisch gemessen, bei Flüssigkeiten aber mit einer Präzisionswaage. Mit einem Differential-Thermoelement wird die Temperaturdifferenz des zu- und abströmenden Wassers gemessen, und es kann dann auch die Skala des Anzeigeelementes unmittelbar ohne Wärmeeinheiten für die Gewichtseinheit oder Volumeneinheit des Brennstoffes geeicht werden. Die Messung ist auf etwa 0,5% genau und das zuverlässigste Betriebskalorimeter.

Handelt es sich um Stichproben, die gelegentlich mit tragbaren Apparaten vorgenommen werden sollen, so benutzt man dafür eine andere Art von Explosionskalorimetern, die beispielsweise als Kaloriskope nach dem Patent Strache-Löffler gebaut werden. Das Wesen dieser Apparate besteht darin, daß ein sich selbst abmessendes Gasvolumen mit Luft gemischt innerhalb einer Kugel, die durch ein Dewar-Gefäß

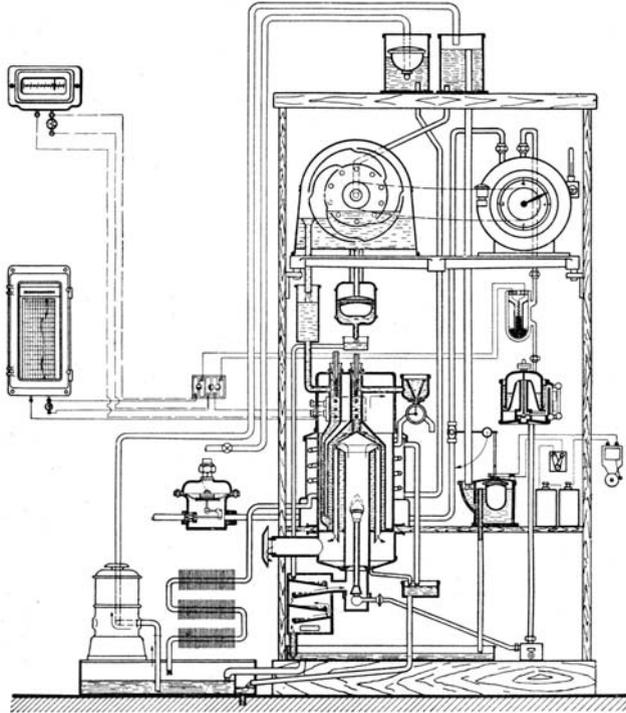


Abb. 26b. Automat. Junkers-Kalorimeter. Schema. Die Selbsttätigkeit wird dadurch erzielt, daß der Wassermesser mit dem danebenstehenden Gasmesser mittels der Kettenübersetzung gekuppelt ist. Das eintretende Gas strömt über den Gasmesser und einen Glockendruckregler zum Brenner. Das eintretende Wasser nimmt im Kalorimeterkörper die Verbrennungswärme auf. Die Temperaturdifferenz zwischen eintretendem und austretendem Wasser wird mittels einer Thermoelementkette auf ein Anzeiginstrument oder ein Schreibgerät übertragen. Der Apparat besitzt selbsttätige Reduzierung des Heizwertes auf Normaldruck und -temperatur, sowie ein selbsttätiges Gasventil gegen Störungen in der Wasserzufuhr.

geleitet wird, zur Entzündung gebracht wird. Die hierbei entwickelte Wärmemenge wird auf ein Quecksilber-Thermometer übertragen, bei dem das Quecksilber gleichzeitig als kalorimetrische und thermometrische Substanz dient. Eine Messung dauert etwa 2 Minuten. Das Verfahren ist als Gegenstück zur Absorptionsanalyse mit dem Orsatapparat zu werten und nur für bewegliche Messungen gedacht, nicht zur laufenden Betriebskontrolle.

Zu den Messungen in Gasen gehört auch die Feuchtigkeitsmes-

sung. Das Grundprinzip der Messung, die Feststellung der Temperaturdifferenz zwischen einem feuchten und einem trockenen Thermometer unter Beobachtung der Umgebungstemperaturen ist längst bekannt. Lange Zeit hat es aber kein direkt anzeigendes Instrument gegeben, das unmittelbar ohne jede Rechnung den Feuchtigkeitsgehalt in  $\text{g}/\text{m}^3$  oder in % des Luftgehaltes angegeben hätte. Man hat sich mit Kurvenschar-Skalen geholfen und damit auch gute Erfolge gehabt. Erst in jüngster Zeit ist es gelungen, einen direkt anzeigenden Feuchtigkeitsmesser zu bauen, mit dem in geistreicher Weise zwei Brückenschaltungen kombiniert wurden. (Ausführung von Siemens & Halske nach Grüß.)

Neben der Feuchtigkeitsmessung in Gasen und besonders in Luft spielt auch noch die Feuchtigkeitsmessung von Geweben, Papierbahnen und dergleichen eine Rolle. Hier muß man auf die Widerstandsmessung zurückgreifen.

## 6. Gasmengen-Meßgeräte.

Als Ergänzung aller wärmewirtschaftlichen Meßgeräte müssen hier noch die Meßgeräte für Gasmengen und dergleichen erwähnt werden, die zunächst immer eine Druckdifferenz erzeugen, sei es durch einen Staurand oder ein Venturirohr und die sich dann nur dadurch unterscheiden, wie sie diese Druckdifferenz elektrisch fernmessen. Die Konstruktionen der elektrischen Fernmessungen sind ähnlich denen der Druckmesser (Manometer) mit elektrischer Fernübertragung, die für alle vorkommenden Druckmeßbereiche, beginnend mit einigen mm WS für Zugmesser bis zu mehreren 100 at für Hochdruckkessel gebaut werden. Die Gesamtheit dieser Mengen-, Druck- und Strömungsmeßgeräte, die der Hersteller immer aus Fertigungsgründen aus ähnlichen Elementen zusammenzubauen sucht, bilden die Instrumente der zentralen Betriebsüberwachung von Kesselhäusern und werden auch für die letzte Vervollkommnung der Betriebsüberwachung, für die selbsttätige Kesselregelung, angewendet.

Die Firma Hartmann & Braun führt die Kesselfeuerungsüberwachung beispielsweise mit einem Doppelströmungsmesser oder Dampf-Luftmesser, dem sogenannten Dampfkesselhauptgerät, durch. Das Gerät besteht aus zwei Meßwerken in einem gemeinsamen Profilhäuse, der eine Zeiger zeigt die Dampfmenge an, der andere die der Feuerung zugeführte Luftmenge. Beide sollen in einem bestimmten Verhältnis stehen, der Luftzeiger muß dem Dampfzeiger folgen.

Abb. 27<sup>1</sup> ist ein von der genannten Firma zur Verfügung gestelltes Stück des Registrierstreifens von einem 350 m<sup>2</sup>-Kessel, der in dieser Weise gesteuert werden soll. Bis etwa 16 Stunden ist die Feuerung bei

<sup>1</sup> Die Abb. 27, 28, 33 wurde von Herrn Dr.-Ing. Kretschmar ausgewählt und erläutert.

normaler Belastung und gut bedecktem Rost, mit möglichst hohem CO<sub>2</sub>-Gehalt, also knappstem Luftüberschuß gefahren worden, wie aus dem Diagramm hervorgeht, liegt die Luftmenge mäßig dicht unter der Dampfkurve. Ab 16 Uhr wurde der Rost leergefahren. Man machte gewohnheitsmäßig den großen Fehler, den Abgasschieber nicht zu schließen. Noch weniger ist eine sogenannte Zugsperre oder ähnliche Einrichtung vorhanden. Die vom Kamin angesaugte Luftmenge durchstreicht deshalb weiterhin den Rost und nimmt wegen des sich vermindern den spezifischen Volumens und Strömungswiderstandes sogar noch allmählich zu. Der Kessel verdampft aus seinem eigenen Wärmeverrat bis 21 Uhr langsam in das Raumheizungsnetz nach. Dies ist ein Zeichen für den weiteren Fehler, daß man das Personal nicht angehalten hat, zur Dampfersparnis nach Schichtschluß die Heizkörper oder Hauptventile

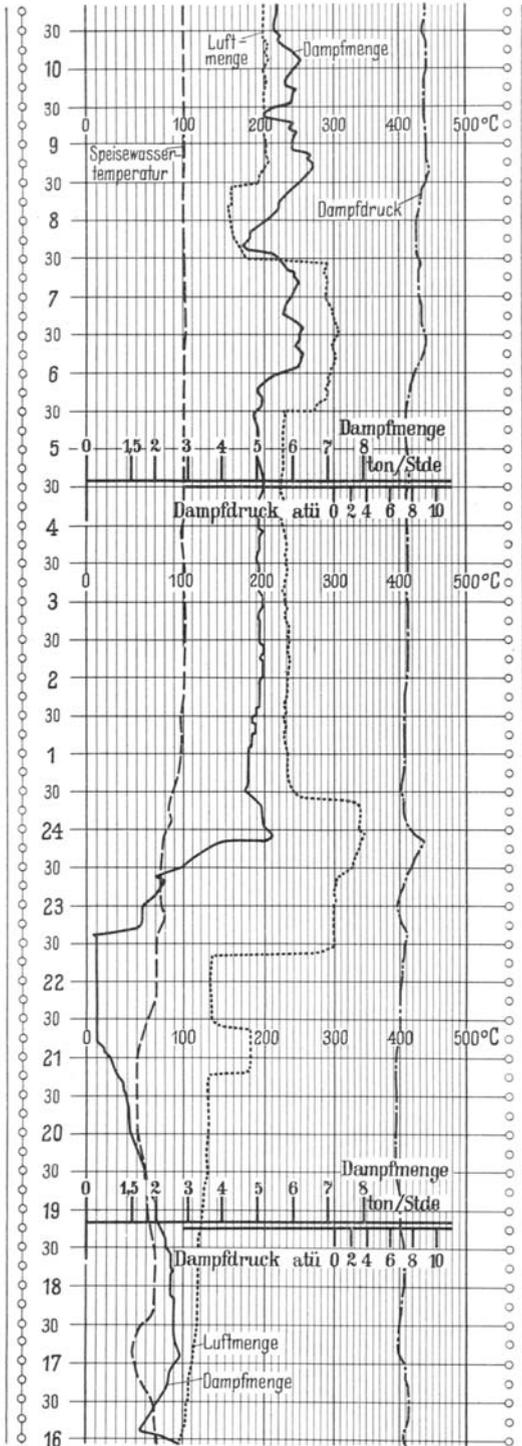


Abb. 27. Diagramm eines mit einem H. & B. - Dampfkesselhauptgerät überwachten Dampfkessels. Die Luftmenge für die Feuerung wird nach der Dampfleistung des Kessels von Hand eingestellt und ist in der punktierten Kurve ersichtlich.

abzusperrern. Um 22.30 Uhr wird die Feuerung wieder in Betrieb genommen. Es zeigt sich nun auffallend, welche ungeheuren Abkühlungsverluste entstanden sind, die durch verstärkte Befuerung zunächst wieder eingebracht werden müssen. Die . . . . Kurve liegt weit über der stark ausgezogenen. Die in Mauerwerk und sonstigen Teilen des Kessels wieder neu zu speichernde Wärmemenge ist annähernd dem Flächenraum zwischen . . . . und ——— Kurve unmittelbar verhältnisgleich zu setzen.

Gegen 24 Uhr kann der Kessel die Dampflieferung wieder aufnehmen. Die entstandenen Auskühlverluste sind aber noch keineswegs wieder ausgeglichen. Vielmehr muß die Feuerleistung noch mehrere Stunden lang größer als die Dampfleistung gehalten werden. Erst um 7.30 Uhr ist es möglich, mit der Feuerleistung wieder auf den früheren Wert zurückzugehen.

Dieses Diagramm ist deshalb interessant, weil es mit besonderer Anschaulichkeit den Eindruck vermittelt, daß alle Verluste, die durch Maßnahmen zur Rationalisierung während der eigentlichen Betriebszeiten vermieden werden können, nicht annähernd gleich denjenigen kommen, die bei unterbrochenem und insbesondere einschichtigem Betriebe durch unachtsames Auskühlenlassen der Feuerungen entstehen.

Hochofen-Winddruck-Messung: Ein Diagramm einer Winddruckmessung an einem großen Hochofen zeigte mit ganz erheblicher Verschiedenheit der Abstichzeiten, die sich als Einschnitte in die Druckkurven markieren, ein klares Bild des Betriebes. Während die kürzesten Abstichzeiten nur etwa 2 Minuten beanspruchen, dehnen sich die längsten auf über 10 Minuten aus, weil wiederholt beim Ausstoßen des Stopfens Hemmungen eingetreten sind. Der Ofen sollte täglich 600 t Roheisen im Werte von 72000 RM. liefern, je Stunde also für 3000 RM, je Minute für 50 RM. Rechnet man nur 10% des Verkaufswertes als „Regiekosten“, die beim Nichtabstich verlorengehen, so kostet jede Minute 5 RM., täglich zehnmal 8 Minuten Zeitverlust sind 400 RM. Geldverlust, und es lohnt wohl, den von einem solchen Diagramm aufgewiesenen Störungen nachzugehen und sie zu beseitigen.

Martinofen-Betrieb. Abb. 28 zeigt den Druck im Gaskanal eines Martinofens. Diese Art Diagramme sind sehr bekannt. Die Messung dient vorzugsweise als Fahrplan. Während des Einschmelzens wird in größeren Zeitabständen umgesteuert. Beim nachfolgenden Frischen werden die Umsteuerzeiten bis zum Abstich hin mehr und mehr verkürzt. Aus dem Diagramm läßt sich in dieser Weise der Ablauf der Schmelze für das kundige Auge mit außerordentlicher Deutlichkeit verfolgen. Gleichzeitig handelt es sich um einen jener seltenen Fälle, in denen ein Registriergerät als unentbehrliches Bedienungsinstrument für das Personal selbst, also nicht für den Vorgesetzten, dient. Es ist für den

Schmelzer eine Art Uhr, aus der er sehen kann, wieviel Zeit seit der letzten Umsteuerung vergangen ist und wann er die nächste Umsteuerung

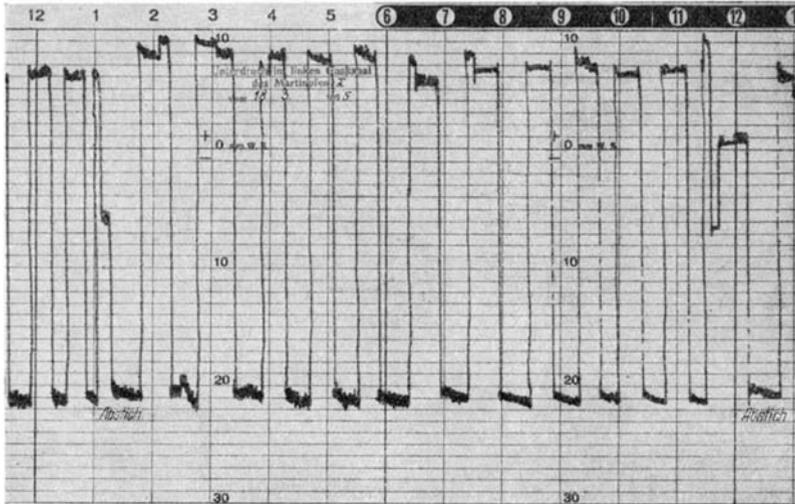


Abb. 28. Diagramm des Druckes im Gaskanal eines Siemens-Martin-Ofens. Um 2 Uhr wurde mit dem Einsetzen einer neuen Charge begonnen. Das Diagramm zeigt deren Abstich um 12.30.

vornehmen muß, sowie auch, in welchem Stadium der Schmelze er sich befindet, ohne daß er die Ofentür zu öffnen braucht.

## 7. Wärmewarte.

Wenn man in einem Kraftwerk die subjektive Wärme wirtschaftlich überwachen will, so sind dann im Grundprinzip folgende Messungen nötig:

1. zugeführte Kohlenmenge,
2. zugeführtes Frischwasser, Speisewasser, Kohlungut,
3. gesamte erzeugte Dampfmenge, Aufnahme der Gegendruckturbine, Aufnahme der Nebenbetriebe, kurzum an allen den Stellen, wo ein Dampfverbrauch oder Wasserverbrauch stattfindet.

In der praktischen Ausführung verfährt man in der Regel so, daß man für jeden Kessel die Überwachungsinstrumente für Dampfmenge, Dampftemperatur, Speisewassertemperatur, Dampfdruck, Kohlensäuregehalt der Abgase usw. zusammenfaßt, wie es Abb. 29 für einen Teil der Kesselwarte im Großkraftwerk Klingenberg zeigt.

Die Abb. 30, 31 und 32 zeigen einige andere neuzeitliche von Siemens & Halske eingerichtete Wärmewarten, davon Abb. 30 eine solche in einem architektonisch der Meßanlage angepaßten Raum. In Abb. 31

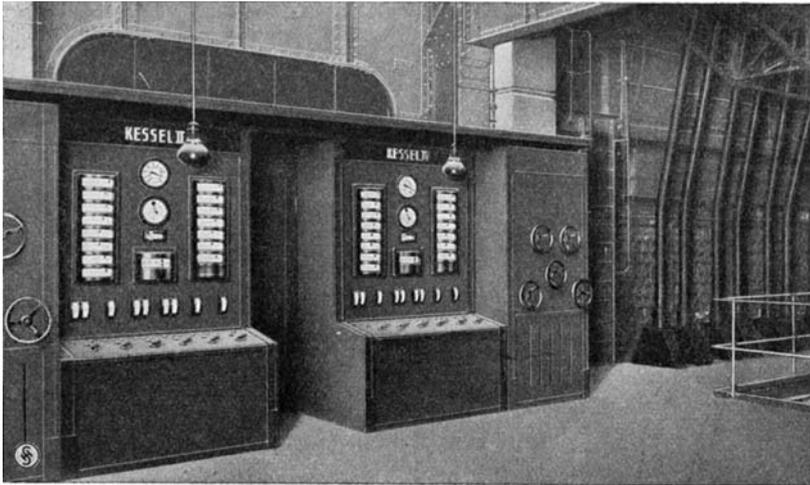


Abb. 29. Bedienungstafeln von Dampfkesseln mit Kohlenstaubfeuerung im Großkraftwerk Klingenberg. Jedes Kesselschild enthält in der Mitte einen Druckmesser sowie ein  $\text{CO}_2$ - und ein  $(\text{CO} + \text{H}_2)$ -Anzeigeeinstrument, darunter ein Folgezeigerinstrument zur Anzeige der Dampf- und Speisewassermenge. Links und rechts davon sind Profillinstrumente zu Achtfachrahmen zusammengefaßt. Die linken Instrumente sind Druck- und Zugmesser, die rechten Temperaturmesser für die verschiedensten Stellen des Kesselbetriebes.

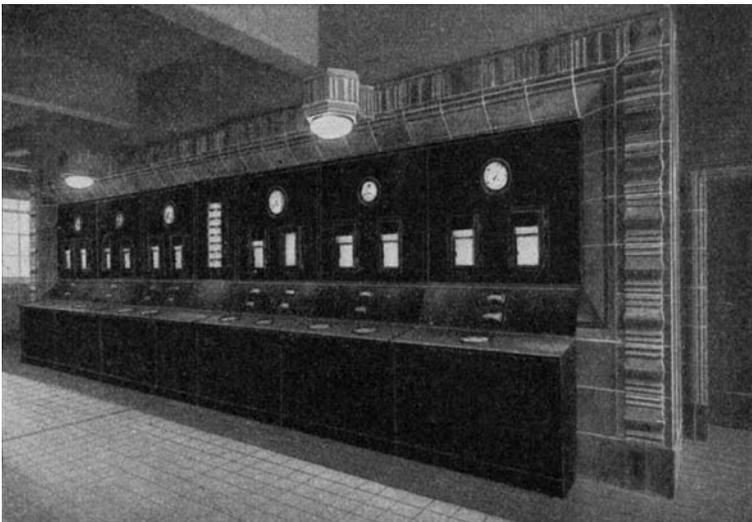


Abb. 30. Wärmewarte zur Überwachung des Wasserkreislaufs in einem Kraftwerk. Die Instrumente des Achtfachrahmens in der Mitte der Tafel geben Aufschluß über den Temperaturanstieg, den das Wasser bei der Erwärmung in den einzelnen Stufen erfährt. Mit den Schreibgeräten links und rechts davon werden die Kondensat-, Rohwasser- und Speisewasserströmungen sowie der Heizdampfverbrauch der Speisewasservorwärmer und schließlich die Frischdampf Temperatur aufgezeichnet. Die übrigen Profil- und Rundinstrumente zeigen Temperaturen und Drucke an.

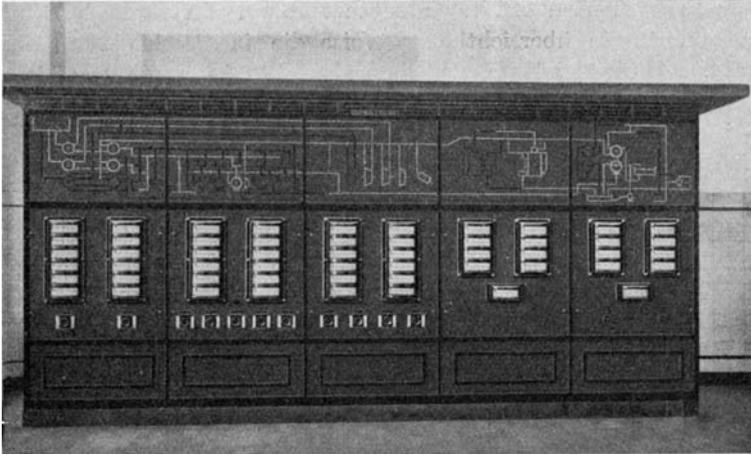


Abb. 31. Wärmewarte zu Leuchtschaltbild im Pumpenhaus eines Kraftwerks. Feld 1 enthält alle Messungen am Mischvorwärmer, am Vorrats- und Reinwasserbehälter; außerdem wird hier die zu den Feuerbrücken von Wanderrostfeuerungen geleitete Kühlwassermenge angezeigt. — In Feld 2 sind die zur Wasserreinigung gehörigen Meßgrößen zusammengestellt. — Feld 3 gibt einen Überblick über die Messungen in den verschiedenen Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruckdampfleitungen. — Mit den Instrumenten von Feld 4 läßt sich der Wasserstromlauf vom Turbinenkondensator bis zur Kesselspeisepumpe verfolgen. — Feld 5 schließlich zeigt im wesentlichen die Meßwerte, die zur Überwachung der Vorwärmer notwendig sind. Oberhalb der Instrumententafel ist der überwachte Wasser- und Dampfstromlauf schematisch in Form eines farbigen Leuchtschaltbildes wiedergegeben.



Abb. 32. Wärmewarte eines Ferngasnetzes. Mit den Schreibgeräten werden Druck, Temperatur und Heizwert des Ferngases aufgezeichnet. Die zugehörigen Meßstellen befinden sich in den Bezirken, aus denen das Ferngas geliefert wird. Die Meßstellen für Menge und Heizwert liegen in den Kokereien, während die Druckmeßstellen auf das Gasleitungsnetz verteilt sind.

ist die Instrumententafel noch ergänzt durch ein farbiges Leuchtschaltbild, das in übersichtlicher Weise die in Betrieb befindlichen Kessel anzeigt, wobei die verschiedenen Druckstufen durch verschiedene Farben dargestellt sind.

Bei der Aufzeichnung auf Mehrfachschreibern verfährt man ähnlich, denn durch die Anzeige anderer Meßgrößen mit Gleichstrominstrumenten ist man in der Lage, ein einziges Instrument für alle Größen zu benutzen. Abb. 33<sup>1</sup> zeigt einen Registrierstreifen von der Überwachung

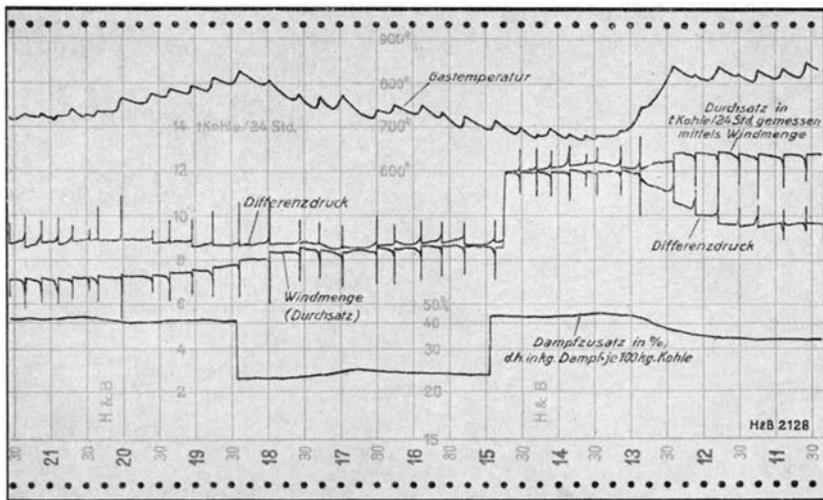


Abb. 33. Betriebsdiagramme eines Gasgenerators. Um 15 Uhr wurde der Durchsatz des Generators um etwa 30% gesteigert. Windmenge- und Dampfzusatzkurve zeigen die Zunahme.

eines Gasgenerators. Der Zusammenhang der Kurve ist leicht zu überblicken. Zu Beginn der Darstellung zeigt der Generator unverkennbare Anzeichen niedriger und zum Durchbrennen neigender Schüttung, erkenntlich an der hohen Gastemperatur und der unterhalb der Mengenkurve liegenden Winddrucklinie. Um 14.30 Uhr hat der Stoker die Beschickung mit der Stange durchgearbeitet und gedeckt, was sich durch sofortige Senkung der Temperatur bei steigendem Eindruck äußert. Nach Erreichung eines günstigen Zustandes wurde dann bei sinkender Belastung der Dampfzusatz vermindert (15 Uhr), jedoch soweit, daß nunmehr bei gestörtem Wärmegleichgewicht eine offensichtliche Verschiebung der Reduktionszone nach oben stattfindet, welche eine abermalige Temperatursteigerung zur Folge hat. Diesmal jedoch ist sie mit beginnender Verschlackung der Beschickung verbunden, welche in der

<sup>1</sup> Hartmann & Braun AG., Druckschrift 270: Wärmetechnische Betriebsmessungen.

die Windmenge übersteigenden Differenzdruckkurve zutage tritt. Ganz folgerichtig hat der Stoker dann dieser durch vermehrte Dampfzugabe entgegengearbeitet und damit auch eine Senkung der Gastemperatur erzielt, ohne jedoch während der dargestellten Periode, wie der Druckmengenvergleich zeigt, eine Wiederauflockerung der Beschickung zu erreichen. Es ist auch leicht zu vermuten, daß es zu dieser, außer vermehrter Dampfzugabe der Zuhilfenahme der Stochstange bedurft hätte.

Über einen großen wirtschaftlichen Erfolg beim Einbau von Strömungsmeßgeräten berichtet die „Republic flow meter Co.“ in einem Fall in einem Betrieb von sechs Kesseln von 300 PS. Es zeigte sich, daß sie nicht mehr zur Deckung des Bedarfes ausreichten. Die Geschäftsleitung war bereits zum Ankauf eines siebenten Kessels entschlossen, als noch vorher der Versuch gemacht wurde, die sechs vorhandenen Kessel mit Strömungsmessern auszurüsten und einzeln zu beobachten. Dabei stellte sich heraus, daß zwar drei Kessel voll belastet waren, drei andere aber nur zur Hälfte. Dadurch, daß man an Hand der Dampfmesser die Kessel gleichmäßig belastete, wurde es möglich, schon mit fünf Kesseln die erreichte Leistung zu erzeugen und den sechsten noch als Reserve zu behalten. Hier hatte sich also die Beschaffung von Meßgeräten in dieser Weise durch die Ersparnis von Neuanlagen besonders gut bezahlt gemacht.

Wasserstoffgehalt im Gichtgas, Hochofen-Wärmewarte. Zur Sicherung vor Betriebsstörungen dient die Bestimmung des  $H_2$ -Gehaltes im Gichtgas am Hochofen. Der mittlere  $H_2$ -Gehalt des Gichtgases bei Normalbetrieb beträgt 3 bis 4%.

Wird eine der Windformen, die aus Kupfer gefertigt sind und wegen der hohen Temperatur in der Rast mit Wasser gekühlt werden, undicht, so gelangt das Kühlwasser in den Ofenschacht. Im Gichtgas tritt es als um 3 bis 4% erhöhter  $H_2$ -Gehalt sofort in Erscheinung. Deshalb empfiehlt es sich, den  $H_2$ -Gehalt, der das Leckwerden und die Auswechselzeit der Form erkennen läßt, mit einem Anzeigegerät dem ersten Schmelzer auf der Ofenbühne anzuzeigen. Dieser kann sofort einen Formwechsel veranlassen (Abb. 34a u. b).

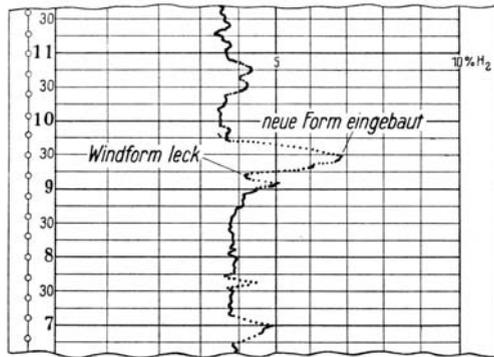


Abb. 34a. Diagramm des Wasserstoffgehaltes von Hochofengichtgas. Der Wasserstoffanstieg um 9.15 Uhr zeigt ein Defektwerden einer Windform an. Nach dem Auswechseln der Windform geht der Wasserstoffgehalt auf seinen Ausgangswert zurück.

Höherer  $H_2$ -Gehalt hat höheren Heizwert zur Folge. In Abb. 34b ist der Anstieg des Heizwertes, der mit dem Junkers-Kalorimeter zu gleichen Zeiten wie der  $H_2$ -Gehalt gemessen wurde, zu erkennen. Dieser unvorhergesehene Anstieg des

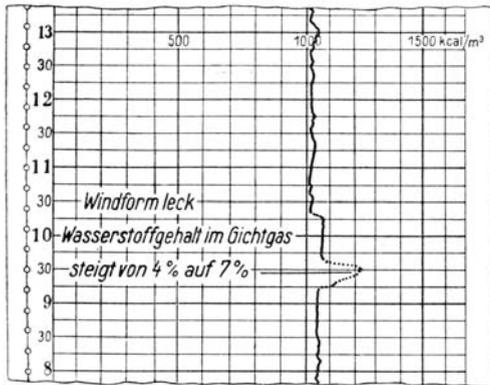


Abb. 34b. Diagramm des Heizwertes des gleichen Gases wie Abb. 29b. Man sieht das Mitgehen des Heizwertes um 9.15 Uhr entsprechend dem Vorgang in Abb. 34a.

Heizwertes kann zu erheblichen Störungen in der Gasmaschinenzentrale führen, wenn er dort nicht rechtzeitig bekannt wird. Es können Frühzündungen an der Maschine auftreten, wobei beim sogenannten „Knallen“ eine gefährliche Überbeanspruchung sämtlicher Maschinenteile eintritt und meist ein Außerbetriebsetzen einzelner Maschinen notwendig wird. Man rüstet deshalb den Schreibapparat, mit dem

der  $H_2$ -Gehalt der Gichtgase aufgezeichnet wird, mit Grenzkontakten aus, die eine Alarmeinrichtung (Hupe) im Maschinenhaus einschalten, wenn der Heizwert über 5 oder 6 % ansteigt. Hierzu sind auch die Anzeigeeinstrumente mit Grenzkontakten verwendbar. Bei rechtzeitiger Kenntnis des  $H_2$ -Anstieges kann der Maschinenwärter mehr Luft einstellen und dadurch dem Knallen der Maschinen begegnen.

## 8. Kesselregelung.

Selbsttätige Regeleinrichtungen haben auch beim Dampfkessel eine hohe Bedeutung erreichen können<sup>1</sup>. Wenn es auch nicht immer möglich ist, die Erhöhung des Wirkungsgrades einer Kesselanlage nach Einführung einer selbsttätigen Kesselregelung zahlenmäßig zu erfassen, so liegt es doch auf der Hand, daß die durch die Automatik bedingte Gleichmäßigkeit des Zusammenarbeitens von Brennstoffzufuhr, Luftzufuhr, Temperatur der Feuerung, Abgasverlust usw. die Lebensdauer einer Anlage wesentlich erhöht. Außerdem entlastet die automatische Kesselregelung den Heizer in seinen sonst sehr vielseitigen Aufgaben und gibt ihm die Möglichkeit, die Handbedienung auf wenige Funktionen, wie z. B. Gleichmäßigkeit der Rostbeschickung bei Wanderrostfeuerungen usw. zu beschränken. Es sind heute eine

<sup>1</sup> Moeller, M.: Selbsttätige Kesselregelung auf elektrischem Wege. Siemens-Zeitschrift 9 (1929) S. 408. — Moeller, M.: Einbau und Betriebsergebnisse der Siemens-Kesselregler. Siemens-Zeitschrift 9 (1929) S. 457.

Reihe von automatischen Kesselregelungsmethoden bekannt, die z. T. hydraulisch-pneumatisch (z. B. Askaniaregelung), z. T. elektrisch arbeiten (z. B. Siemens & Halske). Abb. 31 zeigt das Prinzipschema der automatischen Kesselreglung von Siemens & Halske. An der Dampfsammelleitung ist ein Kolbenmanometer mit rotierendem Kolben angeschlossen,

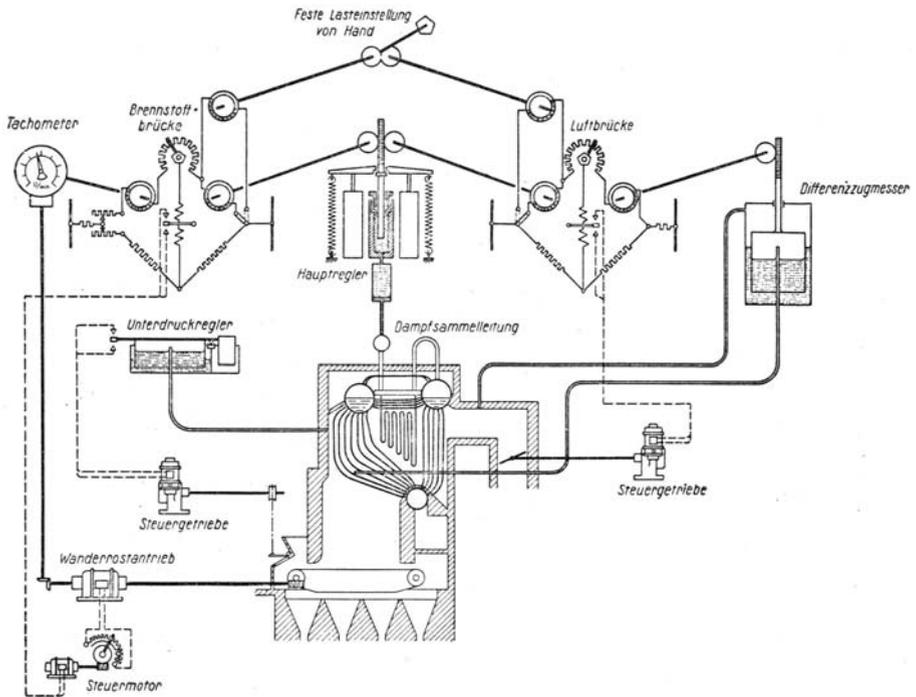


Abb. 35. Schematische Darstellung der selbsttätigen Siemens-Kesselreglung für einen Kessel mit Wanderrostfeuerung. Von einem an die Dampfsammelleitung angeschlossenen Kolbenmanometer (Hauptregler) aus wird mittels zweier Wheatstonebrücken (Brennstoffbrücke, Luftbrücke) der Wanderrost und die Rauchgasklappe gesteuert. Getrennt davon wird vom Unterdruck in der Feuerung aus die Luftzufuhr geregelt. Die Regelung ist ganz oder teilweise auf Handbedienung umstellbar. Auch kann sie statt in Abhängigkeit von der Kesselbelastung auf feste Last eingestellt werden. Sinngemäß werden die Regelorgane bei Kohlenstaubfeuerung betätigt.

das mittels der sogenannten „Siemens-Ringrohre“ den Druck in der Dampfsammelleitung auf zwei Wheatstonebrücken überträgt. In diesen befindet sich je ein Fallbügelrelais, das die Steuerung der Brennstoff- bzw. Luftzufuhr bewirkt. Die Ausführung des Steuerimpulses wird durch Rückmeldung in die Brücke (z. B. von Wanderrostantrieb mittels elektrisch übertragenen Tachometers, vom der Luftzufuhr durch elektrische Übertragung eines Differenzzugmessers) automatisch kontrolliert. Ein besonderer Schaltkreis hält den Unterdruck in der Feuerung konstant. Außerdem kann man durch Zusatzeinrichtungen mittels Rauchgasprüfern den  $\text{CO}_2$ - und  $(\text{CO} + \text{H}_2)$ -Gehalt als mitbestimmen-

de Variable in die Regelung einführen. Abb. 36a zeigt eine Bedienungstafel, Abb. 36b eine Hauptregel­tafel für Wanderrostfeuerung von vier Kesseln.



Abb. 36a. Bedienungstafel für die selbsttätige Siemens-Kesselregelung. Die Schalter gestatten, die Automatik ganz oder teilweise auf Handbedienung umzustellen. Ferner ist mit ihnen die Einstellung auf feste Last möglich, wobei diese feste Last beliebig gewählt werden kann.

Die Ergebnisse eines mit Siemens-Kesselreglern selbsttätig gesteuerten Kessels sind in Abb. 37 gezeigt. Man sieht, daß bei Belastungsschwankungen von 28 000 kW bis auf 10 000 kW der Druck im Kessel absolut konstant gehalten wird. Ein unter sonst gleichen Bedingungen bei Handantrieb aufgenommenes Diagramm zeigt der obere Teil des Bildes. Hierbei schwankte der Dampfdruck zwischen 30 und 33 atü. Eine Nachprüfung der Wirtschaftlichkeitssteigerung dieser Kesselanlage hat ergeben, daß durch die selbsttätige Betriebsweise gegenüber der sorgfältigsten Handbedienung mit bestgeschultem Personal immer noch 2% Ersparnis zu erzielen sind. Bei einem Kessel von 1000 m<sup>2</sup> Heizfläche, der 60 t Dampf pro Stunde herstellt und mit einer achtfachen Verdampfungsziffer arbeitet, be-

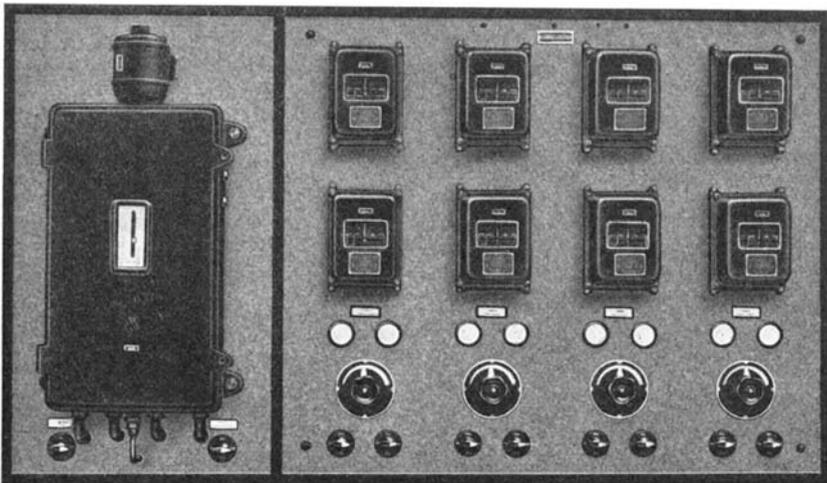


Abb. 36b. Hauptregel­tafel zur selbsttätigen Steuerung von vier Kesseln mit Wanderrostfeuerung mit einem Hauptregler (links), acht Steuerrelais, acht Signallampen für die Brennstoff- und Luftbrücken und zehn Dreh­schaltern sowie vier von Hand verstellbaren Widerständen zur Einstellung des Brennstoff-Luftverhältnisses.

deutet dies bei durchlaufender Betriebszeit für den Monat eine Ersparnis von 108 t Kohle, d. h. bei einem Kohlenpreis von 25 RM. pro t = 2700 RM. Daraus ergibt sich, daß sich auch eine solche, in der Beschaffung ziemlich

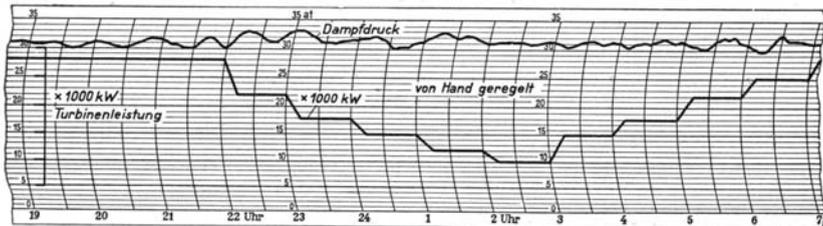


Abb. 37a. Dampfdruckdiagramm eines Kessels mit Wanderrostfeuerung bei Regelung von Hand.

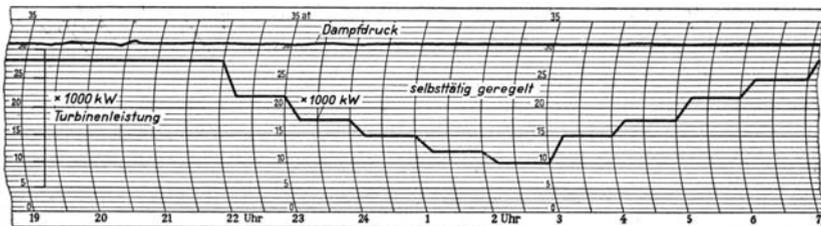


Abb. 37b. Diagramm des gleichen Kessels bei selbsttätiger Regelung. (Die untere Kurve gibt die Belastung des Kraftwerkes wieder.)

kostspielige Regelanlage doch auch schon in wenigen Monaten bezahlt macht. Würde man nicht mit dem besten Heizpersonal vergleichen, so würden die Ersparnisse noch wesentlich höher als 2% auszusetzen sein.

## 9. Erfolge der Betriebsüberwachung.

Einen sehr interessanten Bericht über die Einrichtung einer Wärmezentrale in einem großen Hochofenwerk hat Kretschmar gegeben<sup>1</sup>. Das Ergebnis ist in jeder Hinsicht bemerkenswert. Der Verfasser schildert den Ausgangspunkt der Arbeiten, die Gesichtspunkte für die Auswahl der Meßgeräte, die Begründung des zuletzt gewählten Planes für die Überwachungsgeräte, die Meßeinrichtung selbst und die mit ihnen erzielten Ergebnisse und bringt schließlich einen Bericht über die wirtschaftliche Kontrolle des Betriebes vor und nach Einführung der Meßgeräte und die Wirtschaftlichkeit der Einrichtung selbst. Die Anlagekosten waren für Hochofen die folgenden:

<sup>1</sup> Siemens-Zeitschrift 1927, H. 2, 3 u. 4.

Gebäudeanteil . . . . .	3 000 RM.
Elektrische Instrumente und Registrierapparate 14 Satz . . . . .	40 500 „
Kabel- und Installationsmaterial . . . . .	7 000 „
Montage . . . . .	2 500 „
Pneumatische Instrumente . . . . .	13 000 „
Rohrnetz 3800 m Gasrohr . . . . .	10 000 „
Gichtsonden für zwei Öfen . . . . .	1 500 „
Fracht, Verpackung, Zoll . . . . .	11 500 „
	89 000 RM.
100 % Generalunkosten . . . . .	89 000 „
Gesamte Anlagekosten . . . . .	178 000 RM.

Die Unterhaltungskosten für diese Meßeinrichtung betragen monatlich 1500 RM. Die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit des Werkes ergab folgendes: Die erste Besserung des Betriebes ergab sich, als Anfang 1924 die ersten, vollständig auf Messungen beruhenden Gasbilanzen aufgestellt werden konnten. Der Verbrauch an Kohle für die Tonne Roheisen sank dadurch von etwa 0,66 t auf etwa 0,56 t. Als dann die Temperaturmeßanlagen für die Cowper in Betrieb genommen wurden, ließ sich bereits ein wesentlich weiterer Minderverbrauch feststellen, über 10 Monate sank der Verbrauch auf 0,49 t je t Roheisen. Die Roheisenerzeugung hatte in der gleichen Zeit 222 460 t betragen, die Ersparnis betrug rund 15 600 t Zusatzkohle. In der nächsten Berichtszeit kam dann auch die Kohlensäure-Meßanlage in Betrieb. Im Laufe von acht Monaten ging dann der durchschnittliche Kohlenverbrauch von 0,49 auf 0,42 t zurück, also gegen das Mittel des Jahres 1923 um 0,14 t. In diesem Zeitraum wurden 22 300 t Zusatzkohle erspart, zusammen war die Kohlenersparnis in beiden Berichtsabschnitten rund 38 000 t gewesen. Mit nur 7 RM. für die Tonne gerechnet, ergab sich eine Ersparnis von 264 000 RM. in 14 Betriebsmonaten. Die Anlagekosten für die gesamte Meßeinrichtung waren schon nach 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Monaten getilgt, die laufenden Kosten für das Personal, 1500 RM. pro Monat, machen nur 6% der laufenden Ersparnis an Kohle aus. Es war notwendig, auf diese laufenden Kosten einer solchen Meßeinrichtung und ihr Verhältnis zu den Ersparnissen hinzuweisen, weil Meßinstrumente ohne Personal nicht von Nutzen sein können.

# Werkstoffkontrolle.

Von Prof. Dr.-Ing. E. H. Schulz,

Direktor des Forschungsinstituts der Vereinigte Stahlwerke A.-G., Dortmund.

## 1. Notwendigkeit der Werkstoffkontrolle.

Die Behandlung des Gebietes der Werkstoffkontrolle in dem hier vorgesehenen Rahmen stößt auf nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten. Diese sind z. T. bedingt durch die Vielartigkeit und Vielseitigkeit unserer Werkstoffe und ihrer Stellung im Betrieb oder auch die Differenziertheit der die Werkstoffe gebrauchenden und verbrauchenden Betriebe, Faktoren, die ein Eingehen auf Einzelheiten von vornherein unmöglich machen und ein Zusammenfassen nach großen Richtlinien erschweren. Andererseits schälen sich gerade bei einer zusammenfassenden Betrachtung der Werkstoffkontrolle zahlreiche Probleme heraus, die teilweise — aber auch nur teilweise — mit jenen Vielseitigkeiten zusammenhängen, im übrigen aber in der Aufgabe der Werkstoffkontrolle selbst begründet sind. So läßt es sich nicht umgehen, in diesen Ausführungen die Werkstoffkontrolle in vielen Punkten aufzufassen als ein Problem. Die Bejahung der Notwendigkeit und der Wirtschaftlichkeit einer zweckmäßigen Werkstoffkontrolle aber — hier zunächst allerdings selbst noch ein Problem — führt zu der Folgerung, daß auch die Behandlung der Werkstoffkontrolle, die Beschäftigung mit ihr eine dringliche Forderung ist nicht nur für den Prüflingenieur als dem eigentlichen Fachmann, sondern auch für den Betriebsingenieur, der mit der Werkstoffkontrolle zusammen arbeiten muß.

Die wesentlichsten Fragen, die sich bei einer allgemeinen Behandlung des Gegenstandes zunächst herauschälen, sind

- a) das Warum einer Werkstoffkontrolle,
- b) das Wie der Werkstoffkontrolle.

Unter Werkstoffkontrolle verstehen wir dabei ganz allgemein, ob die in einem Betriebe vorkommenden Werkstoffe für die Zwecke, für die sie bestimmt sind, sich eignen. Wir machen dabei bezüglich der Werkstoffe keinen Unterschied auf Grund der Stellung, die sie in den Betrieben einnehmen, oder hinsichtlich der Funktion, die ihnen übertragen wird; die teilweise geübte Unterteilung in Werkstoffe im engeren Sinne und Hilfsstoffe fällt somit fort. Es handelt sich demnach um recht ver-

schiedene Gruppen von Werkstoffen, wie die nachstehend aufgeführten Beispiele das erkennen lassen:

a) Werkstoffe, die der Betrieb von anderen Stellen übernimmt — sowohl von werksfremden wie von anderen werkseigenen Betrieben — um sie zu verbrauchen (z. B. feuerfeste Steine für Schmelz-, Glüh- usw. Öfen, Schmieröle für Maschinen usw.).

b) Werkstoffe, die der Betrieb übernimmt, um sie selbst zu verarbeiten, wobei sie ihren Charakter ändern oder beibehalten können (z. B. Erze, die im Hüttenwerk zu Roheisen und weiterhin zu Stahl verarbeitet werden; Stahl, der von einer Maschinenfabrik gekauft wird, um von ihr durch Warm- oder Kaltbearbeitung geformt zu werden oder auch nach der Formung einer Warmbehandlung unterworfen zu werden).

c) Werkstoffe, die der Betrieb selbst erzeugt, um sie entweder noch weiter zu verarbeiten oder zu verkaufen (z. B. die Stahlerzeugung eines Hüttenwerkes).

Die Reihe der Beispiele ließe sich noch vermehren, je nach Eigenart des Betriebes — andererseits lassen sich doch alle möglichen Verhältnisse auf wenige Einzelnenner bringen, es wird sich schließlich doch stets um einen der beiden folgenden Fälle handeln:

a) die Werkstoffkontrolle prüft die Beschaffenheit des in den Betrieb hineinkommenden Werkstoffes,

b) die Werkstoffkontrolle prüft die Beschaffenheit eines im Betrieb einer Verarbeitung unterworfenen Werkstoffes, und zwar dann, wenn die Verarbeitung auf die Werkstoffeigenschaften einen Einfluß ausübte.

In diesem zweiten Falle prüft also die Werkstoffkontrolle genau gesehen nicht den Werkstoff, sondern die Richtigkeit und Zweckmäßigkeit der Verarbeitung.

Ein Beispiel läßt diese Verhältnisse leicht in klarem Lichte erscheinen: Eine Werkzeugfabrik stellt irgendein Werkzeug, z. B. Spiralbohrer her. Sie schreibt für den zu verwendenden Werkstoff dem liefernden Stahlwerk eine bestimmte Stahlsorte vor — die Werkstoffkontrolle hat bei Anlieferung des Stahles zu prüfen, ob tatsächlich der benötigte Werkstoff vorliegt: reine Werkstoffkontrolle. Die Spiralbohrer werden aber dann im Betriebe gehärtet und die Werkstoffkontrolle hat die Aufgabe, die fertigen Bohrer auf ihre richtige Beschaffenheit zu prüfen, d. h. auf richtige Härtung: hier liegt also eine Kontrolle des Arbeitsverfahrens des Betriebes vor, das die Eigenschaften des Werkstoffes veränderte. Aus den in nachstehender Abb. 1 gegebenen schematischen Zusammenstellungen über die Werkstoffkontrolle im Herstellungsgang verschiedener Einzelzeugnisse ergeben sich weitere Hinweise.

Die Herausschälung der beiden grundsätzlichen Arbeitskreise bringt zugleich die grundsätzliche Beantwortung der Frage nach dem „Warum“ der Werkstoffkontrolle:

Verarbeitungsstufe	Form des Ausgangsmaterials bzw. Art der Verarbeitung	Prüfung
<b>Werkstoffkontrolle bei der Kettenherstellung.</b>		
Materialeingang	Ketteneisen (Rundeisen)	Chemische Zusammensetzung, Zugversuch, Kalt- und Warmbeigeversuch, Stauchprobe, Schweißprobe, Prüfung auf Seigerungen.
Verarbeitung im Betrieb	Biegen und Schweißen der Kettenglieder	Prüfung der Schweißungen auf Oberflächenbeschaffenheit, Prüfung einzelner Glieder durch den Zug- und Biegeversuch.
Fertigerzeugnis	Kette	Prüfung durch den Zugversuch auf Reckung und Bruchlast, Prüfung der Schweißstellen.
<b>Werkstoffkontrolle beim Drahtziehen.</b>		
Materialeingang	Walzdraht	Chemische Analyse, Zugversuch, Biegeversuch, Schlagversuch.
Verarbeitung im Betrieb	Beizen, Ziehen, Wärmebehandlung (Patentieren bzw. Zementieren)	Prüfung der Zwischenstadien nach den einzelnen Arbeitsgängen durch Zugversuch, Biegeversuch sowie auf Oberflächenansichten.
Fertigerzeugnisse	Draht	Prüfung durch Zugversuch, Biegeversuch, Verwindeversuch, dazu bei verzinktem Draht: Prüfung der Gleichmäßigkeit, Stärke und des Widerstandes der Zinkschicht gegen mechanische Beanspruchung.
<b>Werkstoffkontrolle bei der Herstellung genieteteter Blechkonstruktionen.</b>		
Angelieferter Werkstoff	a) Blech bzw. Bandeseisen	b) Niete
Prüfung des angelieferten Werkstoffs	Äußere Beschaffenheit Zugversuch Faltprobe Bördelprobe Ericksenprobe	Wahl der Prüfart nach den Anforderungen Zugversuch Stauchversuch Scherversuch
Verarbeitung im Betrieb	Stanzen, Ziehen, Schneiden, Bördeln	
Prüfung der verarbeiteten Teile	Äußere Beschaffenheit (Risse, Riefen, Blasen) Stichproben für den Zugversuch (erneute Kontrolle)	
Zusammenbau der Konstruktionsteile		
Prüfung	Prüfung der fertigen Konstruktionsteile, durch technologischen Versuch (Belastungsprobe). Prüfung der Gesamtkonstruktion nur einmalig im Vorversuch. Bei späteren, gleichen Konstruktionen nur Kontrolle auf äußere Beschaffenheit.	

Abb. 1. Schematische Darstellungen über Werkstoffkontrolle im Herstellungsgang verschiedener Erzeugnisse.

einmal soll die Werkstoffkontrolle den Betrieb davor schützen, daß in ihm Werkstoffe zur Verwendung — ganz gleich welcher Art — kommen, die für die beabsichtigten Zwecke ungeeignet sind,

zum andern soll die Werkstoffkontrolle verhindern, daß Erzeugnisse den Betrieb verlassen, die auf Grund von Fehlern in der Werkstoffbeschaffenheit den an sie zu stellenden Ansprüchen nicht oder nicht genügend entsprechen.

Damit ist aber wieder zugleich die technische Bedeutung oder besser die technische Notwendigkeit der Werkstoffkontrolle für alle die Fälle erwiesen, wo die Brauchbarkeit und Güte eines Werkstoffes nicht von vornherein klarliegt; letzteres dürfte aber so selten sein, daß wir darüber hinweggehen können.

Mit dieser grundsätzlichen Erwägung sei hier vorläufig einmal die Notwendigkeit der Werkstoffkontrolle allgemein bejaht — die Einzelbehandlung insbesondere ihrer Wirtschaftlichkeit geschieht eingehender am Schluß, da für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit zuvor die Erörterung des „Wie“ der Werkstoffkontrolle notwendig ist. Hierfür bedarf es zunächst noch der Betrachtung einiger Punkte, die den Begriff der Werkstoffkontrolle: Feststellung der Eignung eines Werkstoffes für den geplanten Zweck — etwas erweitern.

## 2. Kriterien der Werkstoffkontrolle.

In den weitaus meisten Fällen muß verlangt werden, daß die Werkstoffkontrolle ebenso wie andere Kontrollen eingeschaltet wird:

bei in den Betrieb hineinkommenden Werkstoffen unmittelbar hinter dem Eingang, jedenfalls aber vor die Freigabe zur Verwendung;

bei stoffändernder Bearbeitung (z. B. Härtung) unmittelbar hinter diesen Vorgang,

bei abzuliefernden Werkstoffen unmittelbar hinter die Fertigstellung, jedenfalls vor die Ablieferung.

So greift also die Werkstoffkontrolle in den Verarbeitungsgang des Werkstoffes und damit in den Gang des Betriebes ein; das bedingt in den weitaus meisten Fällen, daß die Kontrolle in möglichst kurzer Zeit ausgeführt wird.

Auch wenn die eigentlichen Betriebsvorgänge an sich es nicht bedingen, besteht häufig diese Forderung: so darf die Kontrolle keine Verzögerung in die Ablieferung von Erzeugnissen bringen bzw. muß zum mindesten die unter Umständen unvermeidliche Verzögerung soweit als irgend möglich verringert werden. Ein fast allgemein gültiges Kriterium ist daher die Schnelligkeit der Ausführung der Werkstoffkontrolle.

Weiterhin wird es nur in den seltensten Fällen möglich sein, die Eignung des Werkstoffes für seine praktische Verwendung durch eine Kontrollmaß-

nahme festzustellen, die in ihrer Ausführung in allen Punkten der Beanspruchung oder Anforderung bei der praktischen Verwendung entspricht. Die Faktoren, die in der praktischen, betriebsmäßigen Beanspruchung eines Werkstoffes eine Rolle spielen, sind vielfach so zahlreich und verwickelt, daß die laboratoriumsmäßige Nachahmung der betriebsmäßigen Beanspruchung kaum möglich ist, insbesondere deshalb, weil eben die Werkstoffprüfung schnell arbeiten soll. Hier liegt ein wichtiger Unterschied der Werkstoffkontrolle gegenüber der Maß-, Mengen- und Gewichtskontrolle. Die Werkstoffkontrolle macht in großem Maße Gebrauch von mittelbaren Prüfungen. Es sei dies an einem Beispiel erläutert. Die einzelnen Bauteile einer Stahlbrücke werden im fertigen Zustand je nach den besonderen Umständen auf Zug, auf Biegung, auf Druck beansprucht, und zwar vielfach nach diesen Richtungen nicht nur statisch, sondern auch dynamisch. Dazu kommen Schwingungsbeanspruchungen, die sich mit den übrigen überlagern. Der Stahl für Brückenbauten wird aber noch heute als Werkstoff im wesentlichen auf Grund einer einzigen Kontrollart geprüft und abgenommen, nämlich durch den Zerreiversuch (von der Prüfung auf Korrosionswiderstand, Schweibarkeit und ähnliches kann in diesem Zusammenhang abgesehen werden). Die im Zerreiversuch erhaltenen Kennziffern — Zugfestigkeit, Streckgrenze, Dehnung — werden aber andererseits in der praktischen Beanspruchung der Brücke nie oder äußerst selten unmittelbar zum Ausdruck kommen; die Beanspruchungen im normalen Gebrauch bleiben ja stets noch ganz erheblich unterhalb der Streckgrenze. Hier liegt also ein ganz typischer Fall einer mittelbaren Kontrolle durch die Werkstoffprüfung vor, die, wie bereits gesagt, außerordentlich häufig ist.

Möglichkeiten einer unmittelbaren Prüfung bestehen in manchen Fällen selbstverständlich auch, ja manchmal ist sogar eine unmittelbare Prüfung erforderlich, trotzdem gewisse Schwierigkeiten und Unannehmlichkeiten mit ihr verbunden sind. So besteht heute noch keine Möglichkeit, aus der Zusammensetzung, der Vorbehandlung, den Festigkeitseigenschaften usw. eines Stahles sichere Schlüsse auf seine Bearbeitbarkeit mit schneidenden Werkzeugen zu ziehen, also auf eine Eigenschaft, die ja in der heutigen Massenfertigung, insbesondere z. B. bei Automatenisen von ausschlaggebender Bedeutung ist. Hier ist die sichere Werkstoffkontrolle tatsächlich nur durch einen praktischen Bearbeitungsversuch möglich; bei diesem müssen nun aber selbstverständlich auch alle Faktoren, die später im Gebrauch eine Rolle spielen, beachtet werden, wenn man nicht zu Fehlschlüssen kommen will.

Zweifellos ist die unmittelbare Werkstoffkontrolle nach mancher Richtung das Ideale, als Ideal aber eben auch nicht zu verwirklichen. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang, daß sie in der amerikanischen Automobiltechnik sowohl für Prüfung wie insbesondere für Forschungs-

zwecke — die hier zwar nicht zur Besprechung stehen — eine bedeutende Rolle spielen, es geht das so weit, daß ganze Automobile auf besonderen Maschinen Dauer-Rüttel-Proben unterworfen werden, wobei dann allerdings neben dem Werkstoff auch besonders die Konstruktion geprüft wird. Immerhin sollte die Möglichkeit einer unmittelbaren Prüfung fertiger Stücke unter betriebsmäßiger Beanspruchung auch bei uns vielleicht doch eingehender erwogen werden, als dies im allgemeinen geschieht.

Ein weiteres wesentliches Moment der Werkstoffkontrolle ist, daß sie in den weitaus meisten Fällen nur durch Stichproben ausgeführt wird. Gewiß sind auch andere Fälle möglich und kommen praktisch vor. Man kann z. B. die richtige Härtung wichtiger Einzelteile laufend, also an jedem Stück kontrollieren durch eine Härteprüfung. Diese Fälle werden jedoch in der Minderheit bleiben, da einmal vielfach die Menge des zu prüfenden Werkstoffes so groß ist, daß eben nur Stichproben ausgeführt werden können, zum andern, weil vielfach bei der Werkstoffprüfung das zu prüfende Stück vernichtet oder wenigstens unbrauchbar gemacht wird.

So enthält also die Werkstoffkontrolle in den weitaus meisten Fällen die Kriterien einer schnellen Durchführung, eines mittelbaren Verfahrens und einer Beschränkung auf Stichproben. Diese Kriterien bedeuten nun aber in gewisser Weise ebenso viel Quellen von Schwierigkeiten, die teilweise nur durch Sonderüberlegungen ganz von Fall zu Fall zu überwinden sind. So bedeutet es eine ganz besondere Aufgabe der Werkstoffprüfung, die Verfahren hinsichtlich der Schnelligkeit ihrer Durchführbarkeit auszubilden.

Naturgemäß darf bei solchen Entwicklungen die Richtigkeit des Ergebnisses nicht unter der schnellen Ausführung leiden — jedoch kann sehr wohl manchmal ein Schnellverfahren mit größeren Streuungen des Ergebnisses den Vorzug verdienen vor einem viel langsameren mit engeren Streugrenzen; selbstverständlich muß man sich dann bei Bewertung des Einzelergebnisses jener größeren Streugrenzen bewußt sein.

### 3. Aufstellung des „Prüfungssolls“ und der „Gütevorschrift“.

Die Schwierigkeiten, die nach dem vorhergehenden und aus anderen Gründen der Werkstoffkontrolle als solcher anhaften, werden besonders deutlich, wenn man die Aufstellung des „Prüfungssolls“, der „Gütevorschrift“ einer besonderen Betrachtung unterzieht.

Die Benutzung eines Musters als Prüfungssoll ist fast immer unzweckmäßig, ja allzuoft sogar ganz unmöglich: der Vergleich des zu prüfenden Werkstoffes mit dem Muster wird doch fast immer nur wieder

möglich durch Benutzung besonderer Prüfverfahren, so daß besser die Ergebnisse der betreffenden Prüfverfahren selbst als Prüfungssoll aufgestellt werden. Dies gilt vor allem für die Fälle, wo unter Umständen die liefernde Partei die Eigenart des Musters nur schwer feststellen kann — und diese Fälle sind nur zu häufig. So wird die Einreichung eines Musters als Prüfungssoll bei Metallen und Legierungen wohl die chemische Zusammensetzung und auch noch die Verarbeitungsart — ob Guß oder geschmiedet usw. — ohne besondere Schwierigkeiten feststellen lassen, die Eigenart der genannten Werkstoffe hängt aber noch von anderen Faktoren ab, die schwerer oder gar nicht erfaßbar sind. Hier ist es ganz entschieden vorzuziehen, das für eine mittelbare Prüfung verlangte Ergebnis zu vervollständigen durch möglichst eingehende Angaben über den tatsächlichen Verwendungszweck bzw. die geplante Verarbeitung, ein Verfahren, das in Amerika nach eigenen Erfahrungen viel weiter ausgeübt wird als bei uns.

Im wesentlichen wird es aber meist darauf ankommen, das Ergebnis mittelbarer oder unmittelbarer Prüfverfahren als Prüfungssoll aufzustellen. Dabei muß es in ganz besonderem Maße Aufgabe gemeinsamer Arbeit von Prüfenieur und Betriebsingenieur sein, die Zusammenhänge zwischen der praktischen Eignung und den Ergebnissen insbesondere der mittelbaren Werkstoffprüfung herauszuschälen und sicher festzulegen. Die letzten Jahre haben uns hierfür eine gewisse typische Entwicklung auf einem Gebiete beschert, die kurz als Beispiel skizziert sei. Feuerfeste Steine werden von verschiedenen Industriezweigen für recht verschiedene Zwecke hinsichtlich der Einzelbeanspruchung benutzt. Die Prüfung eines feuerfesten Steines durch einen betriebsmäßigen Versuch, also unmittelbare Werkstoffkontrolle dauert in fast allen Fällen zu lange und ist nur sehr schwer durchzuführen. Es haben sich nun im Laufe der Zeit, und zwar in erster Linie durch die Arbeit von wissenschaftlichen Instituten und Materialprüfungsanstalten bestimmte Prüfverfahren für feuerfeste Steine herausgebildet, wobei aber teilweise zunächst der Zusammenhang zwischen den betreffenden Prüfverfahren und der Einzelbeanspruchung im Betriebe noch wenig geklärt war. Noch vor wenigen Jahren brachten Industriezweige, technische Verbände, Behörden usw. Prüfverfahren für feuerfeste Steine zur Anwendung, die in einer Zusammenstellung ein gerade buntscheckig zu nennendes Bild ergaben.

Ohne auf Einzelheiten einzugehen, kann festgestellt werden, daß einzelne Stellen ein Minimum, andere ein Maximum an einzelnen Prüfverfahren und damit an Güteziffern vorschrieben, ohne daß — wie eine genaue Prüfung feststellen läßt — diese großen Differenzen immer sachlich begründet wären und ohne daß vor allem sicher war, daß für eine praktische Eignung auch immer alle die vorgeschriebenen Prüfungs-

solls notwendigerweise zu erfüllen waren. Es wurde daher seiner Zeit versucht, für die einzelnen Verwendungszwecke zunächst einmal in der Eisenindustrie festzustellen, welche Eigenschaften der Steine eine Bedeutung spielen. Abb. 2 gibt, ohne auf Einzelheiten einzugehen, ein Bild darüber, wie sehr verschieden in den einzelnen Anlagen allein schon einer einzigen Industrie die Beanspruchungen sind. Oberste Regel für die Aufstellung von Gütevorschriften sollte aber sein, daß ein Kontrollverfahren für einen Werkstoff nur dann angewendet wird, wenn es auch wirklich für die Beurteilung des Werkstoffes hinsichtlich

	Steinart	Schmelzpunkt	Feuerstandfestigkeit	Raumbeständigkeit	Widerst.g. Temp. Wechsel	Wärmeleitfähigkeit	Druckfestigkeit	Abrieb	Widerst.g. chem. Angriffe
Hochofen	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Winderhitzer	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Roheisengfanne	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Koksofenkammer	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Mischer	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
S.M.-Ofen	Si.	■	■	■	■	■	■	■	■
S.M.-Ofen	Ma.	■	■	■	■	■	■	■	■
Generator	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Gießpfanne	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Trichterrohre	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Kanalsteine	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Tiefafen	Sch. Ma.	■	■	■	■	■	■	■	■
Kesselheizung	Sch.	■	■	■	■	■	■	■	■
Wärme-u. Glühofen		■	■	■	■	■	■	■	■

Abb. 2. Abhängigkeit der Anforderungen an feuerfeste Baustoffe vom Verwendungszweck.

seiner Eignung notwendig oder bedeutsam ist. Es ist leider nicht überflüssig, diese Forderung aufzuführen, da gerade der Werkstoffprüfer, teilweise auch besonders der Werkstoffverbraucher infolge einer manchmal vorhandenen gewissen Unsicherheit hinsichtlich der Kenntnis der Zusammenhänge gelegentlich geneigt ist, recht viel Prüfverfahren anzuwenden, ohne daß das eine oder andere davon erforderlich ist. Im weiteren Verlauf der Arbeiten wurde dann versucht, die Zusammenhänge zwischen den technischen Beanspruchungen und den bestehenden oder in Entwicklung begriffenen Prüfungsverfahren herauszuarbeiten. Abb. 3 gibt diese Zusammenhänge wieder, aus ihr und Abb. 2 läßt sich leicht ermitteln, welche Prüfverfahren und damit Arten von Gütevorschriften zweckmäßig für die einzelnen Verwendungszwecke vorzuschreiben sind. Hierbei ist in Abb. 3 ein Unterschied zwischen technologischen und exakten Prüfverfahren gemacht. Dieser Unterschied sei etwa wie folgt definiert: Das technologische Prüfungsverfahren ergibt ein mehr qualitatives Resultat. Wenn bei ihm Ziffern erhalten werden, so schwanken diese oft innerhalb recht weiter Grenzen, während beim exakten Prüfungsverfahren Ziffern erhalten werden, die denen in der Maß- und Mengenkontrolle vergleichbar

sind. Anzustreben wäre natürlich, stets exakte Prüfverfahren anzuwenden, da bei ihnen wirklich eindeutige Gütevorschriften, Normen, also ein genaues Prüfungssoll festgelegt werden kann. Das technologische Prüfverfahren hat vom Standpunkt des Prüfers diese Vorteile nicht oder nur in geringerem Maße, dafür hat es andererseits oft den Vorteil, daß das Prüfverfahren der tatsächlichen Beanspruchung im Betriebe oder in der Verwendung näher kommt als das exakte Prüfverfahren, welches fast stets einen recht mittelbaren Charakter hat.

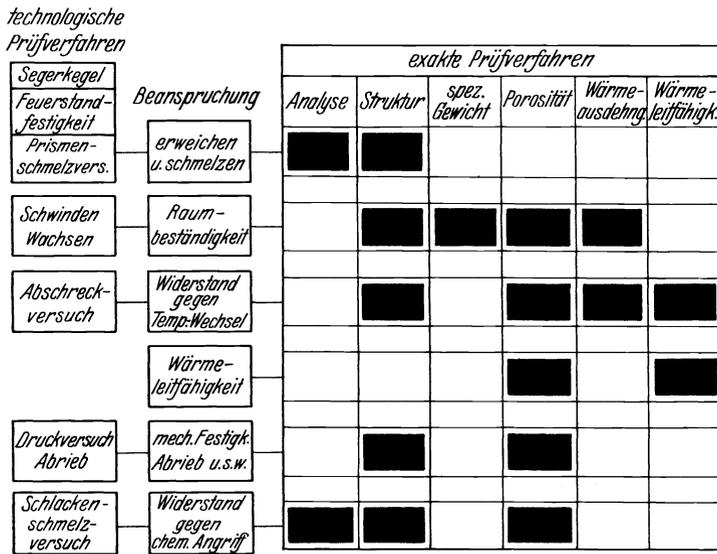


Abb. 3. Anforderungen an feuerfeste Baustoffe und Prüfverfahren.

Nicht unerhebliche Schwierigkeiten treten bei der Aufstellung des Prüfungssolls auch bei exakten Prüfverfahren dann weiter auf, wenn es sich darum handelt, die Zahl des Prüfungssolls festzulegen. Fast allen unseren Werkstoffen wohnt eine mehr oder weniger weitgehende Ungleichmäßigkeit inne. Auch im bestgeleiteten Stahlwerk kann niemals ein Stahl mit einer stets gleichbleibenden Zugfestigkeit von genau 50 kg/mm<sup>2</sup> in einer großen Anzahl von Schmelzen hergestellt werden. Die Abhängigkeiten des Werkstoffs vom Herstellungsprozeß mit seinen vielen, teilweise nicht völlig beherrschten Faktoren — bei anderen Werkstoffen, z. B. Holz, die Abhängigkeit von dem natürlichen Wachstum — sind so groß, daß bei einem Hinarbeiten auf das Prüfungssoll doch stets eine gewisse Streuung um dieses Soll herum sich ergeben wird. Es werden also beispielsweise in einem Stahlwerk beim Hinarbeiten auf eine Zugfestigkeit von 50 kg/mm<sup>2</sup> Schmelzen erhalten, deren Zugfestigkeit etwa zwischen 45 und 55 kg/mm<sup>2</sup> liegen wird. Der Verbraucher, der ein Prüfungssoll aufstellt, muß dies naturgemäß beachten. Es geschieht

dies ja auch ebenso wie bei anderen Prüfungsvorschriften dadurch, daß man Toleranzen gibt, also beispielsweise nicht einen Stahl mit  $50 \text{ kg/mm}^2$  verlangt, sondern einen solchen mit  $45\text{--}55 \text{ kg/mm}^2$ , oder wenn die Festigkeit unbedingt mindestens  $50 \text{ kg/mm}^2$  sein soll, einen solchen mit mindestens  $50 \text{ kg/mm}^2$ , der dann normalerweise  $50\text{--}60 \text{ kg/mm}^2$ , also im Mittel  $55 \text{ kg/mm}^2$  Festigkeit haben wird. Dieses auf den ersten Blick einfach erscheinende Verfahren wird aber dadurch verwickelt, daß in den meisten Fällen nicht eine einzige Eigenschaft festgestellt wird, sondern mehrere, die in Abhängigkeit voneinander stehen. Bei-

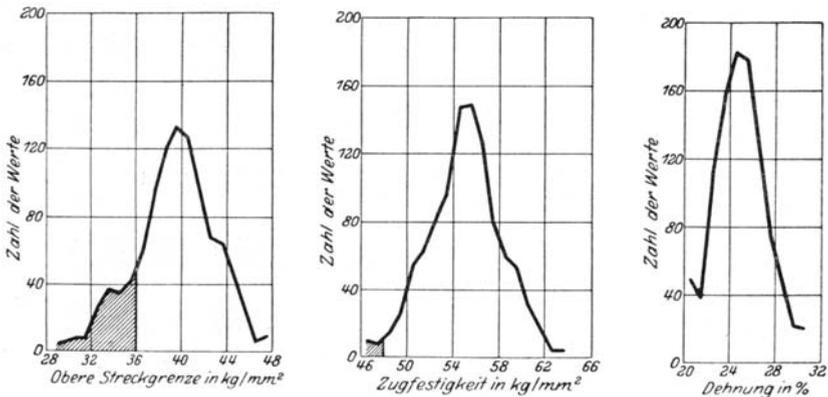


Abb. 4. Häufigkeitskurve der Festigkeitswerte von Siliziumbaustahl.

spielsweise wird beim Zerreiversuch fast immer auer der Zugfestigkeit auch die Dehnung ermittelt bzw. ist sie vorgeschrieben. Bei einer Zugfestigkeit von  $50 \text{ kg/mm}^2$  hat normaler Kohlenstoffstahl eine Dehnung von rund 22%. Steigt die Zugfestigkeit, wird der Stahl härter, so sinkt die Dehnung entsprechend; das Zulassen von Sthlen mit mehr als  $50 \text{ kg/mm}^2$  Zugfestigkeit, das an sich für den Verwendungszweck hinsichtlich der Beanspruchung im Betrieb wohl fast immer ganz unbedenklich ist, hat zur Folge, da bei den härteren Sthlen nicht mehr dieselbe Dehnung verlangt werden kann wie in dem mit genau  $50 \text{ kg/mm}^2$  — und hier können unter Umständen Bedenken eintreten. Noch schwieriger werden die Verhältnisse, wenn sogar drei verschiedene Eigenschaften oder noch mehr miteinander gekuppelt werden. Abb. 4 zeigt die Streuung der Festigkeitswerte bei Siliziumbaustahl, bei dem seinerzeit eine Zugfestigkeit von mindestens  $48 \text{ kg/mm}^2$ , eine Dehnung von mindestens 20% und eine obere Streckgrenze von mindestens  $36 \text{ kg/mm}^2$  vorgeschrieben war. Die Häufigkeitskurven ergeben, da in den geprüften Schmelzen die Dehnung stets, die Zugfestigkeit fast immer erreicht wurde, da dagegen immerhin eine nicht unerhebliche Anzahl (schraffierter Teil von Abb. 4) von Schmelzen wegen Nichterreichung der

Streckgrenze ausfielen. Da der Stahlwerker aber betriebsmäßig nur auf eine bestimmte Zugfestigkeit hinarbeiten kann, die sich aus der chemischen Zusammensetzung folgern läßt, da ferner die drei genannten Eigenschaften miteinander zwangweise gekuppelt sind, so zeigt die Zusammenstellung, daß die Streckgrenze mit  $36 \text{ kg/mm}^2$  der Natur des Stahles nicht entsprach, sondern eine zu hohe Forderung darstellte.

Gerade die Aufstellung solcher Häufigkeitskurven gibt ein gutes Mittel in die Hand, die Zweckmäßigkeit eines Prüfungssolls nachzuprüfen — insbesondere da das Prüfungssoll neben der technischen sehr häufig auch eine allgemein wirtschaftliche Bedeutung hat. Voraussetzung zur Aufstellung der Kurven ist andererseits naturgemäß das Vorliegen einer genügenden

Anzahl von Kontrollergebnissen, so daß das Verfahren vor allem zur Nachprüfung einer Gütevorschrift zur Verwendung kommt. In Abb. 5 ist ganz willkürlich eine Häufigkeitskurve für irgendeine Eigenschaft, die bei der Prüfung ermittelt wird, dargestellt. Wird jetzt das Prüfungssoll für diese Eigenschaft so aufgestellt, daß die Werte innerhalb des durch die Linien  $A$  und  $B$  begrenzten Intervalls liegen sollen,

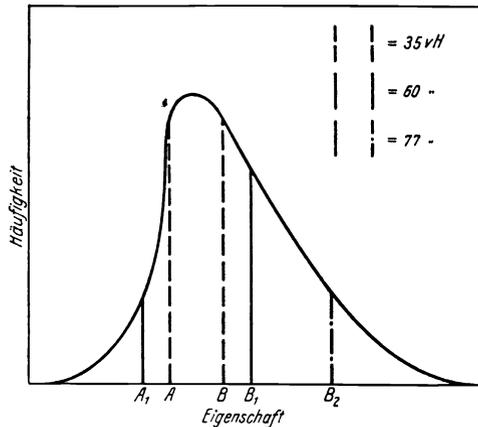


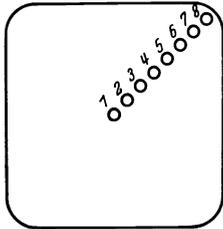
Abb. 5. Ableitung zulässiger Streuungen aus Häufigkeitskurven.

so wird zwar eine große Gleichmäßigkeit hinsichtlich dieser Eigenschaft erzielt, aber nur 35 % der erzeugten Menge sind verwendbar, 65 % sind Ausschuß. Stellt sich heraus, daß die durch diese Kurve charakterisierte Streuung naturgegeben ist, also sich durch Verbesserungen des Herstellungs- oder Verarbeitungsverfahrens nicht verringern läßt, so muß die Frage ernstlich geprüft werden, ob nicht doch vielleicht ein größeres Schwanken der Eigenschaft mit dem Verwendungszweck vereinbar ist — denn schließlich muß der Ausschuß irgendwie auch mit bezahlt werden. Eine solche Erweiterung der Zulässigkeit der Streuung des Prüfungssolls gemäß den Linien  $A_1 B_1$  bzw.  $A_1 B_2$  ergibt eine Herabsetzung des zu verwendenden Materials auf 40 bzw. 23%. Es steht außer Zweifel, daß vielfach auch noch heute — wieder meist aus einer gewissen Unsicherheit und ungenügender Durcharbeitung der Frage — solche unwirtschaftlichen, zu engen Toleranzen noch bestehen, ohne daß sie technisch ausreichend begründet sind. Besonders sinnfällig wird dies, wenn mehrere Eigenschaften ge-

prüft werden, die miteinander im Zusammenhang stehen, wo also die eine sich zwangsläufig mit der anderen verändert. Hier kann ja sogar unter Umständen auf die Vorschrift eines Prüfungssolls für die eine ganz verzichtet werden — bei solchen Überlegungen sollte man sich stets der Tatsache bewußt sein, daß auch die Werkstoffkontrolle Geld kostet, und daß wirtschaftlich zum mindesten ein Zuviel an Kontrolle ebenso verwerflich ist wie ein Zuwenig.

#### 4. Durchführung der Werkstoffprüfung.

Die gekennzeichneten Schwierigkeiten in der Aufstellung eines Prüfungssolls machen sich zum Teil, und zwar verschiedentlich sehr stark auch in der Durchführung der Prüfung bemerkbar. Es gilt dies besonders für die Fälle, wo Stichproben zur Prüfung kommen. Es ist hier häufig sehr schwierig zu entscheiden, wieweit die Stichprobe den sicheren Rückschluß auf das Vorliegen der durch das Prüfungssoll geforderten Eigenschaft in der ganzen Lieferung zur Gewißheit macht. Die naturgegebene Ungleichmäßigkeit unserer Werkstoffe läßt diesen Schluß häufig mehr oder weniger unsicher sein. Damit ergibt sich der Hinweis, daß bei der Werkstoffkontrolle auch die Probenahme ein besonderes Problem darstellt; ein einfaches Beispiel möge das erläutern. In Metallen, die ja technisch fast nie rein, sondern in Form von Legierungen verwendet werden, sind es die Seigerungen, die das Ergebnis einer Einzelprüfung selbst an einem Stück für dieses Stück unsicher machen können. In Abb. 6 ist der Querschnitt eines Stahl-



Span-Ent-nahmestellen	C %	Mn %	P %	S %
1	0,42	1,04	0,072	0,031
2	0,44	1,04	0,086	0,039
3	0,42	1,00	0,072	0,033
4	0,40	1,00	0,076	0,031
5	0,32	0,96	0,060	0,031
6	0,32	0,95	0,055	0,020
7	0,30	0,95	0,052	0,020
8	0,27	0,93	0,052	0,018

Abb. 6. Übermäßige Analysen-Differenzen an verschiedenen Stellen eines vorgewalzten Blockes.

knüppels schematisch dargestellt, dem durch Bohren an verschiedenen Stellen Proben entnommen sind, die auf chemische Zusammensetzung untersucht wurden. In diesem Fall — der allerdings ein starkes Extrem darstellt — schwankt der Kohlenstoffgehalt zwischen 0,27—0,44%, das bedeutet eine Differenzierung der Zugfestigkeit zwischen etwa 53—67 kg/mm<sup>2</sup>. Hieraus ergibt sich die bekannte Vorschrift, daß Späne für die chemische Analyse bei Werkstoffen stets über den ganzen Querschnitt genommen werden sollen.

Abb. 7 zeigt an einem Beispiel, wie stark bei einem Stahl die Festigkeitseigenschaften vom Durchwalzungsgrad abhängig sein können; insbesondere ist es die Streckgrenze, die in sehr weiten Grenzen schwankt je nachdem, wie weit der Werkstoff heruntergewalzt ist. Zu der Abb. 7 im besonderen ist allerdings zu bemerken, daß gerade der hier als Baustoff vorliegende Siliziumbaustahl zu besonders großen Schwankungen hinsichtlich der Streckgrenze in Abhängigkeit von der Vorbehandlung neigt. Diese Neigung ist bei anderen Stählen geringer. Immerhin wird sie häufig so groß sein, daß sie praktisch ins Gewicht fällt, insbesondere wenn vielleicht die Streckgrenze im ausgeglühten Zustande gerade in der Nähe des zu garantierenden Wertes liegt. Die noch häufig anzutreffende Annahme, daß Stahlstücke, die aus einer einzigen Stahlschmelze hergestellt wurden, aber bei der Verarbeitung verschiedene Abmessungen erhielten, in ihren Werten gleich sind, trifft also keineswegs zu, und dies ist bei der Probenahme für die Werkstoffkontrolle in vielen Fällen sehr bedeutsam und zu beachten.

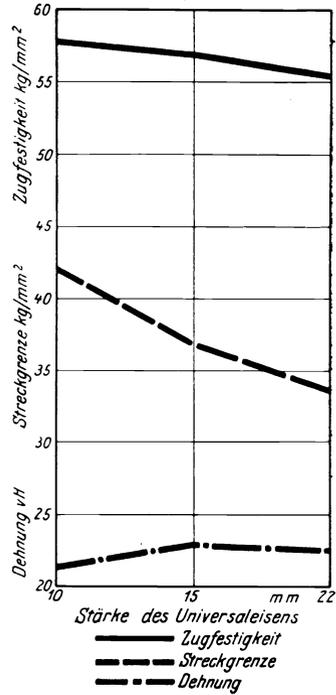


Abb. 7. Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften von gewalztem Siliziumstahl vom Walzgrad.

Mehr noch als bei der Maß- und Mengenkontrolle liegen des weiteren bei der Werkstoffkontrolle Fehlermöglichkeiten im Prüfverfahren selbst. Insbesondere die Abhängigkeit von der Person des Prüfers dürfte ungleich größer sein, da bei der Ausführung der Prüfung, sei es bei der chemischen Analyse, bei der Festigkeitsuntersuchung oder gar bei komplizierten magnetischen Untersuchungen, eine ganze Anzahl von Handgriffen, Rechnungen usw. nötig sind, die unter Umständen ihre Tücken haben. Goerens hat in Form von

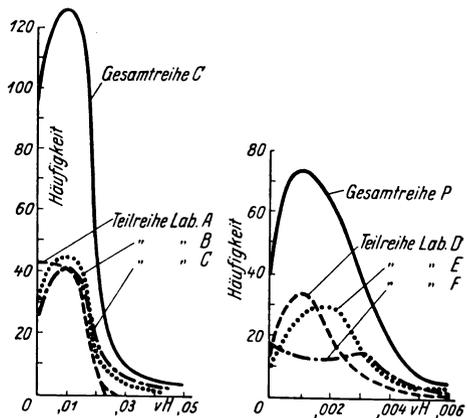


Abb. 8. Abweichungen bei Analysen nach Goerens.

Häufigkeitskurven die Abweichungen bei Analysen dargestellt. Abb. 8 gibt ein Beispiel aus seinen Untersuchungen wieder, es läßt insbesondere in der Kurve für den Phosphorgehalt deutlich erkennen, wie verschieden die einzelnen Laboranten hinsichtlich der Genauigkeit der von ihnen abgelieferten Ergebnisse arbeiten.

Weiterhin ergeben sich nicht selten gewisse Schwierigkeiten, die im Verfahren selbst begründet sind. Es ist damit sehr häufig die Übertragbarkeit des an einer Probe gewonnenen Wertes der Kontrolle auf das gesamte Material in Frage gestellt. Dies gilt vor allem für die Fälle, wo aus irgendwelchen Gründen die Probe nicht dem zu prüfenden Körper selbst entnommen, sondern besonders hergestellt wird. Es ist bekannt, wie stark bei Gußstücken die physikalischen Eigenschaften von der Abkühlungsgeschwindigkeit und damit von der Größe der betreffenden Stücke abhängig sein können. Wird also beispielsweise bei Herstellung eines Gußstückes ein Probestab besonders gegossen, so können zwischen den an ihm ermittelten Eigenschaften und denen des großen Nutzgußstückes nicht unerhebliche Unterschiede bestehen — sogar ein an das Stück angegossener Probestab kann solche nicht unerhebliche Abweichungen zeigen.

Ein interessantes Beispiel dafür, wie bei einer einzigen Prüfungsart sich Einzelfaktoren häufen können, die teilweise wenig kontrollierbar, teilweise wenig beachtet, das Ergebnis zu beeinflussen vermögen, zeigt die Streckgrenze bei Stahl. Nach den Dinormen ist die für die Abnahme verbindliche obere Streckgrenze definiert als die Spannung, bei der trotz zunehmender Formänderung die Kraftanzeige der Maschine erstmalig unverändert bleibt oder zurückgeht. Die obere Streckgrenze stellt eine Erscheinung dar, die vergleichbar ist mit der Unterkühlung von Flüssigkeiten auf Temperaturen unterhalb des Erstarrungspunktes. Die Überhöhung der oberen Streckgrenze, d. h. der Betrag der der Unterkühlung entspricht, ist nun aber beeinflußbar durch eine ganze Reihe von Faktoren. Schon Bach hat darauf hingewiesen, daß in einem Zerreißstab von rundem Querschnitt sich eine etwas höhere Streckgrenze ergibt als in einem solchen von rechteckigem Querschnitt. Weiterhin ist die Überhöhung der oberen Streckgrenze sehr stark abhängig von der Form des Überganges vom Schaft des Stabes zum Kopf, wie Abb. 9 dies erkennen läßt. Allerdings ist die Form dieses Überganges auch wieder durch Normen festgelegt, Abweichungen sind aber manchmal doch nicht zu umgehen, weshalb also auch diese Feststellung bedeutungsvoll ist. Abb. 10 läßt erkennen, wie des weiteren durch steigende Zerreißgeschwindigkeit die Streckgrenze weit erhöht werden kann. Endlich hängt auch noch die Größe der Überhöhung ab vom Gang der Zerreißmaschine. Je ruhiger, d. h. je gleichmäßiger und freier von Stößen die Maschine arbeitet, desto stärker wird die Überhöhung,

desto höher also auch die Streckgrenze gefunden. Hier sind es also eine ganze Anzahl von Fußangeln, die ausgelegt sind, um das Ergebnis möglicherweise zu fälschen.

Nur kurz erwähnt, da wohl eingehender bekannt, sei als weiteres Beispiel der Abhängigkeit des Versuchsergebnisses von besonderen

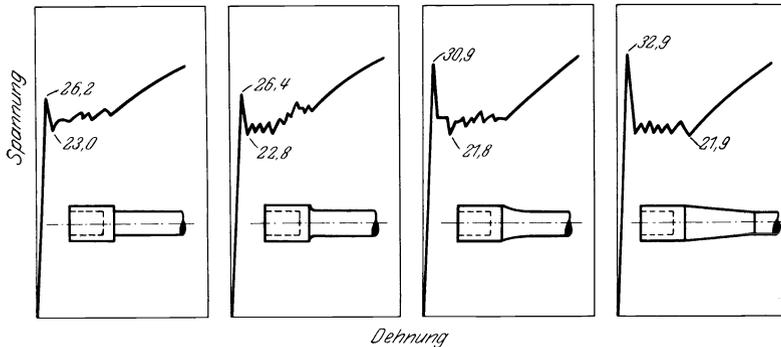


Abb. 9. Abhängigkeit der Lage der oberen Streckgrenze von der Kopfform des Zerreißstabes.

Faktoren der Einfluß der Temperatur auf das Ergebnis der Kerbschlagprobe. Bei den unlegierten weichen Stählen liegt gerade in der Gegend der Raumtemperatur ein sehr starker Abfall in der Kurve, die die Abhängigkeit der spezifischen Schlagarbeit von der Temperatur zum Ausdruck bringt: Bereits geringe Temperaturunterschiede können hier starke Streuungen der Ergebnisse herbeiführen. Daß des weiteren bei der Kerbschlagprobe bei Ausführung mit verschiedenen Probeformen das Ähnlichkeitsgesetz nicht gilt, sei auch nur kurz erwähnt.

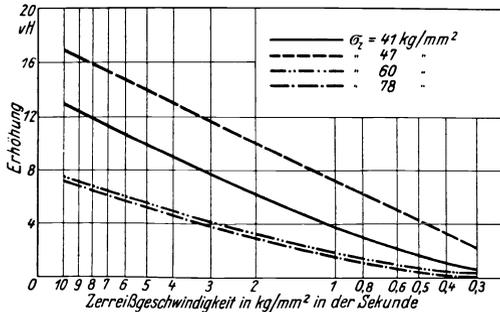


Abb. 10. Abhängigkeit der Streckgrenze von der Zerreißgeschwindigkeit.

Zweck dieser Hervorhebung der Schwierigkeiten ist besonders ein Punkt, der später noch zu besprechen ist, aber immerhin hier doch schon erwähnt sei: Die Werkstoffprüfung ist ein Arbeitsgebiet, das niemals als eine mehr oder weniger schematische Tätigkeit aufgefaßt werden kann, so schematisch auch manche der Kontrollmethoden aussehen mögen. Werkstoffprüfung und Werkstoffkontrolle ist ein brauchbares Werkzeug nur in der Hand bzw. unter Leitung eines Mannes, der die Werkstoffkunde und die Werkstoffprüfung eingehend zum Gegenstand seines Studiums gemacht

hat und sich über die Entwicklung und die Fortschritte weitgehend auf dem Laufenden hält.

Im Anschluß hieran noch ein Wort zur Frage der Möglichkeit einer selbsttätigen Kontrolle unter Ausschaltung der persönlichen Einflüsse eines die Kontrolle ausführenden Menschen. Gewiß sind einzelne ausgezeichnete Apparaturen ausgebildet, die selbsttätig in Schreibapparaten bestimmte Werkstoffkontrollen auf Sondergebieten ausführen und deren Ergebnisse anzeigen, insbesondere gilt dies für die Gasanalyse. Darüber hinaus sind jedoch solche Apparaturen kaum ausgebildet worden, und es dürfte dies im Gegensatz zu den Verfahren bei anderen Kontrollmaßnahmen auch stets schwierig bleiben.

## 5. Verfahren zur Kontrolle der Werkstoffe.

Betrachtet man die wesentlichen Verfahren, die zur Kontrolle der Werkstoffe grundsätzlich zur Verfügung stehen, so kann kurz folgendes gesagt werden.

Die chemische Analyse liefert zwar bei der Prüfung ziffernmäßig scharf umrissene Werte (Einschränkung siehe Abb. 6 u. 8), es läßt sich also ein „Gütesoll“ hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung ziffernmäßig mit verhältnismäßig engen Toleranzen festsetzen und nachprüfen — zu bedenken ist aber bei ihrer Benutzung als Prüfungssoll stets, daß die chemische Analyse nur eine sehr mittelbare Prüfmethode darstellt. Die Zusammenhänge zwischen chemischer Zusammensetzung und beispielsweise Festigkeitseigenschaften sind bei den metallischen Werkstoffen in vielen Fällen durchaus nicht so eindeutig und fest umrissen, wie dies nur allzu oft noch angenommen wird; weiterhin können unkontrollierbare Einflüsse der Herstellung Schwankungen in den physikalischen Eigenschaften herbeiführen, die durch die chemische Analyse keineswegs erfaßt werden. Abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen sollte es Ziel der wissenschaftlichen Werkstoffprüfung sein, die chemische Analyse als Prüfungssoll immermehr abzuschaffen, eben wegen ihres allzu mittelbaren Charakters. Überall da, wo Festigkeitsbeanspruchungen irgendwelcher Art in der Praxis vorliegen, stehen uns in den meisten Fällen gut durchgebildete — wenn auch häufig immer noch mittelbare — Methoden der Festigkeitsprüfung zur Verfügung. Ähnlich oder vielleicht noch günstiger liegen die Verhältnisse bei der magnetischen und elektrischen Prüfung, bei der die Prüfverfahren — es sei erinnert an die Widerstandsmessung — bereits als unmittelbare Verfahren anzusprechen sind.

Die sogenannten technologischen Prüfverfahren — z. B. Schmieprobe u. dgl. — haben zwar den großen Vorteil, daß sie vielfach der tatsächlichen Betriebsbeanspruchung verhältnismäßig weitgehend ent-

sprechen, dagegen läßt sich bei ihnen ein Prüfungssoll nur recht schwer aufstellen, es wird meist nur einen qualitativen Charakter haben.

In diesem Zusammenhang ist es unerläßlich, auch einige Ausführungen über die Gefügeuntersuchung zu bringen. Es braucht nicht darauf hingewiesen zu werden, welchen außerordentlichen Aufschwung die makroskopische und mikroskopische Gefügeuntersuchung, insbesondere bei Stahl, in den letzten Jahrzehnten genommen hat und ein wie bedeutungsvolles Hilfsmittel die Gefügeuntersuchung für Metallhersteller und Metallverbraucher geworden ist. Es hat auch nicht an Versuchen gefehlt, die Gefügeuntersuchung für die unmittelbare Werkstoffkontrolle vorzuschlagen, Versuche, die aber bis jetzt wohl immer gescheitert sind. Denkbar wäre, die makroskopische Prüfung — allerdings auch mehr als eine qualitative Probe — zu Untersuchungen von Stahl beispielsweise auf Seigerungen für die Werkstoffkontrolle anzuwenden, Schwierigkeiten macht hier wieder die Aufstellung des Prüfungssolls, da eine ziffernmäßige Feststellung wohl kaum möglich ist und man im besten Falle mit Vergleichsproben arbeiten könnte. Unerläßlich bleibt aber die Gefügeuntersuchung als Verfahren in Händen einer Materialkontrollstelle als Mittel zur Aufklärung von Fehlern, von Beanstandungen. Da die Materialkontrolle, wie immer wieder betont sei, ihren Endzweck nicht nur in einer Entscheidung zwischen „brauchbar“ und „nicht brauchbar“ finden soll, sondern auch dem Grund für die Nichtbrauchbarkeit nachgehen sollte, sei an einem Beispiel erläutert, wie gerade hier die Gefügeuntersuchung in den Dienst der Materialkontrolle gestellt wird. Aus Rundstangen weichen Stahles wurden Schrauben in der Weise hergestellt, daß an Abschnitte aus der Rundstange auf kaltem Wege Köpfe angestaucht wurden, anschließend fand eine schwache Glühung des Werkstoffes statt. Dabei trat eines Tages in einem Werk ein sehr übler Mißerfolg auf: Die so hergestellten Schrauben zeigten eine ganz ausgesprochene Neigung, im Schaft kurz unterhalb des Kopfes abzubrechen. Der Werkstoff der verwendeten Stangen war ordnungsmäßig geprüft und nach chemischer Zusammensetzung, nach Festigkeitseigenschaften usw. als brauchbar befunden worden. Auch eine Prüfung auf Seigerungen ließ Beanstandungen nicht zu, ferner war das Ausgangsmaterial auch feinkörnig und zeigte nicht den für Brüche und Sprödigkeit häufig verantwortlich zu machenden groben Kristallaufbau. Dagegen ließ die Gefügeuntersuchung in den fertigen Schrauben einen sehr groben kristallinen Aufbau, und zwar nur im Schaftteil erkennen. Diese grobkörnige Ausbildung mußte also während des Herstellungsganges eingetreten sein. Es konnte auf Grund rein wissenschaftlicher Erwägungen der gemachte Fehler der Werkstatt auch angegeben werden. Es war nämlich für das Schlagen der Köpfe ein Ge-

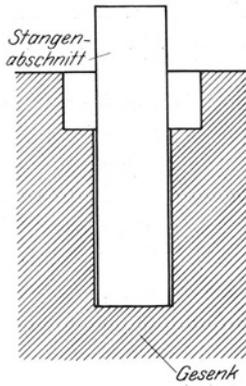


Abb. 11 a.

senk zu Verwendung gekommen, bei dem der Teil, der während des Stauchens den Schaftteil der Probe aufnahm, einen merklich größeren Innendurchmesser hatte, als dem Außendurchmesser des Rundstahles entsprach, was normalerweise nicht der Fall ist. Infolgedessen war beim Stauchen des Kopfes auch der Schaft gestaucht worden, und zwar um einen Betrag von einigen Prozent. Nun ergibt aber die Stauchung eines weichen Stahles um wenige bis herauf zu etwa 10% bei anschließender schwacher Glühung sehr schnell ein außerordentlich grobes Korn — es handelt sich um die sogenannte kritische Stauchung und kritische Glühung. Abb. 11

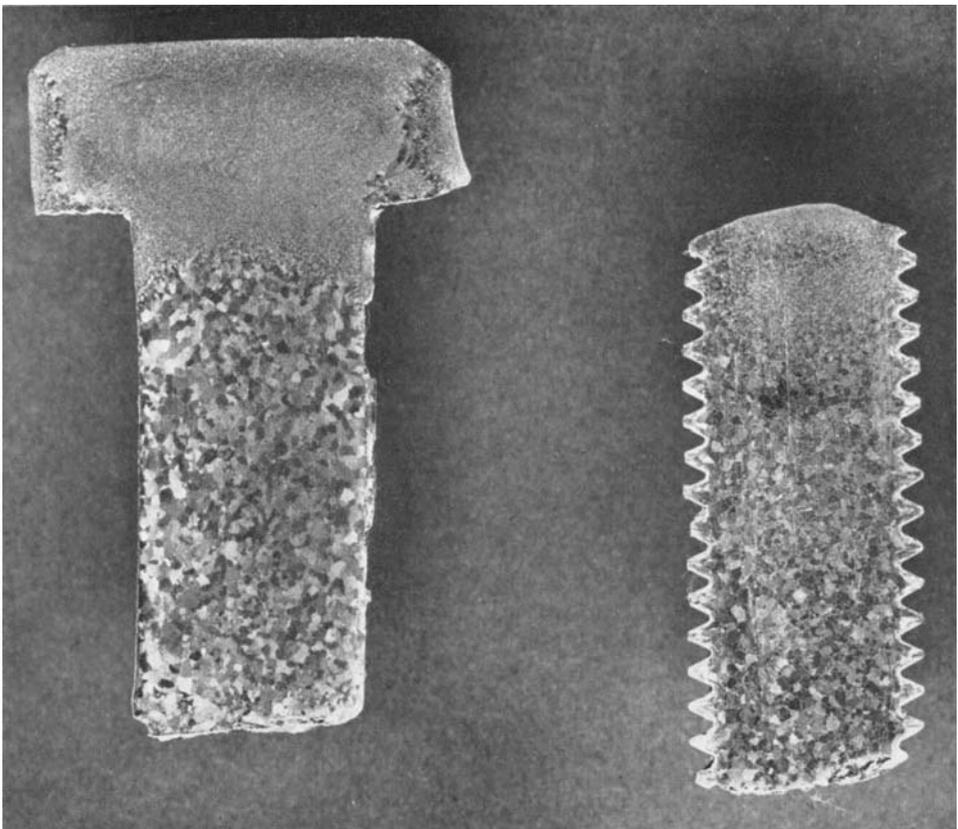


Abb. 11 b.  
Kritisches Kornwachstum durch ungünstige Verarbeitung.

gibt die Verhältnisse wieder, in Abb. 11 b kommen die Gefügebilder zur Darstellung, in Abb. 11 a sind die Verhältnisse beim Stauchen im Gesenkschematisch dargestellt. Hier konnte also die Werkstoffkontrolle lediglich durch das Mittel der Gefügeuntersuchung eine Klarheit für einen wichtigen Fall des Versagens bringen, bei dem die Verarbeitung selbst die Schuld trug.

## 6. Organisation der Werkstoffkontrolle.

Die vorstehenden Ausführungen lassen erkennen, daß die Organisation der Werkstoffkontrolle eine sehr bedeutsame Aufgabe darstellt. Richtlinien für eine Organisation der Werkstoffkontrolle zu geben, ist außerordentlich schwierig — insbesondere deshalb, weil bei der Verschiedenartigkeit nicht nur der Größe, sondern auch der Art der Betriebe die Verhältnisse so vielseitig und wechselnd sind, daß man fast für jeden Einzelfall die Organisation besonders ausbilden muß. Es wird sogar meist nötig sein, daß mit gewissen Änderungen im Betriebe oder der Gesamtorganisation auch die Organisation der Werkstoffkontrolle sich ändert, und ihnen angepaßt werden muß. Immerhin ist es möglich, doch gewisse allgemeine Sätze zum mindesten zur Erörterung zu stellen, wobei naturgemäß diese Richtlinien zum Teil durch die rein persönlichen Erfahrungen und die persönlichen engeren Arbeitsgebiete des Verfassers beeinflußt sein können.

Zweckmäßig dürfte es auf jeden Fall sein, wenn das Werk selbst die Materialkontrolle ausführt, also eine eigene Materialkontrollstelle unterhält. Es könnte dagegen eingewandt werden, daß kleinere Werke, insbesondere bei Verwendung nur eines oder einiger weniger Werkstoffe eine Materialkontrollstelle nicht voll ausnützen, nicht voll beschäftigen können. Gewiß ist dieser Einwand bemerkenswert, da ja unbedingt die Bedeutung einer Kontrollstelle auch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus zu betrachten ist. Es ist nun von Interesse, daß vor einiger Zeit Bestrebungen bekannt wurden, wonach eine Anzahl kleinerer Fabriken einer verarbeitenden Industrie eines Bezirkes die Absicht hatte, sich für die Zwecke der Materialprüfung zusammenzuschließen und gemeinsam ein Laboratorium einzurichten, welches für diese Werke zusammen die Werkstoffkontrolle übernehmen und von ihnen gemeinsam unterhalten werden sollte. Diese Überlegungen dürften außerordentlich wichtig sein, und es wäre zweifellos zu wünschen, daß diese Entwicklung weitergeht und gefördert wird. Durch die Einrichtung eigener Kontrollstellen wird im übrigen die Tätigkeit neutraler, insbesondere amtlicher Stellen durchaus nicht überflüssig, da ja bei allen diesen behandelten Fragen Unterschiede zwischen den Befunden der Lieferer und denen der Empfänger der Werkstoffe auftauchen können,

und für diese Fälle ist die Tätigkeit neutraler Stellen als Schiedsinstanzen von größter Bedeutung.

Eine andere Richtlinie dürfte auf jeden Fall unwidersprochen bleiben: Die Werkstoffkontrolle ist im Gesamtbetrieb so einzuschalten und so zu organisieren, daß sie in jeder Beziehung von all den Betrieben und Abteilungen, mit denen und für die sie zu arbeiten hat, unabhängig ist. Die Werkstoffkontrolle bzw. der Leiter dieser Abteilung muß unbedingt unmittelbar unterstellt sein dem Vorstand, der Direktion oder wie immer die oberste Leitung des Werkes oder gar des Konzerns heißen möge. Auf diese Weise muß die Möglichkeit einer jeden auch ungewollten Beeinflussung der Werkstoffkontrolle unbedingt vermieden werden.

Die nächste Forderung ergibt sich in gewisser Weise aus der vorhergehenden, daß nämlich die Werkstoffkontrolle auf einem Werk nach Möglichkeit zentralisiert werden sollte, daß nicht den Einzelbetrieben kleine Laboratorien und Prüfstellen angegliedert werden, die nur wenig oder gar keinen Zusammenhang miteinander haben. Damit ist natürlich nicht gesagt, daß die gesamte Werkstoffkontrolle in einem Gebäude vereinigt sein muß, es wird nötig sein, gegebenenfalls Kontrollen auch in Einzelbetrieben an Ort und Stelle auszuüben; diese Kontrollstellen sollten dann aber wieder der Zentralleitung der gesamten Werkstoffkontrolle unterstehen. Eine Ausnahme wäre hier nur in dem Sinne zulässig, daß in einem Betriebe an irgendeiner Stelle in der Weiterverarbeitung eine Zwischenkontrolle eingeschaltet werden kann, die aber lediglich zur Selbstkontrolle des betreffenden Betriebes dient.

Aus der Forderung der Selbständigkeit und der Einheit der Werkstoffkontrollstelle ergeben sich weiterhin bestimmte Einzelforderungen. So sollte, um nur ein Beispiel anzuführen, die Entnahme der Proben zur Untersuchung immer durch Vertreter der Werkstoffkontrollstelle geschehen, soweit dem nicht betriebliche Unmöglichkeiten entgegenstehen. Eine solche Ausnahme ist beispielsweise die Überwachung der Schmelzen in einem Stahlwerk. Hier muß naturgemäß die Entnahme der Stahlprobe aus dem Ofen oder aus der Gießpfanne durch einen Arbeiter des Stahlwerks geschehen. Bei allen angelieferten Werkstoffen, bei allen Zwischen- und Fertigerzeugnissen aber, bei denen solche betrieblichen Sonderfälle nicht vorliegen, sollte der Grundsatz der Probeentnahme durch die Kontrollstelle selbst unbedingt gelten.

Nicht unnötig ist es, auch noch darauf hinzuweisen, daß vielfach der Kreis der zu prüfenden Stoffe häufig noch zu eng gezogen wird. Wie weitgehend in manchen Industrien die Werkstoffkontrolle ausgebaut ist, läßt mit Deutlichkeit die Abb. 12 erkennen, die lediglich die Anzahl der chemischen Untersuchungen wiedergibt, die auf einem modernen deutschen Hüttenwerk bei der Gewinnung des Roheisens aus

dem Erz und der Herstellung von Fertigstahl aus Roheisen vorgenommen werden. Die Tafel nennt die einzelnen Betriebsabteilungen und gibt jeweils an, welche Stoffe kontrolliert werden und wieviel Kontrollproben, in diesem Falle chemische Analysen, im Laufe eines Monats an dem betreffenden Werkstoff ausgeführt werden.

Betriebsabteilung	Erzeugung t/Monat	Zahl der chem.-analyt. Bestimmungen an			Summe der chemisch-analytischen Bestimmungen
		Rohstoffen	Fertig-Erzeugnissen	Neben- und Zwischen-Erzeugnissen	
Hochofen	64 000 Roheisen	Erz 280 Koks 80	Roheisen 1 150	Schlacke 200 Gichtgas 400 Gichtstaub 100	2 210
Thomasstahlwerk	52 000 Stahl	Mischereisen 2 100 Zuschläge 200	Stahl 8 500	Schlacke 1 100	11 900
Siemens-Martin-Stahlwerk	18 000 Stahl	Roheisen 80 Zuschläge 50 Gas 500	Stahl 3 200	Schlacke 60	3 890
Walzwerk Schmiede- Preß-Werk Stahlform- gießerei	58 000 Walzstahl 1 000 Schmiede- stahl 500 Stahlguß		6 100		6 100
Gesamtsumme der monatlich ausgeführten chemisch-analytischen Bestimmungen .....					24 100

Abb. 12. Zahl der chemisch-analytischen Bestimmungen zur Werkstoffkontrolle in einem Hüttenwerk.

Aufklärung des Betriebspersonals über Wert und Bedeutung der Werkstoffkontrolle hinsichtlich aller einzelnen Möglichkeiten muß hier häufig noch Abhilfe schaffen. Eine besonders erfolgreiche Methode nach dieser Richtung wird in der Versuchsanstalt und damit der Werkstoffkontrolle der Dortmunder Union verfolgt. Hier gibt die Versuchsanstalt monatlich an sämtliche Betriebsabteilungen, auch an die, für die sie kaum eine Tätigkeit ausübte, einen knappen Bericht über die Arbeiten heraus. Außerdem findet in Zwischenräumen von etwa 14 Tagen eine Zusammenkunft aller Betriebsingenieure statt, auf der in

erster Linie von den Mitarbeitern der Versuchsanstalt Referate über ihren Tätigkeitsbereich erstattet werden. Damit werden bereits wichtige Beziehungen zwischen Werkstoffkontrolle und anderen Betriebsabteilungen berührt, auf die weiter unten näher eingegangen ist.

Eine wichtige Richtlinie bezüglich der Organisation der Werkstoffkontrolle ergibt sich noch aus der Unmöglichkeit, den persönlichen Einfluß des Ausführenden bei den einzelnen Untersuchungen der Werkstoffkontrolle auszuschalten. Dies bedingt vielfach, daß die Werkstoffkontrolle auch eine scharfe Selbstkontrolle organisieren muß. Je wichtiger die einzelne Untersuchung hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Auswirkungen ist, desto wichtiger ist auch diese Selbstkontrolle. Ein Beispiel dafür sei aus dem Stahlwerksbetrieb entnommen. In einem modernen Stahlwerk werden dem Stahl beim Guß der Blöcke Proben entnommen zum Zwecke der Werkstoffkontrolle durch chemische Analyse. Die Blöcke gelangen — zum mindesten soweit es sich um Thomasstahl handelt — vom Stahlwerk unmittelbar ins Walzwerk, wo sie nach etwa einer Stunde ausgewalzt werden. In der Zwischenzeit wird im Laboratorium die chemische Analyse ausgeführt, die erkennen läßt, ob die Zusammensetzung des Stahles sich wirklich für den beabsichtigten Zweck eignet. Selbstverständlich kommen Fälle vor, wo die Zusammensetzung nicht die geeignete ist — es ist dann aber meist möglich, die betreffende Schmelze für einen andern Zweck zu verwenden. Das bedingt aber wiederum gewöhnlich, daß die Blöcke im Walzwerk auf ein anderes Profil ausgewalzt werden. Hier liegt zunächst ein typischer Fall vor für die Wichtigkeit einer schnellen Ausführung der Werkstoffkontrolle. Zugleich tritt hier aber zur Notwendigkeit der „Fixigkeit“ auch die der absoluten „Richtigkeit“, um zu verhindern, daß das Material auf das ungeeignete Profil ausgewalzt wird, was naturgemäß einen erheblichen wirtschaftlichen Verlust ausmacht. In den sogenannten Schnellanalysen der Laboratorien unserer großen Stahlwerke werden daher diese Analysen meist von vornherein doppelt ausgeführt von zwei verschiedenen Laboranten, wobei es vielfach noch notwendig ist, durch besondere Maßnahmen eine Verständigung oder gegenseitige Beeinflussung der beiden ausführenden Laboranten zu verhindern.

In die Frage der Organisation hinein gehört endlich aber folgende Überlegung: Die Werkstoffkontrolle würde ihren Zweck nur unvollkommen erfüllen, wenn sie sich darauf beschränkte, in dem bisher gekennzeichneten Sinne die Eignung bzw. Güte der untersuchten Werkstoffe zu ermitteln. Darüber hinaus sollte jede Werkstoffkontrolle stets auch eine Auswertung ihrer laufenden Arbeiten vornehmen mit dem Ziele, Mängel in den Erzeugnissen und damit Mängel in den Betrieben zu beheben, Fortschritte herbeizuführen, ferner die Zweckmäßigkeit und

Richtigkeit der aufgestellten Forderungen des „Gütesolls“ dauernd zu kontrollieren. Es sollte beispielsweise in bestimmten zeitlichen Intervallen festgestellt werden, welcher Fehler am häufigsten auftritt und weiterhin, worauf dieses häufige Auftreten zurückzuführen ist. In der Darstellung über die Eigenschaften einer Reihe von Schmelzen von Siliziumstahl in Abb. 4 zeigte sich ganz klar, daß Ausfälle praktisch eigentlich nur wegen Nichterreichens der Streckgrenze vorlagen. Es wäre verfehlt, wenn die Kontrollstelle in diesem Falle ihre Aufgabe darin erschöpft gesehen hätte, festzustellen, daß eine gewisse Anzahl von Schmelzen den Bedingungen nicht genügten: Hier mußte sie auf eine Abänderung des Prüfungsolls drängen.

Die Tätigkeit der Werkstoffkontrolle gerade nach dieser Richtung ist dahin zu charakterisieren, daß sie nicht Polizei- oder Anklagebehörde, sondern Helfer des Betriebes sein soll. Man könnte vielleicht auch sagen, daß die Werkstoffkontrollstelle hier und da berufen ist, Erziehungsarbeit zu leisten, das insbesondere, wenn man an die Zusammenarbeit zwischen ihr und dem Konstruktionsbüro denkt. Gerade diesem muß und kann die Werkstoffkontrolle auch bereits rein auf Grund ihrer Erfahrungssammlung wertvolle Unterstützung und Hilfe sein — es handelt sich nur darum, die Beziehungen so eng auszugestalten, daß diese Auswirkung eintreten kann.

Wie vielfach und eng bei richtiger Organisation die Beziehungen zwischen Werkstoffkontrollstelle — hier Versuchsanstalt oder Laboratorium genannt — sich ausgestalten, soll andeutungsweise die Abb.13 zum Ausdruck bringen, die aber naturgemäß nur gewissermaßen einen Sonderfall oder Sonderverhältnisse aus dem allgemeineren Beispiel auf S.197 zur Darstellung bringt. Immerhin soll danach grundsätzlich die Werkstoffkontrolle

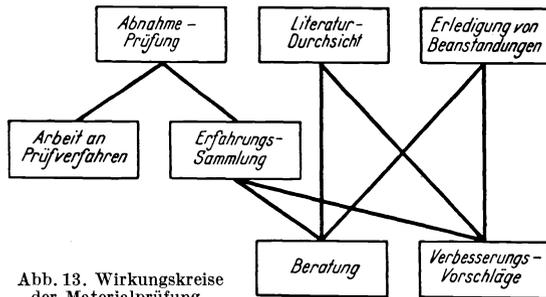


Abb. 13. Wirkungskreise der Materialprüfung.

durch laufende Literaturüberwachung, durch Erfahrungssammlung auf Grund der einzelnen Prüfungen und durch die Erledigung von Beanstandungen zu einer Stelle werden, die dem Betrieb auch beratend und vorschlagend zur Seite steht. Zu begrüßen ist darüber hinaus, wenn die Stelle auch noch im Interesse der großen Allgemeinheit Zeit findet, an der Entwicklung von Prüfverfahren, an der Entwicklung der Werkstoffkontrolle als solcher mitzuarbeiten.

Es ist unmöglich, gerade für die Zusammenarbeit der Werkstoff-

kontrolle mit den Einzelbetrieben, mit dem Einkauf, dem Konstruktionsbüro, dem Lager und dem Verkauf usw. einzelne genaue Richtlinien aufzustellen: Es kann nur die Forderung erhoben werden, daß die Beziehungen so eng wie möglich und — wie auch gesagt sein mag — so freundlich wie möglich sein sollen. In erster Linie wird die Erfüllung dieser Forderung von der Person des Leiters der Werkstoffkontrolle abhängen, und das betrifft eine Seite, die hier zwar nur kurz gestreift wird, die aber vielleicht die wichtigste in der ganzen Organisationsfrage ist: Das ist die Persönlichkeit des Leiters der Werkstoffkontrolle. Hierher gehört ein Mann, der nicht nur, wie schon oben erwähnt wurde, über umfassende Kenntnis seines engeren Arbeitsgebietes verfügt, er muß darüber hinaus auch mit den Betriebsverhältnissen, mit den Arbeitsgängen der Werkstoffherzeugung und Bearbeitung vertraut sein oder sich damit vertraut machen; und er muß weiterhin eine Persönlichkeit sein, die einmal sich durchzusetzen vermag, zum andern aber auch die Fähigkeit hat, all die Beziehungen anzubahnen und auszubauen, die hier nur kurz gestreift werden konnten. Nach einer Richtung läßt sich dabei aber organisatorisch noch eine Forderung aufstellen: Die Werksleitung sollte diesen Leiter von allem Kleinkram entlasten, der seine Arbeitskraft verzehrt, und ihn hindert, den großen Aufgaben gerecht zu werden, die er zu erfüllen hat. Solche Entlastung von Kleinarbeit kann insbesondere auch in der Werkstoffkontrolle — wie überall — sehr weitgehend durch Anwendung von Vordrucken, Karteien usw. und nicht zum letzten durch Gestellung entsprechender Hilfskräfte durchgeführt werden.

## **7. Wirtschaftlichkeit der Werkstoffkontrolle.**

Bei Aufstellung all der Forderungen, die aus dem oben Dargelegten sich für die Ausgestaltung und Organisation der Werkstoffkontrolle ergeben, wird sicher die Frage auftauchen: Wird auch der entsprechende Nutzeffekt all der Aufwendungen, die hier gefordert werden, eintreten, mit andern Worten, wird eine Werkstoffkontrolle in diesen Ausmaßen auch wirtschaftlich sein? Es muß offen ausgesprochen werden, daß eine Berechnung des Nutzens und damit der Wirtschaftlichkeit der Werkstoffkontrolle auf Mark und Pfennig, also eine Bilanz, fast immer unmöglich sein wird. Es ist aber wohl nicht anzunehmen, daß unsere großen deutschen Hüttenwerke, unsere Maschinenfabriken und die Werke der chemischen Industrie, die deutsche Reichsbahn und andere Großverbraucher sich ihre umfangreichen Werkstoffprüforganisationen geschaffen und stetig weiter ausgebildet hätten, wenn die Wirtschaftlichkeit dieser Stellen sich nicht im Laufe der Zeit immer stärker gezeigt hätte. Immerhin sei versucht, auch an einigen Beispielen Unterlagen für die Wirtschaftlichkeit beizubringen.

Der Guß eines großen Schmiedeblocks, das Ausschmieden zu einer Kurbelwelle o. dgl., und die Bearbeitung des Stückes ergeben einen Kostenbetrag, der in die Tausende geht. Von diesem Betrag entfällt ein sehr großer Teil auf das Schmieden und die Fertigbearbeitung. Wenn infolge einer ungenügenden Werkstoffkontrolle sich erst am Ende des ganzen Arbeitsprozesses bei Abgabe an den Besteller ergibt, daß der Werkstoff den Anforderungen nicht genügt, so sind Tausende von Mark ausgegeben worden, die hätten gespart werden können, wenn bereits beim Guß des Blockes oder spätestens vor Einsetzen seiner Verarbeitung die richtig eingeschaltete Werkstoffkontrolle die ungeeignete Zusammensetzung hätte erkennen lassen. Der Schaden, der in einem solchen Fall entsteht, macht eine Summe aus, die die Ausgaben für die gesamte Werkstoffkontrolle unter Umständen auf Wochen und länger decken würde. Damit aber nicht genug, kann eine solche Fehllieferung noch weitergehende wirtschaftliche Nachteile haben: es muß ein neues Stück hergestellt werden, was Zeit beansprucht; der Liefertermin kann nicht eingehalten werden, und man hat mit Unzufriedenheit, gegebenenfalls mit Verlust des Kunden zu rechnen. Die Tätigkeit und die Stellung der Materialkontrollstelle ist nach dieser Richtung sehr weitgehend vergleichbar mit einer Versicherung: Der laufende Unterhalt der Kontrollstelle entspricht einer Prämienzahlung, die zweifellos eine Belastung des Werkes darstellt — die rechtzeitige Erfassung aber eines einzigen sehr ins Gewicht fallenden Fehlers kann so bedeutsam sein, daß die „Prämienzahlung“ für einen großen Zeitraum damit wett gemacht ist.

Gegen dieses Beispiel könnte vielleicht angeführt werden, daß die Verhältnisse, die für einen großen Schmiedeblock zutreffen, nicht übertragen werden können auf die Fabrikation kleiner Stücke im Apparatebau u. dgl. An einem anderen Beispiel sei der Nachweis versucht, daß sogar an der Untersuchung von Material, das nur als Hilfsstoff in Frage kommt, sich ebenfalls die Wirtschaftlichkeit der Werkstoffprüfung deutlich nachweisen läßt. Abb. 14 gibt eine Aufstellung, aus

	Verfahren:	Thomas-	Schrott- Roh- eisen-	Roh- eisen- Erz-	Talbot-	Well- mann-	Sie- mens- Martin-	Duplex-
1	Gesamt-Gestehungskosten RM.	56,82	67,70	62,29	64,84	67,82	70,25	70,20
2	Umwandlungskosten RM./t Schrott-Roheisen	8,01	14,32	12,50	14,85	18,90	20,08	25,08
3	Feuerfester Baustoff RM./t Stahl . . . . .	1,05	1,76	2,61	1,40	2,45	2,52	2,85
4	Kostenanteil feuerfester Baustoffe an 1 in % .	1,85	2,60	4,18	2,16	3,61	3,58	4,05
5	Kostenanteil feuerfester Baustoffe an 2 in % .	13,10	12,30	20,88	9,42	12,96	12,54	11,36

Abb. 14. Prozentualer Anteil der Kosten für feuerfesten Werkstoff an Gesamt-Gestehungs- und Umwandlungskosten.

der sich der Kostenanteil des feuerfesten Baustoffes an den sogenannten Umwandlungskosten des Roheisens in Stahl bei den verschiedenen Stahlherstellungsverfahren ergibt, dieser Kostenanteil schwankt zwischen rund 9 und 21 %, er beträgt im Mittel 13 %. Es liegt auf der Hand, daß die durch eine Werkstoffkontrolle mögliche Verhinderung des Einbaues weniger guten feuerfesten Materials sich in eine Ermäßigung dieses Kostenanteils auswirken muß.

Illgen hat den Versuch gemacht, für einen angenommenen aber durchaus möglichen Fall einmal eine Rechnung darüber auszuführen. Er nimmt ein Stahlwerk an, das im Jahre 300 000 t Stahl herstellt; der Verbrauch an feuerfestem Material dafür beträgt etwa 7500 t, die rund 450 000 RM. kosten. Wird der Steinverbrauch um nur 2 kg je Tonne Stahl, d. h. um 8 %, herabgesetzt, so ergibt das eine geldliche Ersparnis von 36 000 RM. Wird für die Prüfung der feuerfesten Stoffe im Jahre 18 000 RM. aufgewandt — und damit läßt sich viel Kontrollarbeit leisten —, so betragen diese Kosten nur die Hälfte dessen, was eben durch die Tätigkeit einer Prüfstelle herausgewirtschaftet werden könnte.

Das Plus der Werkstoffkontrolle ist andererseits um so größer zu veranschlagen, je stärker auch die weitergehenden Aufgaben betont werden, von denen bereits gesprochen wurde.

Abb. 15 gibt ein Spiegelbild der Auswirkung der reinen Werkstoffkontrolle: Es handelt sich um die Zusammenstellung des Ergebnisses

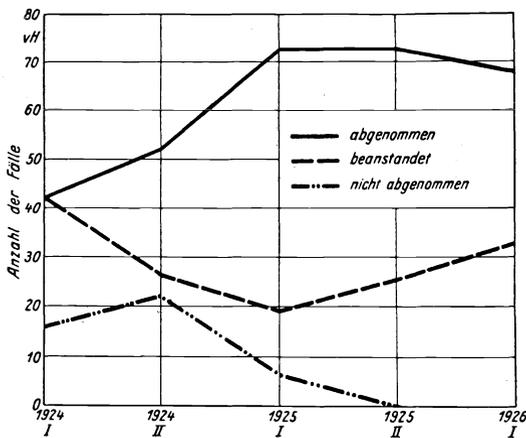


Abb. 15. Ergebnisse von Metallabnahmen.

der Werkstoffkontrolle von Metallegierungen, insbesondere Lagermetallen und Lötlegierungen, die in einem großen Hüttenwerk zum Verbrauch kamen. Beginnend mit dem Jahre 1924 wurde eine Abnahmeuntersuchung der eingehenden Metallegierungen durch die Versuchsanstalt eingeführt. Das Urteil der Versuchsanstalt bei einer solchen Metallabnahme kann nach drei verschiedenen Richtungen lauten:

a) Die Lieferung wird als den Bedingungen voll entsprechend abgenommen.

b) Es wird zwar abgenommen, jedoch wird der Lieferer auf kleine

Fehler hingewiesen, die an sich die Brauchbarkeit nicht ernstlich in Frage stellen, aber vermieden werden sollten („Beanstandung“).

c) Das Material wird verworfen und zur Verfügung gestellt.

In der Abb. 15 sind die prozentualen Anteile dieser drei Arten von Ergebnissen an den gesamten Lieferungen für je  $\frac{1}{2}$  Jahr zusammengestellt. Danach mußte im ersten halben Jahre der Wirksamkeit ein nicht unerheblicher Teil der Lieferungen überhaupt verworfen werden; ein ziemlich großer weiterer Teil wurde nur unter Beanstandung abgenommen. Es ist nun deutlich zu sehen, wie im Verlauf von etwa

einem Jahre die Verhältnisse sich dahin änderten, daß gänzlich zu verworfene Lieferungen überhaupt nicht mehr vorkamen und die Zahl der glatt abzunehmenden beträchtlich stieg, ein Zustand, der dann ziemlich konstant blieb. Ebenso deutlich wird, daß ohne die Abnahme nicht unerhebliche Mengen minderwertiges Material in die Betriebe eingegangen waren. (Der kleine Anstieg der „beanstandeten“ Lieferungen im zweiten Halbjahr 1925 und im ersten Halbjahr 1926 dürfte auf Zufälligkeiten beruhen.)

Selbst wenn angenommen wird, daß in den ersten Anfängen auch einige Verwerfungen vielleicht deshalb erfolgten, weil die Vorschriften, das Gütesoll, hin und wieder zu scharf gefaßt wurden, so

ergibt sich in dieser Entwicklung doch mit aller Deutlichkeit eine Abriegelung der Verwendung unbrauchbaren Materials und eine „Erziehung“ der Lieferer.

Wie eine Werkstoffkontrolle der eigenen Erzeugnisse und zugleich die Feststellung der Fehler, die bei Verbrauchern gemacht wurden, sich

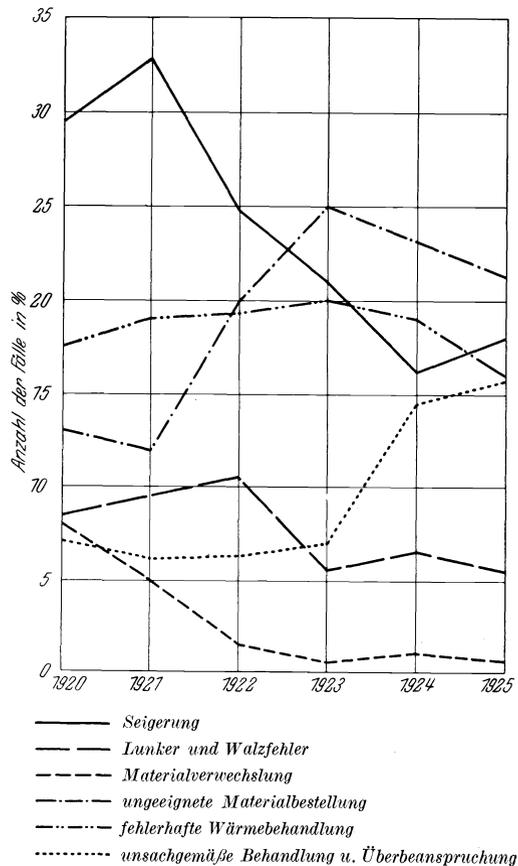


Abb. 16. Gründe für Mißerfolge in der Verarbeitung und Verwendung von Stahl bei Verbrauchern.

auswirken können, zeigt die nächste Abb. 16. Ihr liegen zugrunde allerdings nicht Ergebnisse der laufenden Kontrolle, sondern die von der Untersuchung von Beanstandungen. Der Ausbau der Kontrollmaßnahmen in dem hier dargestellten Zeitverlauf von fünf Jahren hat zur Folge gehabt, daß die Anzahl der Beanstandungen auf Grund von Fehlern des Hüttenwerkes (Seigerungen, Lunker usw., Materialverwechslung) eine im ganzen genommen deutlich fallende Tendenz zeigen. Ein besonders typisches Beispiel für die Auswirkung der Kontrollmaßnahmen auf die Gesamtgüte des Erzeugnisses zeigt endlich

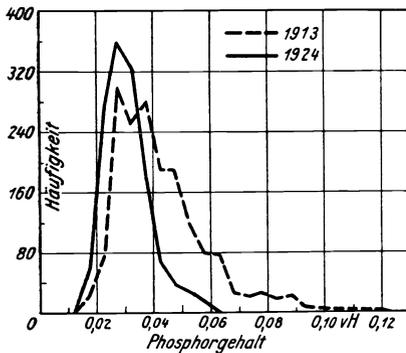


Abb. 17. Streuung des Phosphorgehaltes in der Stahlerzeugung 1913 und 1924.

Abb. 17, es stellt dar die Streuung des Phosphorgehaltes in den weichen Siemens-Martinstahl-Schmelzen eines großen Hüttenwerkes in den Jahren 1913 und 1924, wobei darauf hingewiesen sei, daß höhere Phosphorgehalte und starke Ungleichmäßigkeiten im Phosphorgehalt bekanntlich häufig von Nachteil für den Stahl sind. Wenn auch hier vielleicht andere Momente mit hineingespielt haben, so ist doch zweifellos auch ein Zusammenhang vorhanden mit dem Umstand, daß vom Jahre 1913 ab eine scharfe Überwachung der Erzeugung durch die analytische Untersuchung jeder Schmelze eingeführt wurde. Wenn 1913 der Phosphorgehalt zwischen rund 0,02 und 0,12% schwankte und der am häufigsten vorkommende Wert oberhalb 0,03% lag, so ergibt sich für das Jahr 1924 der ungleich kleinere Streubereich von 0,02—0,06%, der am häufigsten vorkommende Wert ist auf rund 0,025% gesunken.

Gerade diese letzte Abbildung läßt deutlich erkennen, daß man mit einer gewissen Berechtigung es aussprechen kann: Der Ruf eines Werkes wird je nach Art seiner Erzeugnisse in verschiedenem Grade, aber stets zu einem gewissen Betrage unbedingt verbunden sein mit dem Ausbau und der zweckmäßigen Ausführung und Auswertung der Werkstoffkontrolle.

Es dürfte nach allem wohl der Ausspruch berechtigt sein, daß Qualitätsarbeit hinsichtlich des Werkstoffes unbedingt von der Werkstoffkontrolle abhängig sein. Die Qualitätsarbeit ist aber, wie nicht besonders betont zu werden braucht, Deutschlands Stärke — der Ausbau und die richtige Anwendung der Werkstoffkontrolle ist damit ein ganz bedeutsamer Faktor für den Stand und die Entwicklung der deutschen Technik, der deutschen Industrie.

# Kontrolle des Zustandes und der Ausnutzung von Maschinen und maschinellen Einrichtungen.

Von Dr.-Ing. B. B u x b a u m.

Dieser Abschnitt umfaßt: Kontrolle der Betriebsmittel und ihrer Anwendung, also auch Kontrolle der Arbeit. Das Kontrollgerät ist hier der Mensch selbst, der die Soll-Werte in Fleisch und Blut bei sich tragen muß, der die Ist-Werte in jedem Augenblick erkennen und beurteilen soll. Sachkunde und offener Blick heißen hier die einzelnen Kontrollwerkzeuge, schöpferische Menschen — keine „Verwaltungsbeamte“ — sollen sie anwenden. Zu mechanisieren ist da nicht viel; immer wieder ist nach anderen Gesichtspunkten zu kontrollieren. Aber aus jeder Kontrolle muß sich Erfahrungsmaterial ergeben, das dem Betrieb zugute kommen muß, sonst bleibt die Betriebskontrolle Stückwerk, und jeder einzelne muß immer wieder von vorn anfangen.

Das Wesen der Betriebskontrolle in der mechanischen Werkstatt ergibt sich daraus, daß die Metallbearbeitung mit ihren unzähligen Kleinigkeiten von den Handwerkern ausging, und noch um die Jahrhundertwende kaum irgendwo in den Händen von methodisch denkenden und arbeitenden Ingenieuren lag. Die Fabrikhandwerker hatten das ungeheure Erfahrungsmaterial in Hand und Kopf. Dann aber kam die ins Massenhafte gesteigerte Produktion von Metallteilen, die Handwerker gaben ihre Arbeit zum großen Teil an Angelernte ab und wurden selber zu Spezialisten. Das Erfahrungsmaterial in Form von methodischen Untersuchungen und Beobachtungen, Neukonstruktionen, neuen Bearbeitungsverfahren steigerte sich um ein Vielfaches, und der leitende Werkzeugmann, der Techniker, der Ingenieur, fand nicht sofort Anschluß, um das vorher von Handwerkern getragene geistige Gut in allen seinen Einzelheiten zu übernehmen. Diese Lücken muß die Betriebskontrolle füllen.

Die Kontrolle des Zustandes von Betriebsmaschinen und den zu ihnen gehörenden Einrichtungen — wie Werkzeugen — hat im Augenblick der Lieferung einzusetzen, d. h. es ist zu prüfen, ob die Maschine und das zu ihr gehörige Werkzeug so geliefert wurde wie bestellt. Da diese Abnahmeprüfung aber oft nicht bei betriebsmäßiger Belastung er-

folgen kann und daher nicht die Leistung einbezieht, wird sie vorteilhaft durch eine Nachprüfung ergänzt, die nach einigen Monaten — möglichst noch vor Ablauf der Garantiezeit — auch die Leistung erfaßt, also nunmehr nicht nur eine Zustands-, sondern auch eine Bewährungskontrolle darstellt.

Die eigentliche Betriebskontrolle der Maschinen und Werkzeuge ist eine Bewährungs-, Handhabungs- und Zustandskontrolle und zerfällt in zwei Teile, die beide die Leistungsfähigkeit, die Genauigkeit und die Ausnutzung der Betriebsmittel festzustellen haben, nämlich:

1. eine ständige alltägliche Kontrolle,
2. eine periodische tiefgehende Kontrolle durch Stichproben.

Kontrolle heißt auch auf diesem Gebiete: Nachprüfung des Ist-Wertes und Vergleich mit dem Soll-Wert, aber es sind zwei Schwierigkeiten dabei. Weder der Sollwert noch der Istwert von Maschinenleistungen und Werkzeugeleistungen sind leicht und klar und umfassend zu kennzeichnen. Die Stundenleistung allein tut's nicht. Und auf diese Schwierigkeiten ist es zurückzuführen, daß man sich meist mit persönlichem Urteil begnügt, daß daher die Kontrolle nicht organisiert ist und daß der für sie verantwortlichen Persönlichkeit überlassen bleibt, ob zur analytischen Kontrolle die synthetische Verbesserungstätigkeit tritt, ob die Kontrolle also aktiv, schöpferisch, positiv ausgebaut wird, d. h. ob sie Abhilfe schafft und vorbeugend wirkt.

In kleinen, handwerkmäßigen, nicht übermäßig angestregten Betrieben aller Art wird die Betriebskontrolle nach Leistungsausfall die Regel bilden. Wird der im Anfang vorhandene Sollwert unterschritten, so erfolgt Meldung, daß die Maschine auszuschalten oder aufzuarbeiten ist.

Dieses Meldeverfahren genügt nicht in Fällen hoher Verantwortung für Leib und Leben, wie bei Fahrzeugen (Eisenbahn, Schiffen, Straßenbahn, Kraftwagenbetrieb), bei Waffen, und in ähnlichen Fällen. Und im gewerblichen Leben ist die organisierte aktive Kontrolle der Betriebsmittel dort nötig, wo ein Maschinenpark angestrengt und vielleicht sogar pausenlos arbeitet, also vor allem in Hochproduktionsbetrieben mit fließender Fertigung, die in 2 oder 3 Schichten laufen. Hier würde ein plötzliches Zusammenbrechen schwere Produktionsausfälle zur Folge haben. Das heißt: man darf nicht abwarten bis ein Zusammenbruch erfolgt, sondern man muß scharf aufpassen, rechtzeitig eingreifen und Vorsorge gegen spätere Störungen treffen.

## **Maschinen.**

### **1. Kontrolle der Maschinen bei Lieferung.**

Die Definition des Sollwertes eines Werkzeuges und einer Maschine erfaßt entweder die Wirkungsweise, also den eigentlichen Gebrauchswert

des Betriebsmittels, oder sie geht, falls das nicht möglich ist, von den primären Eigenschaften, d. h. dem Material, der Bauart, der Ausführung aus, greift dann also tiefer in technische Sondergebiete der Hersteller ein; doch soll das nur im Notfall geschehen.

Die Kontrolle hat sich zu erstrecken:

1. auf die Leistungsfähigkeit, d. h. Stückleistung und Genauigkeit der Werkstücke im Einzelfalle, abhängig von Einzelheit, Bedienungsschnelligkeit, sachlicher Betriebssicherheit usw.,

2. auf den Umfang des Anwendungsgebiets, d. h. die Vielseitigkeit der Maschine und den Reservewert, der für die Werkstatt in dieser Vielseitigkeit steckt, oder das Gegenteil davon, d. h. die Einseitigkeit oder den Sonderzweck der Maschine.

Diese beiden wirtschaftlichen Kennzeichen sind bedingt durch die konstruktiven und werkstattmäßigen Eigenschaften der Maschinen.

3. Dazu kommt noch die Unfallsicherheit.

Aus diesen drei Gesichtspunkten ergibt sich die Möglichkeit einer Wertbestimmung der einzelnen Maschine und eines Wertvergleichs verwandter Maschinen unter sich.

Die Feststellung der Stückleistung und der Genauigkeit der auf der Maschine hergestellten Erzeugnisse sowie die Beurteilung des Unfallschutzes ist eine einfache Sache; die Abschätzung der Vielseitigkeit und des Reservewertes der Maschine ist etwas schwieriger. Eine Maschine, die für die gerade vorliegende Arbeit die wirtschaftlichste ist, kann in dem Augenblick, wo sich Fertigungsgegenstand oder -umfang ändert, unwirtschaftlich werden und umgekehrt. Regeln dafür lassen sich nicht aufstellen. Es ist bekannt, daß amerikanische Betriebe für Massenfertigung derbe und reichlich große Maschinen einzustellen lieben, um auch bei den höchsten Spanleistungen die Maschinen nicht bis zum äußersten anstrengen zu müssen, sondern noch über einen gewissen Leistungsrückhalt zu verfügen. Das kommt der Genauigkeit der Werkstücke und der Lebensdauer der Maschinen zugute und ermöglicht die Bewältigung plötzlich auftretenden Mehrbedarfs.

Größere Schwierigkeiten bietet die Festlegung des „Soll“-Zustandes — der die Kenntnis des gesamten technischen Standes der einzelnen Gebiete voraussetzt — und die restlose Beurteilung der Gesamtwirkung der Maschinen.

Die Wirkung — zu der auch die Lebensdauer gehört — läßt sich nun zum Teil schon nach den Ursachen beurteilen, und diese Ursachen heißen Konstruktion und Ausführung. Eine Werkzeugmaschine kann leider nicht wie eine Dampfmaschine oder Dynamomaschine durch einfache Aufnahme von Diagrammen analysiert und klassifiziert werden. Zu ihrer Beurteilung gehören Faktoren, die nicht eindeutig festgelegt sind, sondern dem persönlichen Urteil Spielraum lassen. Wie soll eine

normale Leitspindeldrehbank, Fräsmaschine oder Presse aussehen? Wie soll ihre Konstruktion sein, wie ihr Werkstoff und wie die Werkstattausführung? Wir haben zwar Genauigkeitsnormen, nach denen die führenden Werkzeugmaschinenfabriken des In- und Auslandes seit Jahrzehnten arbeiten, und die durch das von Prof. Dr. Schlesinger herausgegebene „Prüfbuch“<sup>1</sup> erweitert, zusammengefaßt und der Allgemeinheit zugänglich gemacht worden sind. Aber diese Vorschriften gelten nur für die unbelastete Maschine und natürlich nur für den Neuzustand. Nichts gewährleistet die Einhaltung der gleichen Genauigkeit bei ordnungsmäßiger Belastung der Maschine, nichts garantiert ihre Lebensdauer. Der Fall ist also sehr möglich, daß die Maschine in belastetem Zustande oder nach kurzer Betriebszeit Verbiegungen von Spindeln und Führungen aufweist, welche die geforderte Genauigkeit der Werkstücke in Frage stellen. „Soll“-Werte für die konstruktive und werkstattechnische Hochwertigkeit und für die Güte des verwandten Werkstoffs, also Gütevorschriften sind wünschenswert, und dazu Abnahmevorschriften, die den Abnahmebeamten des Verbrauchers vorschreiben, in welcher Weise sie festzustellen haben, ob die Gütevorschriften durch die Lieferung erfüllt wurden.

Die Soll-Vorschriften für Werkzeugmaschinen müssen der Schwierigkeit des Gebietes dadurch Rechnung tragen, daß sie eine oberflächliche und nur formale Erfüllung ausschließen, daß sie die Erfüllung von Geist und Sinn ihres Inhaltes auch in solchen Punkten fordern, die nicht zahlenmäßig definiert werden können, sondern die dem Gefühl und dem fachmännischen Gewissen manches überlassen müssen. Sie haben die Maschinen nach Güteklassen zu scheiden, d. h. vor allem nach höchstwertigen Klassemaschinen und Handelsware. Wir sind heute noch nicht so weit, daß wir diese Unterscheidung restlos in Worte und Begriffe kleiden können, und müssen deshalb auch hier dem fachmännischen Gefühl, dem Stand der Technik und dem Handelsgebrauch noch manches überlassen. Endlich muß in toleranter Weise auch die Möglichkeit offen bleiben, daß einzelne Punkte nicht erfüllt werden, falls gute Gründe dafür vorliegen. Jedes neuartige Recht und Gesetz braucht elastische Grenzen. Aber diese Tatsache spricht nicht gegen die begriffliche und formale Festlegung von Rechten und Gesetzen, deren Notwendigkeit vor allem dort gegeben ist, wo eine Leistung zu definieren ist (Lieferungsgegenstand), der eine bereits fest definierte Gegenleistung (Preis und Zahlungsbedingungen) gegenübersteht.

Niemals dürfen solche Soll-Vorschriften den technischen Fortschritt hemmen. Sie sollen genau im Gegenteil immer das ihrer Klasse entsprechende Neueste aufnehmen, also einen Katechismus für die Kon-

<sup>1</sup> Schlesinger, Prof. Dr.: Prüfbuch für Werkzeugmaschinen, 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1931.

strukturen darstellen, der ihnen stets den neuesten Stand der Technik der einzelnen Gebiete und Klassen vor Augen hält. Das ist ihr Nebenzweck. Ihr Hauptzweck ist die Eigenschaft, den erfahrungsgemäß vorkommenden „Ist“-Werten die gewünschte Norm, das dem Käufer vor-schwebende Vorbild gegenüberzustellen.

Es sollen nun die wichtigsten Soll-Zustände allgemeiner Art, also für alle Werkzeugmaschinen geltend, einer Anzahl der Wirklichkeit ent-nommener besonders augenfälliger Ist-Zustände gegenübergestellt wer-den:

Die größten Fehler betreffen die Verwendungsmöglichkeit der Maschinen. Da kommt es vor, daß Spannfutter nicht über den Support gehen, daß Planscheiben nicht in die Kröpfung passen, daß das Gewinde der Planscheibe zu weit geschnitten ist und sie deshalb bei plötzlichem Stillsetzen der Maschine abläuft. Es kam vor, daß das große 127er Wechselrad nicht aufgebracht werden konnte und ein nachträgliches Anbohren der Schere verlangte. An einer Senkrechtbohrmaschine fehlte das Keilloch zum Austreiben des größten Kegels aus der Bohr-spindel (die kleineren Kegelschäfte wurden in Hülsen mit Abdrück-muttern eingesetzt) usw. Solche derben Verstöße brauche ich nicht weiter aufzuzählen. Es ist traurig, daß so etwas noch vorkommt, aber man merkt wenigstens sogleich, woran der Fehler liegt.

Für die Baustoffe der Maschinen können keine zu weitgehenden Vorschriften gemacht werden. Das Gußeisen soll Dinorm 1691 ent-sprechen. Das Ausflicken von Fehlstellen ist selbstverständlich nicht zulässig; Flickstellen, die ohne Bedeutung für die Wirkungsweise der Maschine sind, müssen dem Käufer angegeben werden. An der Güte der Lagerbronze darf bei teuren Maschinen nicht gespart werden. Hoch-belastete Zahnräder aus gehärtetem oder vergütetem Stahl statt aus Guß stellen heute eine Selbstverständlichkeit dar. Ob für die Arbeits-spindeln und Fräsdorne naturharter Stahl oder Einsatzhärter verwandt wird, kann dem Hersteller überlassen werden, wenn er sachverständig arbeitet. Wenn Stifte und Keile aus minderwertigem, Scherstifte aus zu hochwertigem Material bestehen, hat häufig nicht die Stückliste Schuld, sondern die ausführende Werkstatt, die ein zerbrochenes, ab-handen gekommenes oder fehlendes Materialstück durch irgendein gerade zur Hand kommendes, aber minderwertiges Stück ersetzt. Handräder zur Patronenspannung sollten heute nicht mehr aus Holz bestehen; dafür gibt es widerstandsfähigere Leichtbaustoffe. Mit einer Gewichtstoleranz von 5% nach unten kann man einverstanden sein.

Auf guten Wirkungsgrad der Maschine ist größter Wert zu legen. Es sind also Ringschmierlager mit auswechselbaren Bronzebuchsen sowie Kugel- und Rollenlager in weitgehendem Maße zu verwenden, worunter aber nicht die ständige Genauigkeit der Lagerungen leiden

darf. Bei den angegebenen höchsten Drehzahlen dürfen die Lager und Getriebe im Dauerbetrieb keine die Betriebssicherheit gefährdende Erwärmung erfahren; die Angabe von Wärmegraden ist hier nicht gut möglich, denn die zulässigen Temperaturen sind verschieden: bei den Zerspanungsmaschinen wird man handwarm, bei den Schleifmaschinen 90 oder 100° zulassen müssen. Heißwerden der Gleitlager wird bei der Abnahme oft beobachtet; wenn die Schmierung sonst in Ordnung ist, liegt das häufig daran, daß die Lager nur an einigen Stellen tragen.

Der Leerlaufkraftverbrauch mancher Maschine ist viel zu hoch, beispielsweise bei mehrspindligen Bohrmaschinen mit verstellbaren Gelenkspindeln, zumal wenn ohne Kugel- oder Rollenlager, und besonders im neuen Zustand, wenn sie noch keine Einlaufzeit hinter sich haben. Der Leistungsbedarf der Maschine im Leerlauf und bei voller Belastung ist bei Abnahme festzustellen, wobei auch nachzuprüfen ist, ob die vom Lieferanten angegebene Motorgröße für die als zulässig angegebenen Werkzeugleistungen nicht zu klein ist. Natürlich läßt sich bei der Abnahme nur der Eigenenergieverbrauch bei Leerlauf bestimmen, während der entsprechende Selbstverbrauch bei Belastung sehr viel aufschlußreicher für die richtige Bauart der Maschine ist, aber zu um-

<b>Richtwerte für spezifische Spanleistungen von Werkzeugmaschinen .</b>			
<i>Maschine voll belastet, günstige Werkzeugform,</i>			
<i>Werkstoff SM-Stahl 50-60Kg/mm<sup>2</sup>, Schnittgeschw 18 m/min</i>			
<b>Drehen</b>	<b>Leitspindel-drehbänke</b>	<b>Kg/KWh</b>	<b>KWh/Kg</b>
	<i>Spitzenhöhe</i>	<i>150-250</i>	<i>260-400</i>
	<i>Stufenscheiben-Antrieb</i>	17,5	18,5
	<i>Einscheiben- "</i>	18	20
		0,06	0,05
		0,05	0,04
	<b>Revolverbänke</b>		
	<i>bis 50 mm Spindelbohrg.</i>	18,5	0,05
	<i>" 100 "</i>	19,0	0,04
	<b>Karusselldrehbänke</b>		
	<i>bis 1500 mm Planschneiben φ</i>	14,0	0,07
	<i>" 4000 "</i>	15,5	0,06
<b>Bohren</b>	<b>Einspindelbohrmaschine mit Kugellager</b>		
	<i>bis 10 mm Bohr φ</i>	3,8	0,26
	<i>" 20 "</i>	4,8	0,21
	<i>" 30 "</i>	5,1	0,19
	<i>" 50 "</i>	5,6	0,17
<b>Hobeln</b>	<b>Shaper</b>		
	<i>Hub 200-400mm</i>	10,0	0,1
	<i>" 500-800 "</i>	12,0	0,08
AEG			K18433

Abb. 1. Richtwerte für spezifische Spanleistungen von Werkzeugmaschinen.

einen Anhalt bieten, aber doch manche angreifbaren Werte enthalten dürften. (Erfahrungsbeispiele siehe Zahlentafel Abb.1).

ständige Untersuchungseinrichtungen erfordern würde. Die praktische Abnahme verlangt natürlich wesentlich einfachere und schneller arbeitende Mittel als der Prüfstand und das Laboratorium. Es sei deshalb der Wunsch ausgesprochen, daß wir recht bald eine maßgebende Aufstellung der spezifischen PS- bzw. kW-Zahlen (= PS oder kW je kg Späne in der Stunde) für alle Maschinentypen und Maschinengrößen erhalten, und zwar solche Ziffern, die sich auf die besten vorhandenen Maschinen der einzelnen Klassen beziehen und die beste Bearbeitungsart (wozu auch die Werkzeugform gehört) zur Voraussetzung haben. Bis dahin muß sich jede Abnahmestelle mit Zahlensammlungen behelfen, die immerhin

An größeren Maschinen mit Einzelantrieb sollte stets ein zuverlässiger Stromverbrauchsanzeiger vorhanden sein.

Die garantierten Leistungen und Genauigkeiten müssen eingehalten sein. Verstöße hiergegen sind häufig. Es kommt vor, daß die Leistungen nicht für Dauerbetrieb gelten, sondern Paradeleistungen darstellen. Bisweilen sind Einrichtezeiten und Stangenwechsel bei Automaten nicht mit einkalkuliert. Daß mittlere Fabrikate die im „Prüfbuch“ angegebenen Genauigkeiten nicht einhalten, ist verständlich und bei der Bestellung zu berücksichtigen. In jedem Falle ist es gut,

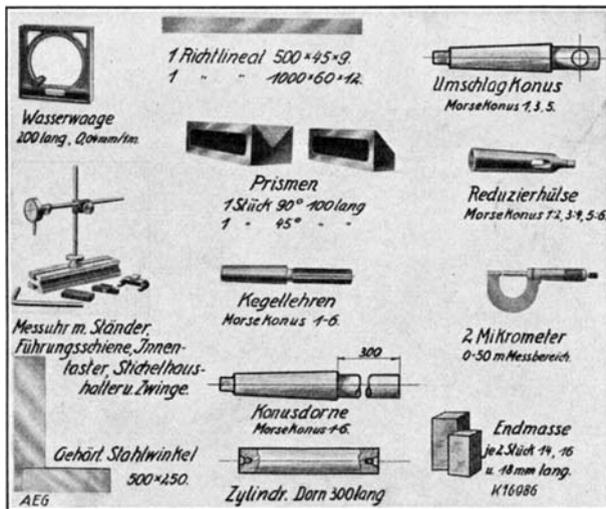


Abb. 2. Satz Revisionswerkzeuge für Werkzeugmaschinen.

sich vom Lieferanten einen von der Revision ausgefüllten Kontrollvordruck mitgeben zu lassen und zum mindesten stichprobenweise nachzuprüfen, ob alles stimmt. Für derartige Untersuchungen ist der im Bilde aufgeführte Satz von Werkzeugen erforderlich, der natürlich stets in einwandfreiem Zustande gehalten werden muß (Abb. 2). Manchmal findet man auch, daß festgestellte Fehler auf falsche Aufstellung der Maschine zurückzuführen sind, oder es kommen Fälle vor, wo der Spindelstock einer Drehbank zur Erleichterung des Transports innerhalb des Werkes oder auf dem Fahrstuhl abgenommen — was ganz unzulässig ist — und falsch wieder aufgesetzt wurde. Oder die Fundamente sind zu schwach bemessen. Bei größeren und teuren Maschinen sollte jedenfalls immer ein Monteur des Lieferwerks hinzugezogen werden.

Die Maschine muß erschütterungsfrei arbeiten, d. h. derartig, daß das Werkstück keine Rattermarken aufweist. Wenn der Hersteller

die Drehzahl kleiner Maschinen, z. B. Bohrmaschinen, heraufsetzt, muß er die ganzen Maschinen verstärken. Die Starrheit von Schleifmaschinen läßt öfters zu wünschen übrig. (Der Fall einer Lehrenschleifmaschine wurde bekannt, deren Körper vom Betrieb mit Zement ausgegossen und außerdem mit eisernen Bändern an der Wand befestigt wurde, um ruhigeren Lauf zu erhalten.) Alle Bewegungen müssen gleichmäßig und stoßfrei erfolgen, die Zahnräder müssen ruhig laufen, und ein schwaches Zahngeräusch sollte nicht durch Resonanzorgane (wie Blechhauben) verstärkt werden.

Die Haltbarkeit der Maschinen verlangt für die Schlittenführungen reichliche Größe, Bevorzugung von Kokillenguß, Vermeidung von Kernstützen, die bis in die Gleitflächen ragen, Schutz gegen Schmutz mittels leicht gefederter Spanabstreifer mit auswechselbarem Ölfilz. Zwar stehen nicht alle Betriebsleute auf dem Standpunkt, daß Filzwischer unbedingt vorteilhaft sind, indem sie diesen ein Festsetzen der Späne im Filz und dadurch gerade eine Verschmutzung und Abnutzung der

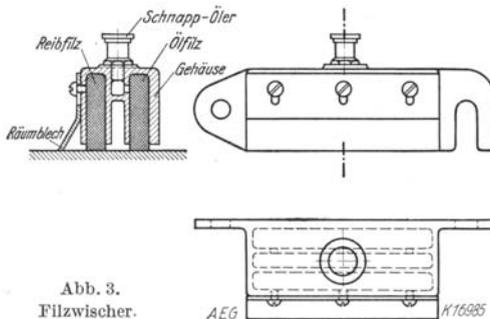


Abb. 3.  
Filzwischer.

Führungen zuschreiben, jedoch dürfte diese Ansicht unberechtigt sein, wenn z. B. eine Konstruktion nach Abb. 3 angewandt wird. Man sieht vorn ein Blech zum Wegschieben der Späne und grober Unreinigkeiten, einen Reibfilz für die feinen Unreinigkeiten, und endlich einen sauberen Öl-

filz. Diese Wischer müssen einmal wöchentlich bei der Reinigung der Maschine abgenommen und gründlich gesäubert werden. Schlitz im Blech gestatten ein bajonettartiges Hinwegheben über die leicht gelockerten Befestigungsschrauben. Auch federnde Wischer haben sich gut bewährt.

Gehärtete Stahlleisten als Auflagen für Bettprismen sind in den letzten Jahren mehrfach eingeführt worden; ob für härteren Guß und normale Beanspruchung ein Bedürfnis dafür vorliegt, kann bezweifelt werden. Kegelige Stelleisten an Schlittenführungen sollten heute an Stelle von Parallelleisten mit einfachen Druckschrauben die Regel bilden.

Die Haltbarkeit der Fräsdornführungen verlangt nachstellbare Dornführungsbuchsen, denn wenn der Zapfen Spiel hat, hört die Führung auf. Großbohrige Laufbuchsen für den Dorn sind haltbarer als Zapfenbuchsen mittelkleiner Bohrung. Die Beilegeringe müssen hart sein, um nicht zer-

drückt zu werden. Hochbeanspruchte Automaten brauchen Axialkugellager und gehärtete stählerne Steuerkurven.

Die Bedienung ist bekanntlich ein Gebiet, auf dem vieles verdorben wird, was bei den Arbeitsgeschwindigkeiten gutgemacht wurde. Die Bedienungsriffe sollen handlich liegen, die Innenteile zugänglich sein, sowohl für Reinigungs- wie für Reparaturzwecke. Wir sind durch den Kraftwagen verwöhnt und verlangen allmählich, daß der Arbeiter mit der Maschine spielen kann wie der Fahrer mit dem Auto. Wir finden aber noch Maschinen, an denen die Schaltung der Drehzahlen oder der

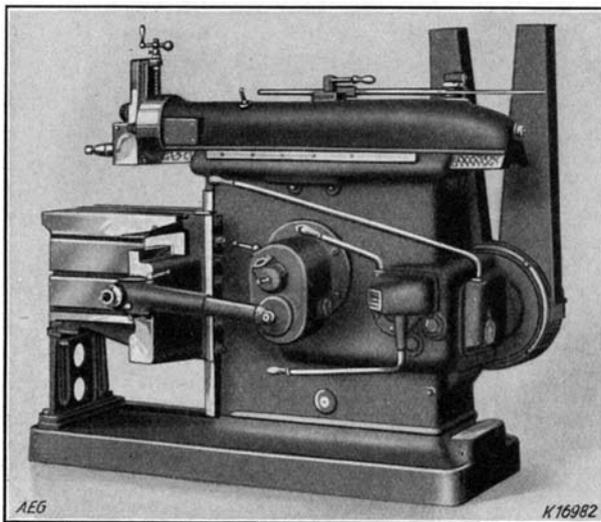


Abb. 4. Shaper mit gut angeordneten Bedienungsriffen.

Vorschübe, oder das Umschalten der Bewegungsrichtung, oder das Lösen der vertikalen Prismenführung umfangreiche Bewegungen des Arbeiters erfordert. Vorschubschaltkästen sind manchmal so tief angeordnet, daß der Mann sich zu sehr bücken muß, oder Bedienungshelbe sitzen so nah am Körper der Maschine, daß der Bedienungsmann sich die Hand stößt. Die allerneuesten Fräsmaschinen sind in dieser Hinsicht vorbildlich. Bei Shapingmaschinen sind die Schalthebel vielfach noch seitlich hinten angeordnet, so daß man zur Bedienung um die Maschine herumlaufen muß; Abb. 4 zeigt ein Beispiel dafür, wie es sein soll. Manche Bedienungshelbe sind zu kurz für die bedienende Arbeiterin, die nicht das genügende Drehmoment aufwenden kann. An einer Presse lag der Fußhebel so hoch, daß der bedienende Mann rasch ermüdete. Handräder sind häufig zu glatt, so daß der Arbeiter sie mit Lappen umwickelt.

Hydraulische Bewegungen sind bequem zu regeln, aber konstruktiv und wirtschaftlich nicht immer vorteilhaft. Elektrische Schalter müssen in bequemer Reichweite sitzen. Druckknopfsteuerungen sind praktisch, müssen aber gegen unbeabsichtigte Schaltungen gesichert sein.

Räderkästen dürfen im Deckel keine Wellenlagerungen tragen, Schaulöcher müssen Beobachtung der Getriebe gestatten. Innen angeordnete endlose Riemen waren bei einer Fräsmaschine und einer Flächenschleifmaschine nur mit größter Mühe zu leimen und aufzulegen.

Grundsätzlich ist die Möglichkeit von Bedienungsängeln auszuschalten; die Maschinen müssen also dem entsprechen, was der Amerikaner „fool-proof“ nennt.

Geschwindigkeiten. Verstöße gegen richtige Geschwindigkeitsgrenzen und Stufensprünge sind in den letzten Jahren immer seltener geworden. Die Lieferanten sollten aber zu ihren Maschinen, möglichst schon zu den Angeboten, Sägediagramme mitliefern; es macht immer Schwierigkeiten, solche zu erhalten. Daß Schnellgänge und Sprungvorschübe an größeren Maschinen erwünscht sind, ist selbstverständlich. Rascher Tischrücklauf findet sich noch nicht bei allen Fräsmaschinen mit langen Tischen; der Rücktransport kostet Zeit, und der Arbeiter wird auch verführt, die Führungsleisten locker anzustellen, damit er sich beim Rückkurbeln nicht so anzustrengen braucht, dadurch leidet dann die Genauigkeit der Arbeit. Eilgang der Senkrechtbewegung erspart Zeit beim Anstellen des Fräasers, wenn innenliegende Flächen zu bearbeiten sind. — Die Drehrichtungen von Antriebsrad und Antriebscheibe sind klar zu kennzeichnen. Bei schnellaufenden Maschinen sollte eine Bremse für den Antrieb vorgesehen sein, soweit nicht — bei Einzelantrieb — der Motor diese Bremsung übernimmt.

Getriebe. Daß eine Besichtigung des Inneren der Getriebekästen häufig unerfreuliche Zustände enthüllt, weiß jeder. Man sollte es sich deshalb nicht nehmen lassen, einen Blick in das Innenleben der gekauften Maschinen zu tun. Flanken von Rädern mit Geschwindigkeiten über etwa 2000 Umdrehungen in der Minute sollen geschliffen sein (man geht hier aber bei uns häufig zu weit, verteuert die Maschinen oft um etwa 200 RM. das Stück und sollte lieber den Stahl besser aussuchen und sorgfältiger härten oder vergüten, so wie sich dies ja auch im Autobau eingeführt hat). Die Bohrungen der gehärteten Zahnräder sind auszuschleifen. Die Wellenlager sind vom Riemenzug zu entlasten, Wellen für Verschieberäder sollen bei hochwertigen Maschinen massive 4- oder 6fache geschliffene Keilwellen und bei außergewöhnlich starker Beanspruchung und häufigem Drehwechsel geschliffene Vierkante aufweisen. Es ist gut, daß die komplizierten und unzuverlässigen Ziehkeile in der Anwendung stark zurückgegangen sind, denn auf diesem Gebiet wurde vieles Unver-

antwortliche geleistet. Geschwindigkeitsregelungen durch Regelmotor oder polumschaltbaren Motor ersparen überflüssige Getriebe und damit Möglichkeiten der Betriebsstörungen und Unfälle. Auch für Nebenbewegungen und Schnellverstellungen empfehlen sich Hilfsmotore statt verwickelter Getriebe. Für die bequeme Einstellung der Motorstufen in geometrischer Reihe ist ein Tachometer vorzusehen. Auch bei einfachen Getrieben kommen böse Fehler vor, so Überschreitungen der Grenzwinkel-lage beim Schwinggetriebe für Längs- und Plangang von Drehbänken, worauf natürlich Zahnbruch erfolgt. Das Antriebsritzel großer Motore soll nicht fliegend auf dem Wellenstumpf sitzen, sonst nutzt es sich sehr rasch ab. Auf einer Sitzung des amerikanischen Fachverbandes wurde bemängelt, daß die Zahnräder der neuen Maschinen oft zu stramm kämmen, und die Kupplungen zu lose eingestellt sind. Kupplungen haben öfters zu kleine Abmessungen; der Übergang von der Kegel- und Spreizringkupplung auf die Lamellenkupplung ist vom Autobau her bekannt geworden und als erfreulich zu bezeichnen. Die Vorschrift eines sorgfältigen Auswiegens und Auswuchtens aller mit mehr als 100 Uml./min. umlaufenden Getriebeteile ist nicht überflüssig.

Sicherungen. Bruchsicherung der Getriebe, selbsttätige Auslösung von Vorschubbewegungen in den Endstellungen, Verriegelung gegen gleichzeitiges Einschalten mehrerer Bewegungen sind zu kontrollieren. Sehr wichtig und oft vernachlässigt ist das gute Sichern von Schrauben, Muttern und sonstigen Teilen, die sich lockern können, sowie das solide Aufkeilen aller nicht verschiebbaren Räder und Hebel. Mehrmals wurden Beschädigungen von Räderkästen durch eine hineinfallende gelöste Madenschraube beobachtet. Es ist falsch, wenn Werkzeugmaschinenkonstrukteure Schraubensicherungen als nicht üblich bezeichnen; sie sind für umlaufende Teile unentbehrlich. Wenn die Schrauben nur zügig gehen, also nur an den Spitzen oder am Kern stramm passen, so wird ein guter Sitz vorgetäuscht, aber nach mehrmaligem Aus- und Einschrauben wird die Schraube locker. An einer Drehbank wurde fehlende Mutterschloßsperrung beim Plandreihen festgestellt, an anderen Drehbänken und Revolverbänken das Fehlen der selbsttätigen Auslösung des Planzuges. Scherstifte sitzen oft unverschlossen, so daß sie von unberufener Hand gegen Gußstahlstifte ausgewechselt werden können.

Schmierung. Die Wichtigkeit der Schmierung muß immer wieder betont werden. Wenn bei den amerikanischen Fachsitzungen Unterhaltungen über erforderliche konstruktive und ausführungstechnische Verbesserungen der Werkzeugmaschinen stattfinden, nehmen die Verbraucher immer wieder Gelegenheit, sich mit größter Offenheit zu äußern. Vor kurzem kam dabei zur Sprache, daß in großen Betrieben ungefähr 30% aller Reparaturen auf schlecht ausgeführte oder schlecht unter-

haltene Schmierung zurückzuführen seien. Sieht man sich die neuen Maschinen an, so findet man vielfach Helmöler, die unzuverlässig sind, da der Helm leicht abbricht oder sich von selbst öffnet und Staub eindringen läßt. Selbstschließende Öler sind vorzuziehen. Ganz verwerflich sind versteckte Öllöcher mit Verschlussschrauben. Tropföler sollen eine auffallende Signalscheibe tragen, die beim Abstellen umgelegt wird; dann kann der Meister mit einem Blick sehen, ob der Ölverschwendung nach Betriebschluß vorgebeugt ist. Nicht gut ausgerundete Schmier-  
nuten geben zum Fressen der Lager Veranlassung, da die scharfen Kanten die Ölschicht geradezu abscheren. Hier müssen die Regeln beachtet werden, die in Heft 13 des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit „Zweckmäßige Schmiernuten“<sup>1</sup> enthalten sind. Vor allem aber ist die Schmierung so anzubringen, daß die Bedienung gut heran kann und sie stets als solche erkennt, denn verdeckte Schmierstellen werden bald vernachlässigt werden.

Den Zentral- und Gruppenschmierungen wäre noch erweiterte Anwendung zu wünschen. Auch die bestehenden Systeme können noch verbessert werden; so hat die Firma Waldrich ein Lätewerk an der Schmier-einrichtung von Karussells vorgesehen, das ertönt, sobald der Schmiermotor versagt.

Zuleitungsröhrchen müssen widerstandsfähig sein und geschützt liegen, so daß sie durch unvorsichtiges Hantieren mit den Werkstücken oder Werkzeugen nicht zgedrückt werden können und dann nicht mehr fördern. Wenn Ölpumpen nur nach einer Seite laufen, wird die Maschine bei Linkslauf trocken, und die Lager fressen. Mit Öl gefüllte Räderkästen müssen dicht geschliffene Fugen haben, sonst läuft das Öl aus. An einer Drehbank war der Räderkasten am Wellendurchtritt des Motorantriebszahnrad undicht, an einer anderen verursachte die senkrecht durch den Räderkasten hindurchgeführte Motorschaltstange Undichtigkeit; in beiden Fällen floß alles Öl aus. An einem großen Karussell wurde ein ungeheurer Ölverbrauch beobachtet, dessen Ursache darin gefunden wurde, daß die Gußwand eines Räderkastens infolge eines Gußfehlers ein Loch aufwies und das rasch umlaufende, in Öl eintauchende Zahnrad das Öl gerade durch dieses Loch in die Fundamentgrube schleuderte. Durch Kernverschiebungen beim Guß kann der Öl Ablauf von Sammelbehältern und zentralen Ölbehältern Veränderungen erfahren, so daß kein richtiges Abfließen und damit ein Leerlaufen wichtiger Ölsammelstellen erfolgt.

Kühlung. Bei der Kühlung beachte man die neuen, in Amerika begonnenen Bestrebungen der Zufuhr überreichlicher Kühlflüssigkeit, besonders beim Fräsen. Nicht nur die Pumpen müssen leistungsfähig sein,

<sup>1</sup> Zweckmäßige Schmiernuten. Ausgearb. von Obering. E. Falz, 2. Aufl. Bestell-Nr AWF 202 beim Beuth-Verlag, G.m.b.H., Berlin S 14.

sondern die Kühlwasserleitung und der Abfluß an der Werkzeugmaschine müssen reichlich groß bemessen sein. Die Pumpe soll nicht vom Vorgelege der Maschinen angetrieben werden, da dann ihre Drehzahl veränderlich ist. Bei Maschinen, die auch im Linkslauf arbeiten, muß die Pumpe in beiden Richtungen fördern, falls keine besonders angetriebene, also meist Elektropumpe, vorhanden ist. Der Sammelbehälter soll auch die feinsten Späne zurückhalten, d. h. seine Siebe müssen engmaschig sein und die Klärbecken große Oberfläche besitzen, damit der Metallschlamm sich niederschlagen kann. Auffangrinnen für die Kühlflüssigkeit und die Späne müssen groß sein, und bei schweren Maschinen verlange man sie aus starkem Blech ausgeführt und nicht angegossen.

Natürlich muß die Kontrolle sich auch auf die Normgerechtheit der Maschine erstrecken.

Die Transportmöglichkeit ist ebenfalls zu berücksichtigen. Schwere Maschinen bzw. ihre Teile müssen Aussparungen im Fuß oder Ösen haben; es empfiehlt sich, das vorzuschreiben.

Der Unfallschutz stellt ein besonderes und wichtiges Kapitel der Abnahmekontrolle dar. Die von der gewerblichen Aufsichtsbehörde und der Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen Vorrichtungen müssen da sein. Allseitiges Einkapseln der Zahnräder, Umkleiden der Riemen, Sichern der Gegengewichte gegen Herabfallen und selbsttätiges Ausrücken der Handräder und Kurbeln bei Eilgang sind zu fordern; Kurbeln oder Speichenräder auf rasch laufenden Spindeln sind überhaupt ein Unding. Die Schutzvorrichtungen dürfen die Bedienung der Maschine nicht behindern. Gegen alle diese Vorschriften finden sich immer wieder Verstöße, beispielsweise Wechselrad Schutzkappen, die nicht weit genug reichen, Schaltstangen, die in den Endlagen Vorübergehende gefährden, fehlende Ölschutzkappen, so daß der Arbeiter mit Öl bespritzt wird usw. Nicht zu vergessen sei der Arbeitslärm, gegen den die heutige Technik schon manche Hilfsmittel bietet, deren Anwendung nicht versäumt werden sollte.

Die Abnahmekontrolle muß voraussetzen, daß die Maschine im Herstellerwerk probegelaufen ist. Das wird aber häufig versäumt. Bei sehr großen oder verwickelten oder neuartigen Maschinen empfiehlt sich natürlich Anwesenheit des Abnehmers beim Probelauf im Herstellerwerk.

Gütevorschriften für einzelne Maschinentypen. Außer den bisher besprochenen allgemeinen Vorschriften können auch noch „Soll“-Werte für Konstruktion und Ausführung der einzelnen Maschinentypen aufgestellt werden, aber nur soweit unbedingt erforderlich, d. h. soweit häufig Verstöße gegen technische Notwendigkeiten vorkommen, die die Verwendung der Maschinen erschweren. Bei den meisten Maschinentypen genügt es, das Gewollte in der Anfrage schriftlich zum Ausdruck zu bringen.

Alle Soll-Vorschriften haben der Vereinfachung des Geschäftsverkehrs, nicht seiner Erschwerung zu dienen, aber unter nachdrücklicher Wahrung der Käuferinteressen.

Für Spitzendrehbänke werden beispielsweise Hinweise folgender Art zweckmäßig und Prüfung ihrer Befolgung durch die Abnahme notwendig sein:

Hinsichtlich der Leistung ist zu fordern, daß bei Planarbeiten (also ohne angestellten Reitstock) noch etwa 75% der für Spitzenarbeit angegebenen Leistungsziffern gelten sollen, ohne daß Schwingungen auftreten; es dürfen aber auch keine darunter liegenden Beanspruchungen oder Drehzahlen Resonanzschwingungen verursachen. Man erlebt auch bei starken Drehbänken guter Herkunft die unangenehmsten Überraschungen in dieser Hinsicht.

Die Arbeitsspindeln größerer Maschinen sollen dreifach gelagert sein. Im Bettschlitten sind die Räderachsen doppelt zu lagern. Das Spindelmutterschloß soll rechts, das Handrad zum Schlittentransport links sitzen. Für das Anschlagdrehen ist Fallschnecke erwünscht. Das Spiel der Anstellspindeln soll nicht mehr als wenige hundertstel Millimeter betragen. Die Reitstockspindel soll bei völligem Einschrauben den Körner herausdrücken. Die Spannpatronen dürfen nicht zu feines Gewinde haben. Die Planscheiben sollen kräftiger sein, als das häufig der Fall ist, bei großen Bänken sollen sie aus Stahlguß bestehen.

Und anderes mehr.

In welcher Weise festgelegt wird, ob die genannten Vorschriften erfüllt sind, zeigen Abb. 5 und 6. Zu jeder angelieferten Maschine wird ein solches Blatt vom Betriebsleiter oder von dem mit Aufstellung und Instandhaltung der Maschinen betrauten Fachmann ausgefüllt und der Einkaufsabteilung zugeführt, damit diese Beanstandungen weitergibt und für spätere Beschaffungen Bescheid weiß.

Nach etwa 5 Monaten Betriebszeit erfolgt die erwähnte Nachprüfung an Hand des in Abb. 7 und 8 dargestellten Formblattes, wobei vom Schema der Gütevorschriften abgegangen wird und nur noch die wichtigsten Punkte so weit herausgehoben werden, als sie bei der Abnahmeprüfung nicht schon in die Augen fallen mußten. Hier muß nun auch die praktische Verwendung der Maschine angegeben werden (Punkt 1), damit beurteilt werden kann, ob die Beschaffung der Maschine wirklich notwendig war. Punkt 2 fragt, ob die Maschine voll ausgenutzt ist, und wenn das nicht der Fall ist, muß das im einzelnen angegeben werden usw. Die vorgenommenen Instandsetzungen durch den Lieferanten oder im eigenen Betrieb und die Kosten dafür müssen genannt werden. Jetzt kann auch verlangt werden, daß die praktischen Mängel der Maschine genau definiert und ein Urteil über Vorzüge und Nachteile

<b>AEG</b>	<b>Abnahmekontrolle von Werkzeugmaschinen</b> <small>(Nach Maßgabe der „Orientierungsliste für Werkzeugmaschinen“ der WHA. Nach vorliegender endgültiger Aufstellung der Maschinen)</small>	<b>WHA</b>
Best. Nr. ....	Modell u. Hauptmaße .....	Masch.-Art .....
WHA Nr. ....	Dat. ....	Dat. ....
Lieferdatum .....	Preis RM ..... Gew. kg (lt. Offerte) .....	Hersteller .....
Garantie bis .....	Gew. kg lt. Nachprüfung .....	Fabr./Abt. ....
		lv.-Nr. ....

1. u. 2. Ist die Maschine grundsätzlich gut und modern?  
(in welchen Punkten nicht?) .....

3. a) Lager richtig konstruiert?  
(Einklemmen, Kugelmutterlager, Kugelfülllager usw.) ..... Wird andere Lagerung vorgeschlagen? .....

b) Schlittenführung genügend groß und geschützt?  
(Spannbretter, Ölle, o. ä.) .....

c) Lauf erschütterungsfrei? Bewegungen stoßfrei?  
(Urunden von Endführungen und Stößen) .....

d) Gesamtlage leicht einsehbar?  
(Schnitt- und Bedienungsstellen, Stütz- und Spanneinrichtungen, Genauigkeit der Werkstücke, Kraftbedarf unter Last und Leerlauf) ..... Warum nicht? .....

e) Erwärmung der Lager und Getriebe nicht übermäßig? .....

4. a) b) Geschwindigkeiten und Vorschube dem Verwendungsbereich entsprechend?  
Welche sind erwünscht? .....  
(Spring nach unten 1,50) .....

e) Schnellgänge vorhanden? Welche? Ausreichend bzw. erwünscht? .....

d) Antriebsrad-Laufrichtung gekennzeichnet?  
e) Bremse vorhanden? ..... Wünschenswert? .....

f) Geschwindigkeits- und Vorschubtabelle vorhanden?  
(Gewindesteife: soll und nicht) .....

5. a) b) Bedienungseingriffe handlich, Bewegungen innfällig, sofern gekennzeichnet? .....

AEG ..... WHA 1741, 108, 3-20 ..... K 16987a

Abb. 5.

5. c) Antstellpindeln mehr, Steigung?  
(Steigerung weniger genau, nicht genaugenau)  
d) (Ausbau für Reparaturarbeiten, Reinigung der Triebteile, Sämerungs- und Kühlungsorgane)

6. Zusätzliche Maßabweichungen nicht überschritten?  
(aufgrund Prof.-Schönungen)

7. a) Verschleiß der Getriebe? (Hochtourige Zahnäder geschliffen?)  
b) Kupplungen und Riemenstreifen ziehen sicher durch?

c) Keilwellen massiv?  
(4- bis 6-fach, gedillt)

8. a) Sicherungen für Getriebe und Bewegungen vorhanden?  
(Verriegelung, Endanstellung)

b) Schrauben und Muttern, wo nötig, gesichert?

9. Zentral-/Gruppen/Einsachsemmierung? Stellen notfalls gekennzeichnet?  
(Lager- und Schmierleitung getrennt, abkühlende Öler - kein Ölwanne; ölabtre Lager; Ölwanne; Riemen abgedrückt)

10. a) Kühlmittelmenge ausreichend?  
(Zugpumpe, Wasser-, Ölwanne, Filter, Elektro-Pumpe)

b) Aufhängen und -schalen ausreichend?  
(Sammelbehälter, Spänebox, Klappenbox)

11. Einschlägige DIN berücksichtigt?

12. Transportmöglichkeit berücksichtigt?  
(Gesenk, Voranfragen)

13. a) b) c) Schutzvorrichtungen genügen? Stören nicht?  
(Sammelbehälter, Notentriegelung)

14. Antrieb?  
(Auftrieb, Beschreibung, Palladen für Motor; Kessel aus Novotest, über 10 PS bei derzeit gelagert usw)

15. Fabrikations-Nr. vorhanden? ..... Garantieschild vorhanden?  
Bedienungsvorschrift vorhanden? ..... Zeichnungen vorhanden?

16. Besondere Vorzüge oder Nachteile? .....

AEG ..... Datum .....  
Unterschrift (Aufnahmebeamter) ..... K 16988a  
Unterschrift (Entscheider) .....

Abb. 6.

Abnahmekontrolle von Werkzeugmaschinen.

<b>AEG</b>	<b>Betriebskontrolle von Werkzeugmaschinen</b> <small>(nach Maßgabe der „Gütevorschriften für Werkzeugmaschinen“ der WHA)</small>			<b>WHA</b>
Best. Nr. ....	Modell u. Hauptmaße .....	Masch.-Art .....		
WHA Nr. ....	Hersteller .....			
Lieferdatum .....	Preis RM .....	Gew. kg .....	lne.-Nr. ....	
Carantie bis .....				
Abnahmebericht Dat. ....				

1. Verwendungszweck? .....
2. Ist die Maschine für die vorliegenden Arbeiten nach Art und Größe ausgenutzt?  
Warum nicht? .....
3. Wie ist die Handlichkeit? .....
4. Werden die angegebenen größten Leistungen und Genauigkeiten im Dauerbetrieb eingehalten?  
Warum nicht? .....
5. Wie ist der Haupt- und Vorschubantrieb durchgebildet? .....

Drehzug, Abtufung gut? .....

6. Ist die Schmierung richtig ausgebildet? (Gesamt, Ölwanne, Einspritzdüse, Art der Öler, ölabliche Lager, Ölfänge usw., Remen ölgeschützt? Lager- und Zahnradölung getrennt?) .....

AEG K169892

WHA 100, 5, 89

Abb. 7.

Betriebskontrolle von Werkzeugmaschinen.

7. Schutzvorrichtungen ausreichend? ..... Stören? .....
8. Welche Instandsetzungen wurden vorgenommen? (Lieferant oder eigener Betrieb)?  
Welche Kosten entstanden? .....
9. Welche Mängel haben sich herausgestellt? (Vorgeschlagene Änderungen, konstruktiv, ausführungstechnisch, Bedienung) .....
10. Sonstige Beurteilung der Vorzüge und Nachteile gegenüber ähnlichen oder bisher verwendeten Maschinen: .....

Unterschrift (Aufnahmebeamter) .....

Unterschrift (Betriebsleiter) .....

Kontrolle .....

Datum .....

AEG

K169902

Abb. 8.

gegenüber ähnlichen oder bisher verwandten Maschinen gefällt wird. Dafür, daß die Beantwortung fachmännisch richtig und offenherzig erfolgt, muß der Geist sorgen, der im Unternehmen herrscht. Der mit der Überwachung des Maschinenparks betraute Fachmann oder der Betriebsassistent darf sich nicht damit begnügen, Meldungen abzuwarten, Ersatzteilbestellungen zu erledigen usw. Er muß in die letzten Einzelheiten hineinsteigen. Dazu muß er auch Meister und Arbeiter befragen und sich nicht nur auf sein eigenes Urteil verlassen.

## **2. Eigentliche Betriebskontrolle der Maschinen.**

Während bisher von neubeschafften Maschinen die Rede war, kommt nunmehr die Kontrolle des Maschinenparks in seiner Gesamtheit zur Behandlung, und zwar nach Bewährung und Handhabung. Hierunter fallen eigentlich fast alle Pflichten des Betriebsleiters, da der Zustand seiner Betriebsmittel die Güte, die Kosten und die Lieferzeiten seiner Erzeugnisse beeinflusst. Ist ein Arbeitsbüro vorhanden, sind Kalkulation und Revision in Ordnung, so liegen die Eigenschaften der einzelnen Maschinen fest, und ihr Zustand wird auf gleichmäßiger Höhe gehalten. Wenn die Werkstücke unzulässige Maßabweichungen aufweisen, meldet sich die Revision, und es wird ermittelt, ob Werkstoff, Maschine oder Werkzeug die Schuld tragen. Ist die Stückleistung zu gering, so meldet sich der Arbeiter von selbst; ist ein Akkord zu hoch, so muß die Kalkulation das von sich aus merken und abstellen. Aber dieser automatische Ablauf der Betriebsvorgänge ist ein Idealzustand, ein „Soll“, von dem der Ist-Zustand meist mehr oder weniger weit entfernt ist. Vieles wäre besser, wenn Stammkarten und Leistungskarten stets sinngemäß ausgefüllt wären, aber damit sieht es häufig sehr trübe aus.

Ob der Betrieb klein oder groß ist, ob der Überwachungsdienst der Betriebsmaschinen auf den beiden Augen des Betriebsleiters oder seines Assistenten beruht oder von einem besonderen Überwachungsbeamten mit Hilfskräften ausgeübt wird: es muß stets auf die gleichen Dinge geachtet werden, die im folgenden aufzuführen sind:

### **a) Laufende tägliche Maschinenkontrolle.**

Die Maschinen sollen — wenn man auch alles Mögliche aus ihnen herausholt — nicht überlastet werden, sie sind gut zu behandeln und zu pflegen, und sobald ein Schaden auftritt, muß dieser abgestellt werden, bevor er zum Zusammenbruch führt. Der Akkordarbeiter strebt zur Überlastung der Maschine, die Leute — zumal angelehrte — die ihre Maschine so pflegen wie der Soldat sein Gewehr, sind zu zählen, und die Meister sind meist durch ihre Terminjagd so eingestellt und so überlastet, daß von ihnen keine wirksame Abhilfe erwartet werden kann. Die Menschen, die mit fremdem Eigentum sorgsam umgehen, zumal,

wenn sie mit diesem fremden Eigentum eigenes Geld verdienen, und ganz besonders wenn sie nicht beaufsichtigt sind — diese Menschen sind selten. Der Zustand der Maschinen ist — zumal bei kleinen Firmen — oft jammervoll, und neu beschaffte unterscheiden sich äußerlich bald kaum von den alten Veteranen. Selbst im günstigsten Falle, d. h. wenn die Maschinen noch die genügende Leistung und Genauigkeit ergeben, bringt die Verwahrlosung oft eine Steigerung des Energieverbrauchs mit sich, die nicht ohne weiteres bemerkt wird. Überhaupt lassen moderne Einscheibenmaschinen mit großer Übersetzung den Energieüberschuß nicht mehr so leicht erkennen wie die alten Stufenscheibenmaschinen, die den Riemen einfach rutschen ließen, daher der Vorteil der Stromverbrauchsanzeiger. Auch der hydraulische Vorschub bietet — z. B. bei Bohrmaschinen — die Möglichkeit der Kontrolle durch Druckablesung am Manometer.

Die äußere Sauberkeit läßt oft zu wünschen übrig. Führungen und Lagerstellen sind von Spänen freizuhalten, falls die Konstruktion nicht schon dafür gesorgt hat. Das Wegblasen mit Preßluft ist unzulässig, denn diese bringt einen Teil der feinen Späne gerade dorthin, wo sie nicht hingehören; Lappen, Handbesen und Pinsel sind hier anzuwenden und müssen dazu zunächst einmal vorhanden sein. In den amerikanischen Werkstätten sieht man überall sehr praktische flache, feste, breite Roßhaarpinsel, die besser sind als unsere Handbesen. Wenn verschiedenartige Werkstoffe bearbeitet werden, so ist die Maschine jedesmal gut zu reinigen, und die Spänesorten sind voneinander zu trennen. Vor Feierabend ist nochmals gut zu reinigen, und die blanken Stellen sind mit öligen Lappen abzuwischen, wobei auch die verstecktesten Schlitten nicht vergessen werden dürfen. Vor Wochenende soll diese Reinigung besonders gründlich erfolgen, wobei Rostflecken sachgemäß entfernt werden müssen.

Verwandt mit der Sauberkeit ist die Ordnung. Feilen, Schlüssel und Hämmer haben auf Schlitten und Bettführungen nichts zu suchen. Kegelschäfte legt man nur auf Holz, Schraubenschlüssel und Schraubenzieher müssen passend sein. Die Hämmer sollen anständige Stiele, die Kupfer- und Bleihämmer glatte Bahnen, die Schemel ihre Holzsitze haben. Die häufigen Verstöße hiergegen drücken den Ordnungsgeist der Werkstatt herab.

Von den zahllosen sonstigen Mißhandlungsmöglichkeiten seien erwähnt: Aufschrauben bzw. Lösen von Fräsdornmuttern oder Drehbankfuttern mit dem Hammer oder durch Anrennenlassen, Verdrücken der Beilegeringe, gewaltsames Eintreiben von Kegelschäften, Durchbohren der Lochenden mit Selbstgang statt von Hand, Einsetzen von Wechselrädern ohne die Zähne ausgebürstet zu haben, das Arbeiten mit stumpfen Werkzeugen usw.

Das Schmieren ist ein wichtiger Bestandteil der Instandhaltung.

In manchen Werken sind besondere Schmierleute angestellt, die große Ersparnisse an Reparaturen, Arbeitsausfall und Öl einbringen und die Arbeit verbessern. Aber dieses Verfahren ist nicht ganz ungefährlich, da dem Maschinenarbeiter damit ein wesentlicher Teil seiner Verantwortung genommen wird und persönliche Unzuverlässigkeit der Schmierer sich gleich im großen auswirken muß. Daß der Arbeiter dafür zu sorgen hat, daß alle Öler und Fetter am Platze sind und nicht durch Holzstöpsel oder Putzwolle ersetzt werden, ist ebenso selbstverständlich, wie daß er die Schmierlöcher vor Schmutz schützt, Schmierrollen an Hobelmaschinen gängig hält, Schmierkannen oder Spritzkannen mit genügend engem Ausgußrohr verwendet und nicht zu voll macht, sorgfältig eingießt, damit die Luft entweichen kann und kein Öl vorbeifließt usw. Schlittenführungen sind durch das vorgesehene Ölloch oder durch Aufträufeln in Abständen von einigen Zentimetern zu schmieren. Grundsätzlich ist die ganze Maschine täglich einmal, rasch laufende Wellen sind täglich zweimal abzusmieren. Die Bedeutung von Wälzlagern für die Güte, Sparsamkeit und Sicherheit der Schmierung, für die Unabhängigkeit von der Bedienung ist bekannt.

Die Bauart der neuzeitlichen, häufig ganz eingekapselten Maschinen erfordert eine sorgfältige Anweisung des Arbeiters, die sich auch auf die wichtigsten inneren Teile erstrecken muß.

Die ständige Abnutzungskontrolle muß vor allem die Lager, die Führungen und die Zahnflanken erfassen. Bei Bohrmaschinen achte man auch auf spielfreien Vorschubmechanismus, um Bohrerdurchfall und -bruch zu verhüten, bei Hobelmaschinen auf gute Keilpassung in den Antriebsrädern und richtige Riemenverschiebung, bei Scheren auf richtige Schärfe der Messer und ihre gute Führung. Sicherungen wie Abscherbolzen sind gelegentlich auf richtiges Arbeiten bzw. richtigen Werkstoff zu prüfen, ebenso natürlich auch die Unfallschutzeinrichtungen auf Vorhandensein und Zuverlässigkeit im Verein mit der allgemeinen Unfallsicherheitskontrolle der Werkstätten.

Auch der Transport und die Aufstellung der Maschinen erfordern Kontrolltätigkeit: Ketten sind unzulässig, Seile erfordern Zwischenlagen, Rollen sind unterzulegen, sonst leiden Maschine und Fußboden usw. — Daß falsche Aufstellung der Maschine häufig Ungenauigkeiten bewirkt, wurde schon gesagt; bei Hobelmaschinen wird hier viel gesündigt. Es wurde schon oft darauf hingewiesen, daß man in Amerika sehr genau hobelt und wenig schabt. Das liegt nicht nur an den Hobelmaschinen selbst, sondern auch an der sorgfältigen und immer wieder kontrollierten Aufstellung, die in einer der dortigen führenden Hobelmaschinenfabriken alle 3 Monate nachgeprüft wird.

Selbstverständlich geht parallel zu jeder Betriebskontrolle eine stete Unterweisung von Arbeitern und Meistern; Vergeßlichkeit, mangel-

des Interesse, Leichtsinn, Verständnislosigkeit sowie Arbeiterwechsel sorgen dafür, daß diese Lehrkurse niemals abreißen.

### Konstruktive Verbesserungen.

Wenn die laufende Betriebskontrolle Dauermängel an älteren Maschinen feststellt, so muß ein gut eingerichtetes Werk in der Lage sein, konstruktive Änderungen auszuführen, die die Maschinen so leistungsfähig zu machen vermögen, daß sie mit neuzeitlichen Maschinen einigermaßen Schritt halten können. Das gilt selbstverständlich nicht für Hochleistungsmaschinen und nicht für Vielzweck- oder Universalmaschinen. Aber es gilt vor allem für Maschinen, die Tag für Tag die gleiche Arbeit auszuführen haben, also immer mit gleicher Geschwindigkeit laufen. Und besonders für Maschinen, die der Bearbeitung massenhaft vorkommender Werkstücke dienen, die ihrer Unstarrheit wegen kein starkes Festspannen und keinen hohen Arbeitsdruck aushalten können ohne ungenau von der Maschine zu kommen, die also nicht alle neuzeitlichen Feinheiten zu besitzen brauchen. Der Einwand, daß man unmoderne Maschinen am besten aussondert, liegt nahe, weniger nahe aber der Rat, in welcher Weise man sich die zu einer solchen Radikalkur erforderlichen Mittel beschafft. Daß selbst das reiche Amerika durchaus nicht mit funkelnagelneu eingerichteten Werkstätten arbeitet, weiß jeder, der außer den dortigen Hochproduktionsbetrieben — wie Kraftwagen- und führende Maschinenfabriken — auch Werke mittlerer Klasse besucht hat. Bei einer vorjährigen Aussprache des dortigen Ingenieurvereins wurde erwähnt, daß 44% aller amerikanischen Werkzeugmaschinen älter seien als 10 Jahre.

Die deutsche Metallbearbeitung muß sich jedenfalls vorläufig noch mit einer Unzahl älterer Maschinen abfinden, deren Ersatz erst nach Maßgabe der für Investierungszwecke zur Verfügung gestellten flüssigen Mittel erfolgen kann. Viele Maschinen waren von vornherein mangelhaft (besonders hinsichtlich der Geschwindigkeiten und Vorschübe), viele waren bei der Beschaffung modern, sind aber seitdem veraltet. Da bleibt dann nichts anderes übrig, als Maschine für Maschine vorzunehmen und zu untersuchen, die schlimmsten zum alten Eisen zu werfen oder für ganz untergeordnete Zwecke zu verwenden, die besseren aber umzuarbeiten. Wie weit das lohnt, ist Kalkulationssache. Wie weit man gehen kann, ergibt sich aus den modernen Maschinen für ähnlichen Verwendungszweck und ähnlichen Fertigungsumfang, da diese für die Akkordbestimmung, also die Konkurrenzfähigkeit, maßgebend sind. Als Vorbild und Anleitung kann die von der ADB herausgegebene Sammlung „Werkzeugmaschinenblätter“ von Prof. Toussaint<sup>1</sup> betrachtet werden.

<sup>1</sup> Toussaint, Prof. Dr. E.: ADB-Werkzeugmaschinenblätter 1930, Beuth-Verlag, G.m.b.H., Berlin S 14.



einstellen zu können, die Änderungen werden in die Aufnahmebogen eingetragen, ein Maschinenänderungsbestellformular wird ausgeschrieben und die erforderlichen Änderungen durchkonstruiert.

Nummehr wird ein Leistungsschild entworfen, das an die Maschine gehängt wird und dem Arbeiter als Richtschnur für seine Arbeiten zu dienen hat (Abb.11). Für jede Maschinentype sieht das Schild natürlich anders aus; für Pressen enthält es die gegen Überlastung sichernde Höchstleistungsziffer in Quadratmillimeter Blech. Gleichzeitig wird die Leistungskarte für die Kalkulation aufgestellt, auf der sich noch einige weitergehende Angaben befinden, als die bei der Maschine bleibende Leistungskarte aufweist. (Als Vordruck können die vom AWF

**Bohrerdurchmesser u. Vorschübe**  
für die Radialbohrmaschine 57mm Spindeldurchmesser

Kontaktstellung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bohrspindelumdrehg. pro Minute	620	560	525	480	440	375	330	320	295	280
Ohne Vorgelege										
Vorteilhafter Bohrerdurchmesser in mm bis:										
Stahl bis 60 kg festig Schmiedeseisen	10	11	12	13	15	17	19	20	21	22
Vorschübe	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Stahl über 60 kg festig	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18
Vorschübe	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Rotguß, Bronze	19	20	22	24	26	30	34	36	38	40
Vorschübe	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Bohrspindelumdrehg. pro Minute	265	230	210	175	160	145	134	126	122	118
Erstes Vorgelege										
Vorteilhafter Bohrerdurchmesser in mm bis:										
Stahl bis 60 kg festig Schmiedeseisen	24	27	30	35	38	41	44	47	49	50
Vorschübe	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Stahl über 60 kg festig	19	21	24	27	29	33	35	38	39	40
Vorschübe	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Rotguß, Bronze	42	48	53	60	66	70				
Vorschübe	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25				
Bohrspindelumdrehg. pro Minute	400	35	33	31	24	23	19	18	15	14
Zweites Vorgelege										
Vorteilhafter Bohrerdurchmesser in mm bis:										
Stahl bis 60 kg festig Schmiedeseisen	58	61	66	70						
Vorschübe	0,25	0,25	0,25	0,25						
Stahl über 60 kg festig	46	48	50	56	61	70				
Vorschübe	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15				
Rotguß, Bronze										
Vorschübe										
Bohrspindelumdrehg. pro Minute	43	37	35	31	28	24	20	19	18	17
Drittes Vorgelege										

Beim Aufreiben, Gewindeg schneiden u. Senkarbeiten Halte der aufgeführten Drehzahlen nehmen!  
Stahl, Stahlguß und Schmiedeseisen nach bohren und Löcher über 50mm Ø, deren Tiefe ca. das 1,5-fache des Bohrer-Ø übersteigt mit Sasse Spiral-Bohrmesser als Vorschub gefeiert mit die 1/4 Wert!  
Alle Löcher von 35mm Ø ab anbohren!

**AEG**  
Abt. / Gfg 7/79

Abb. 11. Leistungsschild für Radialbohrmaschine.

herausgegebenen „Maschinenkarten“ dienen. Vorteilhaft ist die Unterteilung des ganzen Maschinenparks nach einem Kennziffersystem.)

Als Unterlagen für die auszufüllenden Leistungsschilder und Leistungskarten dienen Arbeitsdiagramme für die einzelnen Maschinentypen.

Es sollen nun einige praktische Beispiele für solche Umbauten gebracht werden, die eine starke Annäherung an die Soll-Werte zur Folge hatten.

Stufenscheibendrehbank (Abb. 12).

Die vor dem Umbau festgestellten Mängel bestanden darin, 1. daß die Schnittgeschwindigkeit einmal durchweg infolge der großen Drehzahlssprünge von 20 m auf 11,5 m/min abfiel, so daß ein großer Teil der zu bearbeitenden Durchmesser mit zu kleinen Schnittgeschwindigkeiten bearbeitet werden mußte, 2. daß beim Einschalten des Rädervorgeleges eine Überlagerung vorkam, da der Sprung im Rädervorgelege zu klein war, und 3. daß die Drehzahlen zu niedrig lagen, die Bänke nicht durchzogen, und die Spanleistung zu gering war.

Der Umbau erfolgte folgendermaßen: Motor und Antriebswippe erhielten zweistufige Scheiben statt einstufiger, wodurch der große Stufen-

sprung verringert wurde und die Schnittgeschwindigkeit nur noch von 20 m auf 15,5 m/min fiel. Das Rädervorgelege an der Wippe konnte wegfallen, wodurch eine Kraftersparnis erzielt wurde. Der Antriebsmotor wurde durch einen größeren ersetzt und eine Verdoppelung der Spanquerschnitte erreicht.

Die Kosten des Umbaus ohne den Motor betragen 100 RM. (bei 120% Gemeinkostenzuschlag). Die praktische Leistungssteigerung be-

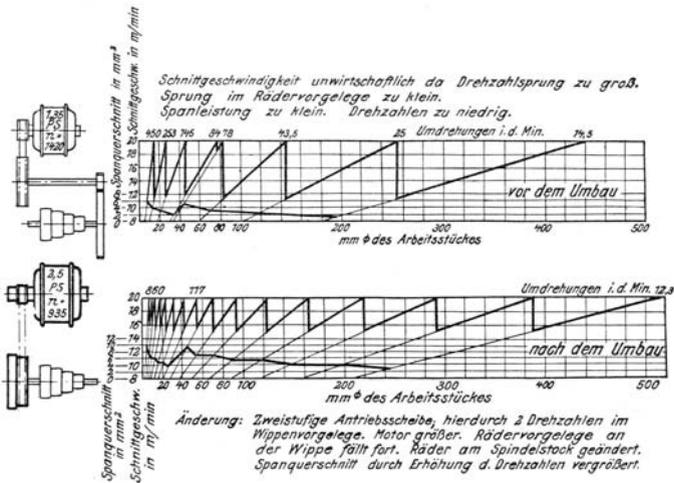


Abb. 12. Umbau einer Drehbank.

trug dadurch, daß die günstigere Schnittgeschwindigkeit und auch die verdoppelten Spanquerschnitte etwa bei der Hälfte aller vorkommenden Arbeiten zur Auswirkung kamen, volle 57%.

### Karussell (Abb. 13 u. 14).

Die vor dem Umbau festgestellten Mängel waren folgende: großer Riemenverbrauch, Strom- und Ölverlust durch die Zwischenvorgelege, Minderleistung durch Abfall der Schnittgeschwindigkeit infolge ungleichmäßiger Stufung und großen Drehzahlssprungs, Warmlaufen des Antriebslagers infolge des starken Riemenzuges und daher viele Reparaturen. Außerdem Behinderung beim Aufbringen der Werkstücke durch die kreuz- und querverlegten Gegengewichtsketten.

Der Umbau erfolgte so, daß direkter Antrieb durch Regelmotor unter Wegfall des gesamten Rientriebes und der Zwischenvorgelege durchgeführt wurde, und daß die Stößelgegengewichte durch Umhängengewichte ausgeglichen wurden.

Die Umbaukosten betragen unter Abzug des Gebrauchswertes der freigewordenen Riemen, Riemenscheiben, Wellen und Lager etwa 700 RM.

Die jährlichen Ersparnisse betragen:

durch Wegfall des Riemenersatzes und der Riemenreparaturen . . .	175 RM.
Stromersparnis . . . . .	120 „
Ölersparnis . . . . .	10 „
Leistungsgewinn durch günstigere Schnittgeschwindigkeit und bessere Aufbringungsmöglichkeit (sehr niedrig gerechnet) etwa . . . . .	520 „
Ersparnisse an Reparaturen . . . . .	200 „
	insgesamt 1025 RM.

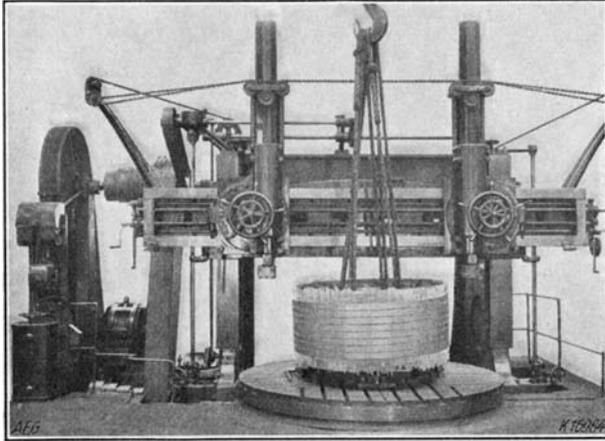


Abb. 13. Karussell-Drehwerk vor dem Umbau.

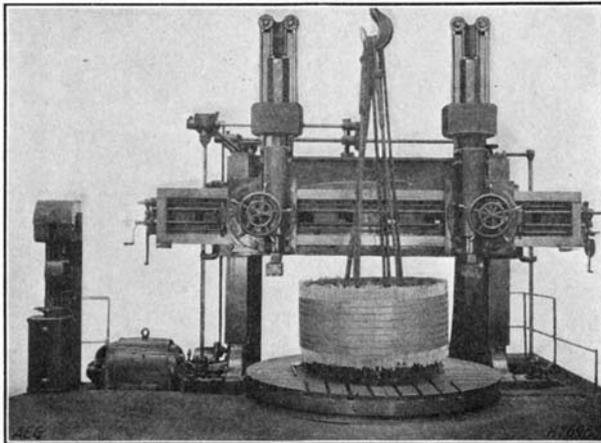


Abb. 14. Karussell-Drehwerk nach dem Umbau.

Der Umbau machte sich also in etwa 8 Monaten bezahlt.

Bei älteren Bohrmaschinen größeren Modells ließ sich durch Umbau die Leistung im Durchschnitt um 30—35% steigern und der Bohrer-verbrauch auf die Hälfte senken.

## b) Periodische Durchkontrolle ganzer Werkstätten.

Für alle Betriebsmittel, d. h. Maschinen, Werkzeuge und Betriebsgeräte sonstiger Art ist ein wichtiges und unentbehrliches Hilfsmittel die stichprobenartige umfassende, planmäßige Untersuchung eines Sondergebietes bis in seine letzten Feinheiten, die Enquete, die Razzia oder die Erhebung. Dabei wird nicht nur das betreffende Betriebsmittel unmittelbar, sondern auch die Organisation der es abgeschlossen ist, erfaßt, das Förderwesen, die Werkstoffbelieferung, die Werkzeugausgabe usw. Und auch in die Art wie der Betrieb disponiert wird hineingeleuchtet. Die Enquete stellt gewissermaßen die technische Sonde der Werkstätten dar: sie legt einen Querschnitt durch die Betriebe frei. Sie unterstellt einen Teilabschnitt der Werkstattswirtschaft dem Bilanzgedanken bis in die letzten Elemente von Arbeit und Material. Sie kann einmal die Riemen, einmal die Schleifscheiben, die Spiralbohrer, die Hartmetalle angehen, oder es sind die Fräseriesen, die Schleifereien, die Preßluftwerkzeuge oder die Transporteinrichtungen. Sie geht im Gegensatz zu den bisher besprochenen Kontrollen durch alle Werkstätten des Unternehmens hindurch, soweit sie nach dem Thema der Untersuchung von gleicher Art sind. Je größer ein Werk oder ein Konzern, um so nötiger sind solche Stichproben. Besonders dort, wo viele selbständige Werkstätten gleicher Art vorhanden sind, müssen Vergleichsbilder, also Soll-Werte gewonnen werden. Die Gewinn- und Verlustrechnung der Betriebe genügt nicht als Analyse ihrer Wirtschaftlichkeit. Wir brauchen Zustandsbilder in Bilanzform, und es ist falsch, wenn nur der bare Pfennig buchhalterisch bis in seine letzte Erscheinungsform verfolgt wird, das wertvolle Betriebsmittel aber nicht.

Als Beispiel sei über die Untersuchung der Fräseriesen mehrerer Fabriken berichtet:

Für jede einzelne Maschine wurde vom Betriebsassistenten der Abteilung mit Unterstützung eines Fachmannes der Zentralstelle ein Fragebogen ausgefüllt.

Abb. 15 gibt einen Teil der Fehler wieder, die in den Fräsmaschinen-Abteilungen festgestellt wurden. Die Untersuchungen gingen sehr ins einzelne. Man begnügte sich z. B. nicht mit der Feststellung des „Schlages am Werkzeug“, sondern es wurden eingehend die Einzelursachen untersucht, also in diesem Falle: Schlag am Werkzeug in der Maschine — Zentrizität der Fräterspindellagerstelle zu ihrem Innenkegel — Schlag am Fräser für sich allein — Schlag am Dorn für sich allein — Schlag der Beilegeringe — Zustand der Führungsbuchsen.

Die Untersuchung erfolgte unter möglichster Schonung der laufenden Betriebsvorgänge und zog sich über 1 Jahr hin.

Die Ergebnisse von solchen Untersuchungen wurden folgendermaßen ausgewertet:

Ausführlicher Vortrag mit Vergleichsziffern vor allen zuständigen Betriebsbeamten gemeinsam.

Lfd.Nr.	Werkstatt	I	II	III
	Festgestellte Mängel	in % der untersucht. Maschinen		
	<b>Maschinen-Maschinen mit Werkzeugen</b>			
1	Maschinen mit über 0,02 mm schlagendem Werkzeug	100	100	?
2	0,05	94	97	?
7	Zitternde (brummende) Maschinen	60	19	19
9	Schnittgeschwindigkeit zu hoch	50 und mehr		
12	Kühlwasserabfluß zu eng	38	—	—
21	Antriebs-Stufensprung über 15%	5	8	—
	<b>Fräser</b>			
27	Rohmaterial entspricht nicht den Richtlinien	95	—	—
29	Unzulässiger radialer Schlag	89	94	?
30	Falscher Brustwinkel	54	36	—
33	Mitnahme nicht normal	6	78	64
	<b>Dorne</b>			
34	Unzulässig. Schlag auf 300mm Meßlänge (= ohne Abgabed. Meßlänge)	98	97	—
36	Dorne verschiedener Länge fehlen	39	17	17
41	Durch Überlastung verdreht	45	—	—
44	Gewinde-Durchmesser unnötig schwach abgesetzt	—	53	—
	<b>Beilegeringe</b>			
45	Nicht parallel	95	—	?
46	Mangel an dünnen Ringen	0	0	7

Abb. 15. Fehlerstatistik in einer Fräsmaschinenabteilung (Auszug).

Kurzer Vortrag vor den Meistern jedes Werkes.

Gedruckter Bericht für die übrigen Interessenten.

Festlegung bestimmter Arbeitsregeln.

Herausgabe von Aushängetafeln für die Betriebe (Abb. 16).

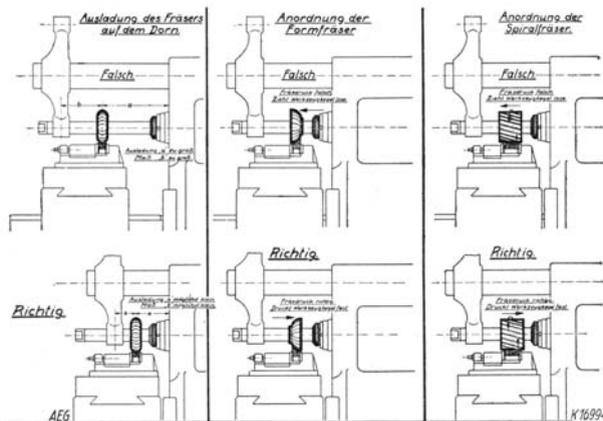


Abb. 16. Aushängetafel für Fräseereien.

Veranlassung notwendiger konstruktiver Änderungen, z. B. Anbringung von Führungskeilen in den Gegenhalterarmen und entsprechenden Nuten im Maschinenkörper.

Nachprüfung erfolgter Durchführung.

Eine Wiederholung solcher Untersuchungen findet nach Ablauf von etwa 3 Jahren nach Veranlassung der obigen Maßnahmen statt, wobei sich herausstellt, ob die Anordnungen restlos befolgt wurden oder nicht.

### c) Kontrolle der Maschinenausnutzung und -besetzung.

Dieser Teil ist, soweit es das Lohnrechnungswesen angeht, schon vielfach behandelt worden, es wird daher genügen, wenn hier nur auf einige einschlägige Kontrollmittel aufmerksam gemacht wird. Der richtigen Verteilung der Arbeiten auf die vorhandenen Maschinen können Hilfsmittel wie die Kronenberg'sche Bankbestimmungstafel dienen. Für die Aufschreibung der Laufzeiten und der Pausen sind Apparate bekannt geworden, die in Abschnitt IX beschrieben werden. Das Erkennen unrichtiger Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe ist Sache des Auges und der bekannten mechanischen Hilfsmittel.

Daß der Verkürzung der Handzeiten der Maschinenarbeiter (betreffend Vorbereitung, Einrichtung, Überwachung, Werkzeugwechsel, Maschinenschaltung) allergrößte Aufmerksamkeit zuzuwenden ist, hat man von allen Seiten schon so oft vorgetragen, daß die so häufigen Verstöße dagegen doppelt bedauerlich sind.

Man findet in manchen, sonst recht gut organisierten Betrieben Spanneisen, Bügel, Brücken, Unterlagen, Keile, Schrauben und sonstige Hilfsmittel in einem versteckten Winkel oder um die Maschine herumliegen. Wenn es hochkommt, liegt alles in einer Kiste, in der meist das, was gerade benötigt wird, ganz unten liegt. Spanneisen und Schrauben müssen vereinheitlicht und mit den anderen Hilfsmitteln zusammen nach Art und Größe geordnet in Sammelregalen untergebracht werden, die so in den Werkstätten zu verteilen sind, daß der Arbeiter höchstens 10 m bis dahin zurückzulegen hat. Es entfallen somit auf 1000 m<sup>2</sup> Werkstatt 4—5 Regale. Eine Reihe von Regalen nebst Inhalt werden einem älteren, für andere Arbeiten nicht mehr verwendbaren Schlosser unterstellt, der den Inhalt in Ordnung hält.

In den amerikanischen Werkstätten sieht man die Leute vielfach mit Stulphandschuhen arbeiten, die ihnen ein derbes Zupacken beim Auf- und Abspannen von Fräs- oder Hobelteilen gestatten ohne Finger-Verletzungen fürchten zu müssen; bei uns führen sie sich anscheinend nicht ein.

Auf die Zeit zum Holen der Werkzeuge, Vorrichtungen und Zeichnungen muß mehr geachtet werden. Es kommt in vielen Betrieben immer noch vor, daß Maschinenarbeiter vor den Ausgabestellen ihre Zeit vertun, und es wird nicht überflüssig sein, den Vorschlag zu machen, mehr Werkstattboten und Klingelrufstellen für diese einzurichten, so daß der Ma-

schinenarbeiter nicht von seiner Arbeitsstelle wegzugehen braucht. Das kostet die Hälfte an Löhnen und nutzt die Maschinen besser aus.

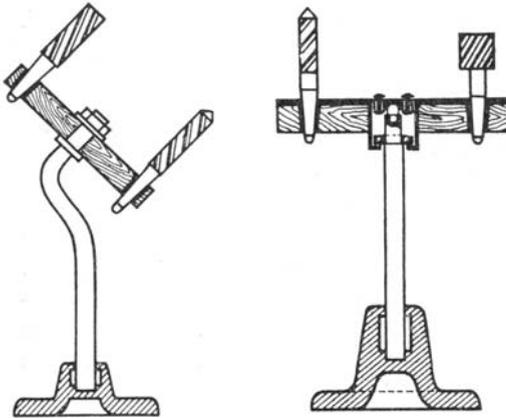


Abb. 17. Ständer für Wechselbohrwerkzeuge.

Praktische Tische für die unmittelbar benötigten Maschinenwerkzeuge, drehbare oder geneigte Ständer für Wechselbohrwerkzeuge sparen Zeit und Geld (Abb. 17).

Die Transportkästen für kleine Teile erfordern ein besonderes Augenmerk: Pappkartons und Zigarrenkisten gehören nicht in eine moderne Metallbearbeitungswerkstatt.

Einen guten Überblick über den Zustand, die Bereitschaft der Maschi-

nen gewähren die bekannten Meistertafeln mit je einem Fach nebst Einzelnotizkarten für jede Maschine, oder noch besser, mit Karten, wie sie

Abb. 18 darstellt, die einen drehbaren Sternkopf tragen. Der Meister dreht jeweils denjenigen Zipfel nach oben, der dem Zustand der Maschine entspricht, und der Betriebsleiter oder der Maschinenaufseher kann bei seinen Kontrollgängen mit einem Blick übersehen, wo eingegriffen werden muß.

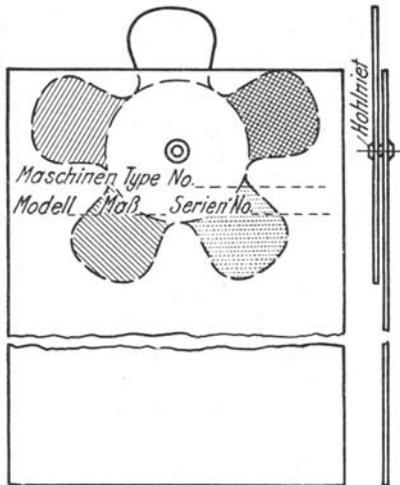


Abb. 18. Maschinen-Zustandskarte zeigt an, ob Maschine in Ordnung, Maschine Minderleistung aufweist, Maschine wegen Materialmangel oder Arbeitsmangel bzw. wegen größerer Reparaturen stillsteht.

Vorteilhaft sind für große Betriebe Tagesberichte nach Abb. 19. Für jede Maschinengruppe wird ein Vordruck täglich ausgefüllt, entweder vom Meister oder von seinem Schreiber, und dem Betriebsleiter eingereicht. Die Ergebnisse können in Prozenten ausgewertet und in Kurvenblättern eingetragen werden. Der Betriebsleiter wird auf diese Weise die Schwächen seiner

Betriebseinrichtung kennenlernen und seine Maßnahmen treffen. Es ist selbstverständlich, daß derartige Kontrollmittel keine Allgemeingültigkeit haben können, daß sie aber in Hochproduktionsbetrieben,

zumal solchen mit teuren Maschinen, ebenso dem Bereitschaftsdienst dienen wie die Tagesberichte der Kraftanlagen. Außerdem besitzen sie einen stark erzieherischen Wert.

Es ist selbstverständlich, daß solche gründlichen Untersuchungen nur von größeren Werken angestellt werden können, die sich dafür einen besonderen Mann oder eine besondere Dienststelle leisten können. Die alltägliche Kontrolle wird in der Hand der Werkstattsleitung liegen, auch wenn eine Zentralbeobachtungsstelle da ist, die gelegentlich anregend eingreift. Aber die Stichprobenkontrolle muß in der Hand einer Zentralstelle liegen. Es muß das ein Mann sein, der von der alltäglichen Terminjagd entlastet ist und den Betriebsleitungen kollegial parallel gestellt ist. Welche Zentralstelle für die Angliederung in Frage kommt, hängt von der Art des Betriebes ab. Es kann die technische Zentraleitung sein, unter Umständen auch die Verwaltungszentrale oder der Zentraleinkauf oder eine sonst geeignete Stelle. Die Ergebnisse der Kontrollarbeiten müssen sachgemäß verarbeitet und den versammelten Betriebsleitern mindestens ein- oder zweimal im Jahre in geeigneter Form bekanntgegeben werden. Einzelregeln dafür lassen sich nicht aufstellen.

Selbstverständlich hat keine Betriebskontrolle, gleichgültig ob von der Betriebsleitung oder von einer Zentralstelle ausgehend, wirklich störend in die Fabrikation einzugreifen.

Aber ebenso selbstverständlich dürfen Trägheit oder schlechtes Gewissen sich nicht unter der ständigen Ausrede verbergen, daß jede Betriebskontrolle störend wirke; zeitweilige „Störungen“, die dauernde Vorteile im Gefolge haben, sind nicht nur zulässig, sondern absolut notwendig.

Aber ebenso selbstverständlich dürfen Trägheit oder schlechtes Gewissen sich nicht unter der ständigen Ausrede verbergen, daß jede Betriebskontrolle störend wirke; zeitweilige „Störungen“, die dauernde Vorteile im Gefolge haben, sind nicht nur zulässig, sondern absolut notwendig.

### 3. Die Aufarbeitung der Maschinen.

Wie wichtig die Reparaturtechnik für die Betriebseinrichtungen ist, geht schon aus vielen der bisher festgestellten Mängel der Einrichtungen hervor. Es kommt darauf an, daß der Maschinenpark möglichst auf gleichmäßiger Leistungshöhe steht. Gewiß versteht es mancher erfahrene Maschinenarbeiter, auch auf abgenutzten Maschinen eine gute Arbeit zu leisten. Er hilft sich eben durch Kniffe aller Art, die Gefühlssache sind oder gelernt sein wollen. Aber das darf nicht zur Regel werden. Die Unersetzbarkeit eines Mannes darf nicht in der Fehlerhaftigkeit seiner Maschine begründet sein. Daß abgenutzte Maschinen nicht

Tagesbericht vom		21/1 1943		Abtlg.	
Mensch		Reparatur		Gruppe 14 - Fräsmaschinen	
Arbeitszeit	Arbeitsleistung	Arbeitszeit	Arbeitsleistung	Arbeitszeit	Arbeitsleistung
Grund des Stillstandes der Maschine					
7	I 75			I	Auslaute
	II				
8	I 1			I	Arbeits
	II				
17	I 6 2				früherer angestellte
	II 1/3	175			früher angestellte
45	I			I	einleitete auf der Betriebsleitung
	II				
50	21 2 1/2	1/2	1/2	64 Std	Meister I Müller
52	4/2	1/2	2/3	100 %	II. Abtlg. K18315

Abb. 19. Tagesbericht für mechanische Werkstätte.

nur ungenau arbeiten, sondern auch Kraft fressen, daß sie unzuverlässig sind, die Bedienung gefährden und die ganze Disziplin der Werkstatt, d. h. die fachliche Hochachtung vor dem tadellosen Betriebsgerät und damit vor der Arbeitsgüte zerstören können, liegt auf der Hand.

Für die Maschinenreparatur gibt es drei Formen:

1. Leichte Teilreparaturen, die darin bestehen, daß akute Teilstörungen (entweder Bruch oder Verlust) in Ordnung gebracht werden. Dazu muß man Ersatzteile vorrätig halten, wie Öler, Scherstifte, Schraubenbolzen, Zahnräder, Kupplungsfedern, in Automaten Sälen auch Arbeitsspindeln (ebenso wie die auswechselbaren Kurven). Diese einfachste Art der Instandsetzung erfolgt meist am Arbeitsplatz ohne Auseinandernehmen der Maschine, vielleicht nur unter Abnehmen der Schutzvorrichtungen und leicht entfernbaren Einzelteile, was nicht immer einfach ist, da die heutigen Maschinenkonstruktionen die Neigung zur Einkapselung zeigen. Um so wichtiger ist, daß der Konstrukteur an die Möglichkeit der Instandsetzung ohne lange Betriebsstörungen denkt. Der diese Instandsetzungen ausführende Mann — Maschinenarbeiter, Meister, Reparaturschlosser der Meisterei oder in schwierigeren Fällen auch der des Werkes — muß sich die Lage der herausgenommenen Teile genau merken, sonst behält er leicht zum Schluß Teile übrig, die er nicht unterzubringen weiß. Sehr vorteilhaft wäre es natürlich, wenn die Lieferanten sich zur Mitlieferung solcher Innenzeichnungen oder Photos verstehen würden, die das, was man zum Auseinandernehmen wissen muß, zur Darstellung bringen. Das kostet leider bei den meisten Lieferanten immer einen schweren Kampf, da sie Nachbaumöglichkeiten fürchten. Aber es gibt da Auswege.

2. Umfangreiche Teilreparaturen, die durch Bruch oder Verlust von Teilen, seltener durch Abnutzung entstehen. Die Notwendigkeit dieser Reparaturen verrät sich im Gegensatz zu den vorher genannten bereits durch Genauigkeits- oder Leistungsabfall. Zu diesen Arbeiten gehören z. B. Auswechseln der Lagerschalen oder Lager, Nacharbeiten der Spindeln. Solche Arbeiten erfordern schon Reparaturkolonnen und eine besondere Reparaturwerkstatt oder die Inanspruchnahme eines fremden Betriebes, möglichst die des Herstellers. Dabei spricht natürlich die Größe der Maschine mit, ferner die Art ihrer Aufstellung (lose oder untergossen bzw. fundamentiert) usw. Die Reparaturkolonnen unterstehen — wie die Installateure, Öler, Sattler usw. — am besten der Werksverwaltung. Häufig werden diese Arbeiten mit einem allgemeinen Überholen verbunden.

3. Die Grundreparatur der Maschinen. Hier handelt es sich um ein vollständiges Auseinandernehmen und Aufarbeiten, um das Ersetzen oder Nacharbeiten aller abgenutzten oder beschädigten Teile, und das kann nur in einer besonderen Reparaturwerkstatt geschehen, die so ein-

gerichtet sein muß wie eine richtige Werkzeugmaschinenfabrik. Die Notwendigkeit, solche Grundreparaturen vorzunehmen, verrät sich immer durch Genauigkeitsabnahme verbunden mit Leistungsabnahme. Die weitaus häufigste Grundreparaturursache ist übrigens allgemeiner chronischer Verschleiß, seltener akuter völliger Zusammenbruch durch Verschleiß. Viel seltener sind schwere Beschädigungen durch Unfall oder Teilbruch wie sie in Transportbetrieben überwiegen.

In Ausnahmefällen, d. h. bei ganz schweren Maschinen, können solche Reparaturen auch am Arbeitsplatz erfolgen.

Vorteilhaft ist eine möglichst weitgehende Zusammenfassung der Reparaturarbeiten in einer Zentralstelle, zumal bei einigermaßen gleichartigen Maschinen, da man dann die Einzelarbeit durch eine geeignete Serienfertigung ersetzen kann, also in Automatenwerkstätten oder — außerhalb der Metallbearbeitung — bei Transportmaschinen wie Kraftwagen oder Lokomotiven. Bei den üblichen mannigfaltigen Werkzeugmaschinen bringt die Zusammenfassung und Reihenfertigung der kleinen, sich wiederholenden Teile wie Zahnräder, Riemenscheiben, Lagerbuchsen, keine wesentlichen Verschiebungen der Selbstkostenhöhe und Lieferzeiten zustande. Man sollte aber so viele Ersatzteile wie möglich vom Hersteller beziehen, falls dieser sie vorrätig hat und nicht gerade Liebhaberpreise dafür fordert. Zur Beurteilung der Ersatzteilpreise rechne man seine eigenen Selbstkosten aber vorsichtiger aus als das häufig geschieht, d. h. nicht so, daß die Eigenfertigung immer billiger erscheint als der Bezug von außerhalb.

Die Reparatur der ganzen Maschine im Herstellerwerk ausführen zu lassen geht nicht immer an, trotz der Vorteile, die damit verbunden wären, denn vielen Herstellern liegt wenig an solchen die Neufabrikation störenden Einzelarbeiten, und dementsprechend fallen dann die Preise aus. (Bei Kraftwagen und anderen Großserienerzeugnissen kann dagegen das Ersatzteilgeschäft sehr lohnend sein.) Andererseits wünscht der Betriebsleiter ja auch, seine Reparaturkolonnen in schlechten Zeiten durchhalten zu können.

Die Reparaturbedürftigkeit kann entweder auf Arbeitsverschleiß oder auf schlechte Qualität der Maschinen von vornherein oder auf schlechte Auswahl der Maschine oder auf ihre schlechte Behandlung zurückzuführen sein. Die schlechte Behandlung kann in zu hoher Arbeitsbeanspruchung durch zu große Arbeitsgeschwindigkeit, durch zu große Drehmomente und Arbeitsdrücke, zu schwere Werkstücke usw. bestehen. Das Ein- und Ausspannen der Werkzeuge und Werkstücke, sowie der Zubehörteile kann falsch erfolgen. Die Geschwindigkeitsschaltung im Lauf, das Anfahren bewegter Teile gegen feste Teile, ungenügende Wartung verursachen Beschädigungen. Unvorhergesehene Ereignisse, wie Bruch eines Werkzeuges oder Werkstückes, stumpfe



Werkzeuge, Unfall des bedienenden Mannes können zur Reparaturbedürftigkeit einer Maschine führen.

Was sich für die Betriebskontrolle aus den eingehenden Maschinen ersehen läßt, erkennt man aus dem in Abb. 20 dargestellten Formblatt, in das der Zustand der Reparaturmaschinen vor und nach der Reparatur eingetragen wird. — Der Fertizustand wird ähnlich kontrolliert wie der einer neuen Maschine, denn es ist klar, daß an eine gut reparierte Maschine, die nachher mit neuen Maschinen zu konkurrieren hat (denn es soll doch der gleiche Akkord an beiden Maschinen verdient werden), die gleichen Anforderungen gestellt werden müssen. Kann sie die Ver-

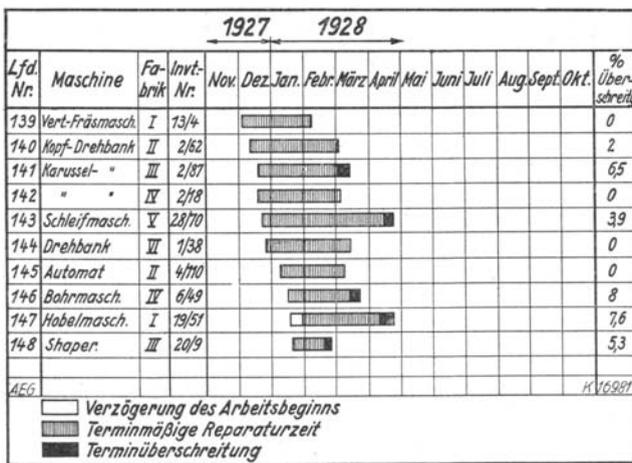


Abb. 21. Terminverfolgungstafel für Reparaturen.

wendungshöhe ihrer neu beschafften Kollegin auch durch Reparatur nicht mehr erreichen, so lohnt entweder die Reparatur überhaupt nicht mehr, oder die aufgearbeitete Maschine muß für minderwertigere Arbeiten Verwendung finden. Dann kann ein einfaches Überholen an die Stelle einer Grundreparatur treten.

Die Kontrolle der Reparaturzeiten kann in einfacher Weise mittels einer Terminverfolgungstafel so erfolgen, wie in Abb. 21 dargestellt. Man sieht mit einem Blick, welche Maschinen und wann sie in die Reparaturwerkstatt geliefert wurden, wann sie in Angriff genommen und welcher Liefertermin genannt und ob er eingehalten oder ob er überschritten wurde. (Die nächste Spalte enthält die Überschreitungen der vorgeschätzten Preise.)

Die Frage, ob Reparaturen etatmäßig gehandhabt werden, oder ob in gewissen Zeitabständen die reparaturbedürftigen Maschinen herausgeschrieben und die erforderlichen Beträge dafür bewilligt werden sollen, oder ob man einfach nur soviel reparieren soll, wie die mit einer gewissen

Belegschaft ausgerüstete Reparaturabteilung bewältigen kann, oder endlich, ob man nur die Maschinen instand setzt, mit denen tatsächlich nicht weiter gearbeitet werden kann, ist eine Frage des Fertigungsumfanges, des Arbeitstempos, der Finanzkraft. Leider bleibt schon seit Jahren vielen Werken der deutschen Industrie gar nichts anderes übrig, als Raubbau mit ihren Betriebsmitteln zu treiben.

Das Reparaturproblem ist an sich interessanter als gewöhnlich angenommen wird, und es wäre lohnend, einiges über die Praxis amerikanischer Hochproduktionsbetriebe zu bringen, insbesondere derjenigen Werke, die grundsätzlich alle wichtigen Maschinen in bestimmten Zeitabschnitten, etwa monatlich, vollständig durchkontrollieren und vorbeugende Instandsetzungen vornehmen. Hier findet man sehr eingehende Statistiken über die Höhe der an den einzelnen Maschinentypen und Fabrikaten erforderlichen Reparaturstunden, über das Verhältnis der Reparaturstunden zum Beschaffungspreis, über die Abweichung der Einzelreparaturkosten von dem Durchschnittssatz der betreffenden Typen, über die Grenzen, an denen die Einzelreparaturen unwirtschaftlich werden und einer Grundreparatur weichen müssen usw. Die zulässige prozentuale Reparaturhäufigkeit als Kennzeichen für die Zuverlässigkeit einer jeden Maschinentype liegt fest. Über die Ursachen der Reparaturen für jede Maschinentype wird genaue Statistik geführt, so daß man übersieht, welche Schleifmaschinen, welche Automaten, welche Zahnradfräsmaschinen usw. mehr Lagerverschleiß, mehr Pumpenstörungen oder mehr Abnutzung oder Bruch an der Spannvorrichtung bzw. dem Futter hatten als andere. Auf diese Dinge kann aber an dieser Stelle leider nicht näher eingegangen werden, ebenso wie auf Einzelheiten der Berechnungen zur Feststellung der Reparaturwürdigkeit einer Maschine, der Schätzung und Kalkulation usw.

## Werkzeuge.

### 4. Kontrolle der Werkzeuge bei Lieferung.

Auch bei diesen Betriebsmitteln ist es zunächst notwendig, die Sollwerte festzulegen, also Güte- und Abnahmevorschriften. Die ersteren sind nach Wertklassen zu unterteilen, von denen jede einem bestimmten Verbraucherbereich oder einer Verbrauchergruppe zu entsprechen pflegt. Auch die Abnahmevorschriften sind nicht allgemein gültig, sondern sie nehmen Bezug auf die besondere Einrichtung mechanischer und persönlicher Art, die dem abnehmenden Käufer zur Verfügung steht. Sie enthalten Angaben über die Apparatur, die Methoden, die Mittelwerte, Eichwerte usw. ihre Einzelheiten müssen also unter Würdigung des Standes der Abnahmetechnik vom kaufenden Werk festgelegt werden. Die realen Unterlagen des Abnahmevorganges sind für Rohmaterialien und



ist. Dazu ist die Verbraucherabnahme nicht da. Das Ideal wäre natürlich auch hier, daß man sich so weit auf die Lieferanten verlassen könnte, daß eine Nachprüfung überhaupt überflüssig wäre.

Der Unterschied der Werkzeugabnahmeprüfung gegenüber der Maschinenprüfung besteht darin, daß sie in ganz kurzer Zeit erledigt werden muß, und daß sie mehr oder weniger kostspielige Geräte erfordert. Die Kürze der für die Abnahme zur Verfügung stehenden Zeit schließt eine Prüfung der billigeren Werkzeuge Stück für Stück aus. Man muß sich auf Stichproben verlassen, deren Prozentsatz festgelegt werden muß. Dazu

<b>WHA.</b>		<b>Prüfschein für Sägeblätter</b>				Bestellung Nr. ....		Datum: .....		
Nr. ....						Lieferant: .....		Marke: .....		
Gesamtstückzahl: .....			Untersuchte Stückzahl: .....			Art der Auswahl: .....				
<b>Kennzeichnung</b>					<b>Abnahmerückmeldung</b>					
Maße	Zähnezahl auf 1"	Härtung	Schrägung	Aussetz	Härte an Stärke Prüfstein	Elastizität	Schneidhaltigkeit			
<b>Bemerkungen:</b>										
WIR den ..... 193...			Bemerkungen für Wz. ....							
Revisor: .....			Gesehen, den ..... 193...							
Lagerl. den ..... 193...			Erledigt: .....							
AEG										K 16976

Abb. 23. Prüfschein für Sägeblätter.

sind Bestimmungen darüber zu treffen, bei welchem Ausfall der Stichprobe sofort Rücksendung an den Lieferer erfolgt, und in welchen Fällen vorsichtshalber eine zweite umfangreichere Stichprobe oder eine Prüfung Stück für Stück vorzunehmen ist. Wertvolle Werkzeuge, wie alle Meßwerkzeuge und die wichtigsten Schneidwerkzeuge, z. B. teure Gewindebohrer und große Fräser, werden stets Stück für Stück geprüft.

Alle Prüfungsapparate müssen die Wirkung der Betriebsmittel möglichst betriebsgetreu erkennen lassen, d. h. Kurzprüfungen müssen völlig betriebsähnlich sein. Sie können äußerlich ganz anders arbeiten als die eigentliche Betriebsbeanspruchung, müssen aber nachweislich die gleichen Wertverhältnisse ergeben wie diese.

### Einige Prüfungseinzelheiten aus der Abnahmerevision der Zentraleinkaufsabteilung der AEG.

Manche Prüfungen machen Schwierigkeiten, da käufliche Apparate fehlen. Die normalen Genauigkeitsprüfungen sind bekannt. Als Bei-

spiel für eine besondere Durchmesserprüfung diene der dreinutige Gewindebohrer (Abb. 24). Der zu messende Bohrer wird hier zwischen den Spitzen eines Spitzenapparates aufgenommen und der halbe Durch-

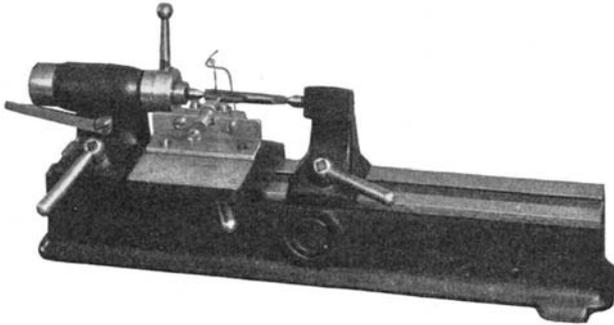


Abb. 24. Einrichtung einer Durchmesserprüfung dreinutiger Gewindebohrer (AEG).

messer mit einer radial angeordneten Mikrometerschraube gemessen. Um Fehler, die durch die exzentrische Lage des Gewindeteils zur Spitzenachse entstehen, auszugleichen, wird an allen drei Rippen gemessen und der Mittelwert errechnet.

Ein weiteres Beispiel (Abb. 25): Hier werden Gewindebohrer ohne Zentrierung geprüft. Der Bohrer wird dazu in ein genau eingearbeitetes Prisma von bekannter Höhe gelegt, und von oben mittels des Werkstattdickenmessers von Zeiß oder einer Mikrometerschraube gemessen. Nach den abgelesenen Prüfmaßen kann der

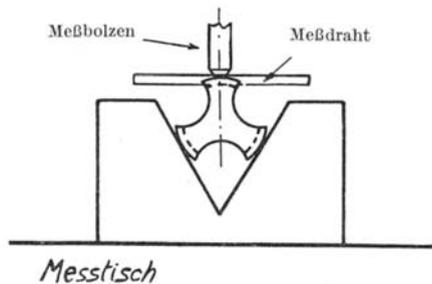


Abb. 25. Einrichtung zur Durchmesserprüfung von Gewindebohrern ohne Zentrierung; rechts Einrichtung zur Zentrierung (AEG).

Revisor an Hand von Tabellen die Durchmesser ablesen. — Durch Einlegen eines Drahtes (ähnlich der bekannten Dreidrahtmethode) in einen Gewindegang können nach beiden Methoden auch die Flankendurchmesser eines Gewindebohrers bestimmt werden.

Härteprüfung. Diese erfolgt bekanntlich entweder nach der Ein-

dringmethode von Brinell oder Rockwell und mit den hierfür bestehenden zahlreichen Apparaten oder nach der Elastizitätsprüfung nach Shore mit verschiedenen Apparaten oder nach der Ritz- oder Feilmethode, ohne oder besser mit Eichmitteln. (Abb. 26 zeigt den vom Verfasser angegebenen Eichstab mit Rockwellskala, DRP a.) Die Beziehungen der verschiedenen Härtewerte und Apparate zueinander sind noch lange nicht voll geklärt, und die alte Anfeilprobe ist noch sehr beliebt, und das auch mit Recht. Sie gestattet Schneidzähne gerade dort zu untersuchen, wo sie arbeiten, während man mit den anderen Apparaten nicht so leicht dort hinkommt, wo es nötig ist, und sie hat auch noch andere Vorzüge.

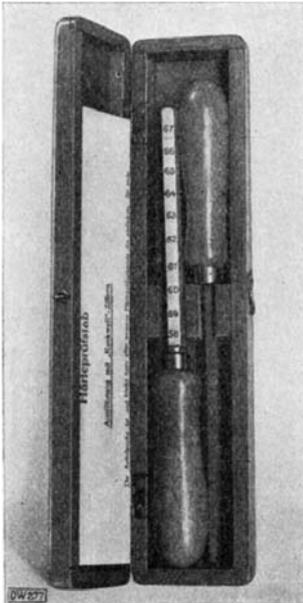


Abb. 26. Härte-Prüfstab.

Für die Prüfung der Elastizität, besonders von Sägeblättern, ist an der genannten Stelle ein einfacher Apparat (Abb. 27) gebaut worden, in dem die Blätter zwischen verstellbaren Backen in der Längsrichtung eingespannt und bis zum Bruch zusammengebogen werden. Während ganz gehärtete Blätter vollkommen zerspringen, reißen die nur an den Zähnen gehärteten Blätter deutlich hörbar ein. Das Verhältnis zwischen gestreckter Länge und Bruchlänge bzw. Einreißlänge ergibt ein Maß für die Elastizität.



Abb. 27. Elastizitätsprüfer für Sägeblätter (AEG).

Schneidenprüfung. Der Begriff der Schneidfähigkeit steht erst im Anfangszustand seiner Klärung. Das Einfachste ist natürlich, die Schneidwerkzeuge im Dauerbohrversuch oder im Dauerdrehversuch zu erproben, was aber schwierig, umständlich und kostspielig ist. Bei Handwerkzeugen, beispielsweise Feilen und Sägeblättern, müßte diese Prüfung dazu mit der Hand erfolgen, so daß hier als Ungenauigkeitsfaktor die grundsätzliche Veranlagung und die augenblickliche Verfassung der Versuchsperson mitspricht.

Zur Feilen-, Sägen-, Schleifleinprüfung und ähnlichem dient deshalb eine (seinerzeit patentierte, jetzt nicht mehr geschützte) Abnutzungsprüfmaschine des Verfassers (Abb. 28). Das Abnutungsmaß des Werk-

zeugs wird nach einer gewissen Laufzeit (etwa 5 Minuten) auf einem Meßmikroskop festgestellt und die Abstumpfungsform der Zähne auf dem Binokularmikroskop mit Normalstücken verglichen; das geht sehr rasch. — Zur Feilenprüfung kann dem Werkstück eine exzentrische Bewegung erteilt werden, die ein Festsetzen der Späne so weit verhindert, wie das auch beim Handfeilen geschieht.

Natürlich ist hiermit die Prüfung von Schneidwerkzeugen noch nicht zu Ende. Bei Feilen z. B. gehört dazu die Bestimmung von etwa 12

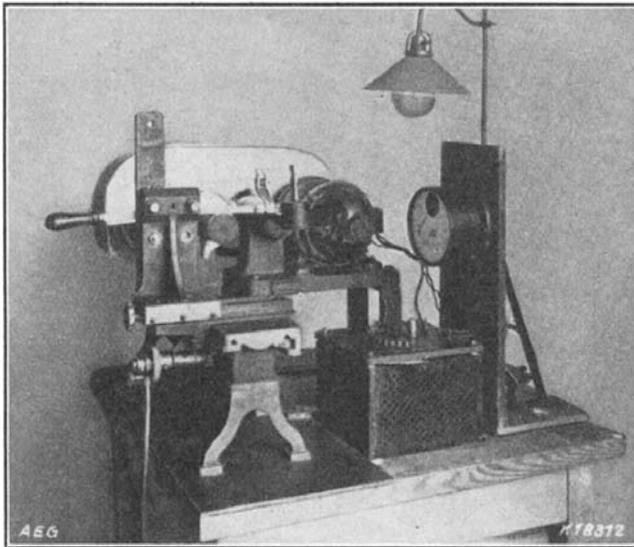


Abb. 28. Abnutzungsprüfmaschine.

verschiedenen Faktoren, die auch unter weitgehender Ausschaltung von persönlichen Momenten erfolgt.

Die Schneidenprüfung von Maschinenwerkzeugen, die ja heute fast nur auf Härte oder auf der Maschine selbst erfolgt, kann durch einen bisher noch nicht bekannt gewordenen Kurzversuch ergänzt werden. Die Schneidhaltigkeit von Schneiden hat bekanntlich der Reibwirkung des abfließenden Spanes, der hohen Temperatur und den Stößen, besonders an unterbrochenen oder harten Stellen des Werkstückes, standzuhalten. Die Widerstandsfähigkeit der Schneide gegen Reibwirkung und Arbeitswärme kann nun durch eine mit bestimmter Drehzahl umlaufende Hartmetallscheibe aus Widia, die an der Schneide mit bestimmtem Druck aufliegt, geprüft werden (Abb. 29). Die Widerstandsfähigkeit der Schneide gegen Stöße wird durch einen mechanischen Fallhammer geprüft, der so auf die Schneide schlägt, daß bei jeder Untersuchung eine bestimmte Arbeitsmenge während einer bestimmten Zeit zugeführt

wird. Vorläufig dient dieses Verfahren des Verfassers zur gelegentlichen Nachprüfung von Werkzeuglieferungen bekannter Stahlsorten, deren Stufung auf der Maschine unter Schnitt schon festgelegt wurde, wobei es sich also nur um spätere Nachkontrollen handelt. Es erscheint aber möglich, später die beiden so erhaltenen Wertziffern für Schneidenabnutzung und Schneidenzertrümmerung zu einem einheitlichen Schneidhaltigkeitswert zusammenzufassen, der für die

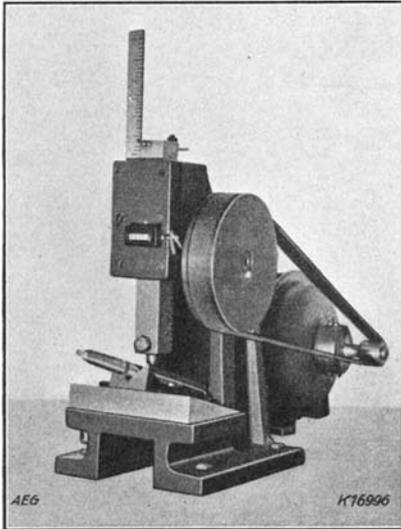


Abb. 29 c.

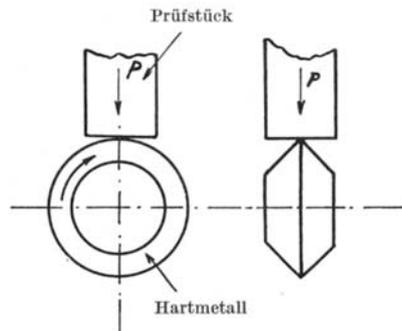


Abb. 29 b.

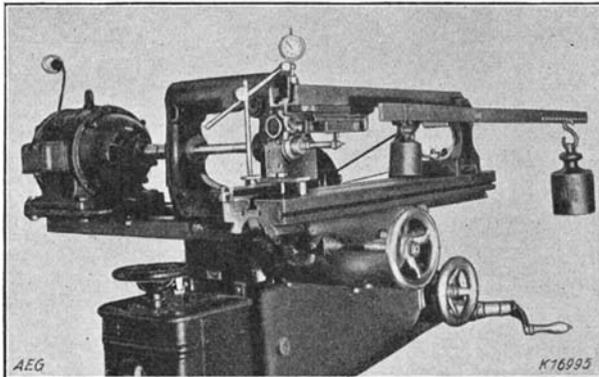


Abb. 29 a.

Abb. 29 a—c. Kurzprüfung von Werkzeugschneiden.

praktische Vorprüfung ausreicht. — In Zukunft wird man vielleicht überhaupt dazu übergehen müssen, den völlig unbestimmten Härtebegriff bei der Werkzeugprüfung fallen zu lassen und an seine Stelle den Abnutzungswiderstand der Meßwerkzeuge, die Schneidhaltigkeit der

Schneidwerkzeuge, die Verformung der Schlagwerkzeuge und die Bearbeitbarkeit der Werkstoffe zu setzen.

Abnutzungsapparate für Anbindeseile, Vorrichtungen zur Messung der Schneid- und Bruchmomente von Gewindebohrern, Einrichtungen zur Untersuchung der verschiedenen Eigenschaften der Treibriemen, Schmirgelleinen usw., seien nur kurz erwähnt. Alle diese als Beispiele herausgegriffenen Einrichtungen bilden Teile eines ziemlich abgeschlossenen Systems, zu dem außer weiteren Apparaturen Normenwerte, Eichmethoden und persönliche Erfahrungen gehören. Es ist nicht zu verlangen, daß diese so geprüften Eigenschaften alle in absoluten Zahlen ausgedrückt werden können. Für manche Prüfung muß das vergleichende Auge im Verein mit vorliegenden Mustern, deren Bewährung bekannt ist, den Ausschlag geben. Das läßt sich vorläufig nicht vermeiden. Sicherlich bleibt auch bis in die fernste Zukunft immer noch ein letzter Rest für das persönliche Urteil. Aber worauf es ankommt bei allen diesen Dingen ist ja, daß das heutige Gemisch von rationalen und irrationalen Werten getrennt wird in das rational zu Bestimmende und den unvermeidlichen irrationalen, d. h. dem persönlichen Urteil unterworfenen Rest. Bis wir Besseres haben, müssen wir uns mit dem Besten begnügen, das heute erreichbar ist.

Eine kleine Abschweifung in die formale Untersuchungsmethodik sei gestattet: die in den letzten Jahren vielfach erwähnte „Großzahlforschung“ oder Häufigkeitsrechnung im Dienste der Prüfung von Werkzeugen und Utensilien (Abb. 30). Ein Beispiel soll dies erläutern: Es wurden in diesem Falle je 1000 Spiralbohrer gleichen Durchmessers von zwei verschiedenen Lieferanten Stück für Stück auf Durchmessermaßhaltigkeit untersucht und die Ergebnisse in ein Koordinatensystem eingetragen. (Das geschieht natürlich nicht jedesmal, sondern vielleicht für jeden Lieferanten alle Jahre einmal!) Aus der Art, wie sich die Bohrer in das vorgeschriebene Toleranzgebiet eingruppierten, kann man ersehen, in welcher Weise, d. h. mit welcher Sorgfalt die einzelnen Lieferanten ihre Bohrer herstellen bzw. nachprüfen. Bei Firma I lag der größte Teil der Bohrer auf der

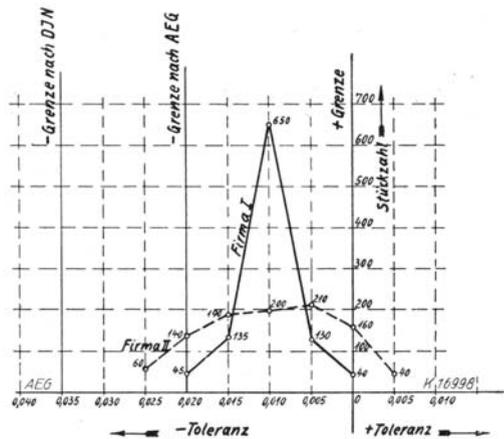


Abb. 30. Anwendung von Häufigkeitskurven bei der Werkzeugabnahme.

dies erläutern: Es wurden in diesem Falle je 1000 Spiralbohrer gleichen Durchmessers von zwei verschiedenen Lieferanten Stück für Stück auf Durchmessermaßhaltigkeit untersucht und die Ergebnisse in ein Koordinatensystem eingetragen. (Das geschieht natürlich nicht jedesmal, sondern vielleicht für jeden Lieferanten alle Jahre einmal!) Aus der Art, wie sich die Bohrer in das vorgeschriebene Toleranzgebiet eingruppierten, kann man ersehen, in welcher Weise, d. h. mit welcher Sorgfalt die einzelnen Lieferanten ihre Bohrer herstellen bzw. nachprüfen. Bei Firma I lag der größte Teil der Bohrer auf der

Mittellinie zwischen der größten Plus- und der größten Minustoleranz, und die am weitesten von diesen abweichenden Bohrer lagen in überwiegender Mehrheit immer noch in angemessenem Abstand von den zugelassenen Toleranzgrenzen. Grenzüberschreitungen fanden nicht statt. Beim Lieferanten II war ein eindeutiges Optimum (Mittellinie) nicht festzustellen; außerdem wurde hier die zugelassene Toleranz stärker ausgenutzt, in Einzelfällen sogar überschritten, und zwar auch nach der Plusseite, was besonders unerwünscht ist.

Es kann hieraus ohne weiteres gefolgert werden, daß der Lieferant I über bessere Arbeitsmethoden verfügt und deshalb zuverlässiger ist als der Lieferant II. — Zur Beurteilung des Gesamtwertes eines Werkzeuges gehört natürlich noch eine Reihe weiterer Kennzeichen.

Wem solche Arbeiten unnötig gewissenhaft und kostspielig erscheinen, dem sei gesagt, daß in der Zentralrevision der AEG-Einkaufsabteilung nur 3—4 Revisoren für alle eingehenden Werkzeuge und Utensilien tätig sind, und daß Meinungsverschiedenheiten zwischen ihr und den Fabrikrevisionen bzw. den Werkstätten fast nicht vorkommen. Weitere Einzelheiten zu diesem Gegenstand enthält das Buch des Verfassers „Der Einkauf in der Metallindustrie“, VDI-Verlag, Berlin.

## 5. Betriebskontrolle der in Gebrauch befindlichen Werkzeuge.

Hier handelt es sich um die vom Meister und Betriebsleiter persönlich auszuübende Kontrolle des Zustandes und der Behandlung sämtlicher Arbeitsgeräte überhaupt, vor allem aber um die Meßwerkzeuge und diejenigen wertvollen Schneidwerkzeuge, die regelmäßig in der Werkzeugmacherei aufbewahrt und von ihr ausgegeben werden. In allen Werkzeugausgaben, in denen feste Meßwerkzeuge, auch Gewindemikrometer und anderes, aufbewahrt werden, muß auch ein Satz Kontrollmaße (Meßscheiben, Endmaße und ähnliches) vorhanden sein, und die Ausgeber sind anzuhalten, jede Lehre vor und nach der Ausgabe zu prüfen. Ferner ist notwendig, daß alle dauernd im Betriebe befindlichen festen Meßwerkzeuge in bestimmten Zeitabständen, etwa am Wochenschluß, der Werkzeugausgabe zur Kontrolle eingereicht werden müssen. Die Abnutzungstoleranzen der festen Meßwerkzeuge sind ja genormt.

Für die wachsame Beobachtung und die Anleitung zur Handhabung können natürlich keine Regeln gegeben werden. Höchstens die eine: Man muß immer im Auge behalten, daß es überhaupt keinen Fehler gibt, der nicht mal gemacht wird, auch solche elementarster Art!

Bei Mikrometerschrauben, Schublehren, Maßstäben usw., die im dauernden Besitz des Arbeiters sind, kann man die Kontrolle im all-

gemeinen dem gelernten Mann, nicht aber den ungelernten überlassen; für diese übernimmt der Einrichter die Kontrollarbeiten. Kontrollmaße müssen beim Meister oder in der Werkzeugausgabe vorrätig gehalten werden. In guten amerikanischen Werkstätten übergibt der Arbeiter seinen Meßwerkzeugkasten (der ja bekanntlich dort sein Eigentum ist) Sonnabends dem Meister zur Aufbewahrung und Nachkontrolle der Genauigkeiten.

Schneidwerkzeuge und Spannwerkzeuge kontrollieren sich hinsichtlich Ausnutzung an Hand der Löhne und des Ausfalls der Werk-

Von (Fabrik) _____ An WHA _____ <b>Meldebogen für Schleifscheibenschäden.</b> Der Meldebogen ist in sämtlichen Schadenstellen, auch wenn keine Person verletzt ist, genau und eingehend auszufüllen. Durch diesen Meldebogen wird die gesetzliche Meldepflicht nicht befreit.		<b>Befragung der Scheibe (Pfeilmarkierung)</b> Wären zwischen Scheibe und Flansch Breitscheiben aus Papier oder ähnlichem Material gelegt? Gelegentlich über und durchmesserseitig dieser Wichtelscheiben?	
<b>Art des Schadens</b> (Scheiben, Maschinen, Werkstück, Umgebung - Preisverhältnisse)		Legten sich die Flansche selbst gegen die Scheibe? Mit welchem Mittel wurden die Flansche festgezogen? War ein besonders großer Druck hierzu erforderlich? Waren die Flanschringeln zu fest angesetzt? Sonstige Beobachtungen oder Bemerkungen:	
<b>Ursache des Schadens</b> (Wenn möglich, unter allen Umständen die Ursache genau und an WHA geschildert werden)			
<b>Schleifscheibe</b>			
Kennzeichnung der Schleifscheibe:		Maße:                      Härte: Körnung: Körnung      Bindung: Körnung:                      Karbidkorund      Lieferart:	
Form:		Form:	
Gehten für Bestellung:			
War die Schleifschicht des Werkstückes angemessen? (Form, Glanz, Härte usw. betreffend)			
Würde die Schleifscheibe vor dem Aufbringen auf die Maschine geprüft? Wie?			
War die Scheibe sehr heiß als sie in Gebrauch genommen wurde?			
Lief die Scheibe genau rund und gerade?			
Wie lange lief die Scheibe, bevor der Bruch eintrat? (Ob vom letzten Aufahren der Maschine an gemessen)			
Kann die Scheibe beim Arbeiten oder im Ruhezustand einen Stoß oder eine ähnliche schädliche Beanspruchung erdulden haben?			
Sonstige Beobachtungen oder Bemerkungen:			
<b>Bestätigung der Scheibe.</b>			
Stand der Bruchspitze beiderseits über die Scheibenoberfläche vor?			
Schob sich die Scheibe beim Aufbringen leicht auf die Spindel, oder mußte sie mit Gewalt auf ihren Sitz gepreßt werden?			
Waren die Flansche in Ordnung? (Gelegentlich weit frei e-dreht, gleiche Durchmesser, nicht abgenutzt, nicht verzogen usw.)			
War der andere Flansch aufgesetzt oder sonstwie auf der Spindel befestigt?			
Sonstige Beobachtungen oder Bemerkungen:			
AEG Meldeb. Nr. 1-21			
Datum _____ Abteilung _____		Ausgestellt von _____ Betriebsleitung _____	
		K16979	

Abb. 31. Kontrolle von Schleifscheibenschäden.

stücke, wenn Kalkulation und Revision in Ordnung sind, zum anderen Teil, d. h. hinsichtlich Bruch und Mißbrauch durch Beobachtung der Betriebsbeamten und der Werkzeugausgaben. Diese Kontrollen sind leicht in ein System zu bringen, das dem betreffenden Betrieb angepaßt ist. Der Automaten einrichter prüft jedes hundertste oder tausendste Stück, und danach wird festgestellt, ob die Maschine und das Werkzeug ordnungsmäßig arbeiten. Dieser Standpunkt hat eine gewisse Verankerung in den Normblättern für Gewindetoleranzen gefunden, in denen angegeben wird, daß die Brauchbarkeit der Werkzeuge durch die Brauchbarkeit der damit geschnittenen Gewinde bestimmt wird (ein solches Verfahren genügt allerdings nicht für die Abnahme). Für besondere Bruchfälle, z. B. an großen Spiralbohrern oder Schleifscheiben

empfiehlt sich ein Meldedienst (Abb. 31), damit solche Vorfälle für alle angeschlossenen Betriebe ausgewertet werden können. Fräsdorne und möglichst auch alle Fräser, mindestens die Fräsersätze, gehören gleichfalls in die Ausgabe.

## 6. Aufarbeiten der Werkzeuge (einschl. Nachschliff).

Bei solchen Schneidwerkzeugen, die regelmäßig in der Schleiferei — möglichst maschinell — scharf geschliffen werden, genügt es, wenn ein Revisor die frisch geschliffenen Werkzeuge, bevor sie von hier an die Ausgabe zurückgegeben werden, eingehend auf Rundlauf, Härte usw. untersucht. Eine Nachprüfung im Betrieb ist dann nicht mehr nötig. Falls sich die Maschinenarbeiter die Werkzeuge — besonders Stähle — selbst anschleifen, wie dies in den meisten Betrieben noch heute der Fall und auch bei Nachtschicht schwer zu vermeiden ist, muß ihr Zustand von Zeit zu Zeit immer wieder von Meistern oder Betriebsbeamten kontrolliert werden. Dem gelernten Mann müßte ja eigentlich die Verantwortung für richtige Winkelform überlassen werden können, wenn ihm gute Schleiflehren zur Verfügung stehen. Aber es soll nicht unterlassen werden, darauf hinzuweisen, daß das Scharfschleifen von Werkzeugen meist ganz unerhört nachlässig geschieht. Es wird alles mögliche an Schleifmaschinen gebaut und über Schleifwinkel usw. geschrieben, aber die Praxis zeigt viel Pfuscherei, sowohl in Zwergbetrieben wie in ganz großen. Und dann: was nutzen die besten Winkel, wenn der Stahl nachher schief oder zu hoch oder tief eingespannt wird! Darüber im einzelnen zu sprechen, würde hier viel zu weit führen. Aber man sollte hier scharf aufpassen und auch die Werkzeugscharfschleifer im Lohn arbeiten lassen — natürlich unter guter Aufsicht —, um sie nicht zu übertrieben schnellem und fehlerhaftem Arbeiten anzureizen.

Solche Meßwerkzeuge, für deren Neuanfertigung der Betrieb nicht eingerichtet ist (wie Mikrometer, Schublehren und ähnliches) werden am besten vom Lieferanten nachgearbeitet, denn die Reparatureinrichtungen des eigenen Betriebes lassen meist ein wirtschaftliches Aufarbeiten dieser Werkzeuge nicht zu. Selbstverständlich dürfen solche Arbeiten niemals teurer werden als allerhöchstens 50% des Neupreises.

In welcher Weise die Arbeiten einer so vorgehenden Kontrolle ihren Niederschlag in technischen Anweisungen finden können, zeigt Abb. 32 als Beispiel. Aus Gründen der Anschaulichkeit sind die Fehler in etwas übertriebener Form zum Ausdruck gebracht worden.

Der Zustand der Spannwerkzeuge, der Kegel usw., wird zweckmäßig gemeinsam mit der Maschinenkontrolle geprüft, deren stichprobenweise Untersuchung vorhin erläutert wurde.

In gleicher Weise müssen die in Betrieb befindlichen Utensilien und Ausrüstungsteile des Werkes, z. B. Treibriemen, außer der täglichen

Kontrolle (Anspannen, Pflege) stichprobenweise kontrolliert werden. Ein Kontrollformular für diesen Zweck zeigt Abb. 33. Die einzelnen Be-

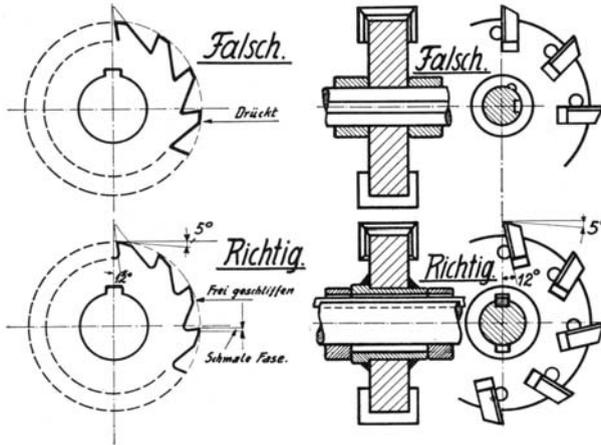


Abb. 32. Anleitung zur zweckmäßigen Anwendung von Fräsern (AEG).

triebe melden ihre Feststellungen an Hand der Formulare an die Zentralstelle, die Ergebnisse werden dann auf gemeinsamen Sitzungen besprochen, und Abweichungen vom Bestwert in ähnlicher Weise wie für Maschinen dargestellt, aus der Welt zu schaffen versucht.

Daß bei solchen Erhebungen immer die Höhe des betreffenden Jahresbedarfs und sein Verhältnis zum Lohn überschlagen werden muß, damit nicht an unwichtige Dinge Zeit verschwendet wird, die wirtschaftlich wertvolleren Arbeiten zugute kommen könnte, versteht sich von selbst. Ebenso wie es eigentlich unnötig sein dürfte, darauf hinzuweisen, daß die Einzelheiten der Arbeiten nicht schematisch, sondern nach freiem Ermessen des ausübenden Fachmannes gefunden und angewandt werden müssen. Art und Umfang der Werke und hundert andere Punkte sind da-

Fragebogen betreffend Ledertreibriemen.

Für die Beantwortung genügt Angabe der Nummer	
1. Gesamtneuwert Ihrer laufenden Lederrriemen?	
2. Gesamtneuwert Ihrer lagernden Lederrriemen?	
3. Wert des jährlichen Ersatzes?	
4. Wieviele Riemensattler sind vorhanden?	
5. Wer bestimmt die Notwendigkeit des Riemenersatzes im Einzelfall?	
6. Werden Fälle falscher Bemessung, Auswahl oder Qualität der Riemen der Betriebsleitung gemeldet?	
7. Was geschieht zur Kontrolle richtiger Riemen-spannung?	
8. Was geschieht zur Verhütung der Verwendung ungeeigneter „Adhäsionsmittel“?	
9. Was geschieht für die Pflege der laufenden Riemen? In welchen Zeitabständen werden die Riemen gewaschen, geteilt usw.?	
10. Werden die als unbrauchbar abgenommenen Riemen von der Betriebsleitung auf Merkmale schlechter Behandlung untersucht?	
11. Bestehen Aufzeichnungen über die Lebensdauer der wichtigeren Riemen?	
12. Welche Nicht-Ledertreibriemen sind im Betrieb? Welche Vorteile bieten sie gegenüber Lederrriemen?	

AEG K18313

Abb. 33. Meldebogen für Treibriemen.

bei ausschlaggebend. Es muß nur alles Nötige so praktisch wie möglich gemacht werden, und die Hauptsache ist: daß überhaupt die Arbeitsverrichtungen und ihre Hilfsmittel planmäßig kontrolliert werden.

Der bestorganisierte Fertigungsvorgang versagt, wenn die Technologie der Betriebe nicht auf der Höhe steht. Und die beste Betriebskontrolle schöpft in ein Danaidenfaß, wenn nicht Hand in Hand mit der Verbesserung der toten Arbeitsvorgänge eine Wertsteigerung der die Arbeit ausführenden Menschen in irgendeiner Form verbunden ist. Das ist nicht nur eine Forderung der biologischen Gesetzmäßigkeit, sondern auch der engsten Praxis. Der schärfste Kontrollbeamte stumpt ab oder reibt sich auf, wenn er immer und immer das gleiche wiederholen muß. Arbeiterwechsel, Terminjagd der Meister, Trägheit, Dummheit, Unlust und Ungeschick der schaffenden Hände sind die Hemmungen. In ständigem Kampfe mit den einzelnen Arbeitern ein Optimum der Fertigungshöhe erreichen zu wollen, ist ein unerreichbares Ziel. Aber das Interesse des besten Teils der Arbeiterschaft für vollkommene technologische Handhabung der Arbeitswaffen zu wecken, eine gemeinsame Plattform naturgesetzlich vernünftiger — also mechanisch, physikalisch, chemisch richtiger — Bedienung der eisernen Sklaven der Menschheit zu finden und durchzuführen, dieses Ziel erscheint erstrebenswert und erreichbar; ebenso selbstverständlich wie dasjenige erreicht wurde, daß der Fahrer seinen Wagen und der Maschinenwärter seine Kraftmaschinen schont und pflegt und sogar in gewissem Sinne liebgewinnt. Der gute Facharbeiter tut das ja schon, aber die große Masse kennt dieses Ethos noch nicht. Beaufsichtigung und Strafen allein tun es nicht. Organisatorische Maßnahmen bleiben Teilarbeiten. Die restlose Mechanisierung der Arbeitsvorgänge, das lückenlose „fool-proof“ wird in der Metallbearbeitung nie erreicht werden können.

Nicht gegen den Arbeiter, sondern mit ihm muß die Kontrolle der Arbeit und der Arbeitsgeräte letzten Endes erfolgen. Man überlegt an allen Enden, wie man der Entseelung der Berufsarbeit entgegenwirken kann, die ja menscheitsbiologisch ein viel ernsteres Problem bildet als der auf seine Technik spezialisierte Bearbeitungsfachmann sich meist vorstellt. Und ich glaube, daß sich auf dem angedeuteten Wege wenigstens ein ganz klein wenig mehr Interesse in die Arbeit hineinbringen lassen würde. Lernen schafft Befriedigung. Wir Techniker müssen von unserer Lust am Ding, von unserer gegenständlichen Schaffensfreudigkeit — um die uns so viele andere Berufe beneiden — auf unsere Handarbeiter ausstrahlen. Nicht voraussetzen, daß sie doch eigentlich da sein müßte, sondern aktiv ausstrahlen! Dann würde, wenn auch nicht der ganze, so doch ein Teil des alten „Handwerkerstolzes“ wiedergewonnen werden. Prof. Dr. Adolf Friedrich sagt sehr richtig:

„Ungeheure Werte werden dadurch verschlungen, daß jeder Neuling wieder gezwungen ist, in langen Jahren aus zufällig richtigen Handlungen zwischen kostspieligen Fehlschlägen Erfahrungen zu sammeln. Fast jeder Praktiker behauptet, seine Fertigkeit „im Gefühl“ zu haben und zeigt dem Neuling nur oberflächlich — wenn auch oft mit gutem Willen — Äußerlichkeiten, mit denen nichts anzufangen ist. Die Folge ist Nachahmung der Handlung ohne inneres Verstehen, Vortäuschen einer Leistung ohne Können: Scheinarbeit und Selbstbetrug. Im Unterbewußten aber frißt das Gefühl der Minderwertigkeit. Um es zu über-tönen, überhebt der Mensch seine Leistung nach außen... Und noch eins: Wie ein Kind die Eltern haßt, die es unnötig früh ohne Erziehung und Schulung in den Lebenskampf stießen, so haßt der Arbeiter den Vorgesetzten, der ihn ohne ausreichende Schulung in den Arbeitskampf stellt. Nicht bedienen soll der Mensch die Arbeitsmittel, meistern soll er sie!“

Und im übrigen müssen wir uns immer vergegenwärtigen, daß die mechanische Werkstatt nie Veranlassung hat, auf ihren Lorbeeren auszuruhen. Blicken wir noch einmal über den Ozean hinüber: Vor einigen Jahren wurde gelegentlich der großen Untersuchungen über „Waste in Industry“ für die metallverarbeitende Industrie ein Jahresverlust von 500 Millionen Dollar angegeben, der etwa der Arbeitskraft von 250 000 Menschen entspricht: Der Durchschnitt ihrer vermeidbaren Verluste betrug 28% (im besten Betrieb 6%, im schlechtesten 56%); die Verantwortung für die Verluste fielen zu 81% der Betriebsleitung, zu 9% der Arbeiterschaft, zu 10% auswärtigen Ursachen zur Last. Solche Zahlen geben zu denken und regen zur Selbstkritik an.

# Kontrolle der Maßrichtigkeit von Werkstücken.

Von Obering. P. Brauer.

## 1. Zweck der Maßkontrolle.

Von den betrieblichen Kontrolltätigkeiten ist in Maschinen- und Apparatefabriken diejenige, welche sich auf die Maßrichtigkeit der Einzelteile bezieht, die bekannteste. Dies hat seinen Grund darin, daß sie unmittelbare Wirkung sowohl auf den glatten Ablauf des inneren Betriebes wie auch auf befriedigende Lieferungen an die Kundschaft hat. Dieser Art von Kontrolle ist daher im letzten Jahrzehnt die größte Aufmerksamkeit seitens der Betriebsfachleute geschenkt worden. In dieser Vortragsreihe ist die Maßkontrolle gleichwertig mit anderen Bereichen des betrieblichen Kontrollwesens eingeordnet, und es wurde im ersten Abschnitt gezeigt, daß dieses Gebiet nicht nur im wesentlichen den gleichen Grundsätzen folgt, sondern auch aus den Erfahrungen der Maßkontrolle eine ganze Reihe von Kontrollgrundsätzen gewonnen werden konnte.

Wenn wir auf dieses besondere Gebiet eingehen, so finden wir, daß die Maße an den Fertigteilen mehrmals kontrolliert werden. Zuerst prüft sie der Arbeiter, um sich zu überzeugen, ob er bei der Bearbeitung die in der Zeichnung vorgeschriebenen Maße erreicht hat, dann der Kontrolleur, um zugleich mit dem Maß die Arbeit des Arbeiters zu kontrollieren. Auch der Empfänger prüft Maße an den Fertigteilen: Manchmal an den Einzelteilen, manchmal auch nur an zusammengebauten Gegenständen. Mitunter ersetzt er auch die Maßprüfung durch eine Funktionsprüfung, da es ihm nicht nur darauf ankommt, daß bestimmte Maße und Eigenschaften bei unbelasteter Maschine vorhanden sind; sie müssen auch bei beanspruchter Maschine bestehen bleiben, z. B. muß ein Fräsmaschinentisch auch dann noch eben sein, wenn er durch Werkstücke und Schnittdruck belastet ist.

Maßprüfungen an einer Maschine werden auch mitunter noch vorgenommen, nachdem sie eine Zeitlang in Betrieb war, um die Abnutzung festzustellen.

Im nachstehenden soll hauptsächlich die Maßprüfung durch den Kontrolleur behandelt werden, weil sie für die Güte des Erzeugnisses von ausschlaggebender Bedeutung ist. Diese Kontrolle nimmt gegen-

über den übrigen Betriebskontrollen insofern eine Sonderstellung ein, als durch sie nicht nur festgestellt wird, ob die vorgeschriebenen Maße erreicht sind, sondern zugleich, ob der Arbeiter den Akkordvertrag erfüllt hat, d. h. ob der vereinbarte Preis zur Auszahlung gelangen soll oder nicht. Diese Verquickung von Maßprüfung und Lohnzahlung ist der Maßkontrolle deshalb nicht dienlich, weil nun bei Verhandlungen mit dem Kontrolleur über die Brauchbarkeit von Teilen andere als der Sache dienliche Gründe mitbestimmend sind. Andererseits hat das finanzielle Interesse des Arbeiters an dem Ergebnis der Maßkontrolle mit dazu beigetragen, daß für die Kontrolle eindeutige, unantastbare Grundsätze aufgestellt sind, die dafür sorgen, daß die Entscheidung nicht in das Belieben des Kontrolleurs gestellt wird.

Der Hersteller muß vor allem deshalb Maße prüfen lassen, um einwandfreie, gleichmäßige Erzeugnisse garantieren zu können und um festzustellen, ob die beim Vertragsabschluß vereinbarten Bedingungen erfüllt sind. Diese Bedingungen können vom Verbraucher gestellt sein — dies geschieht vornehmlich bei Einzelfertigung —, sie können auch vom Hersteller angeboten sein, indem sie in den Werbeschriften enthalten sind. Wird z. B. geräuschloser Gang von Zahnradgetrieben garantiert, so müssen außer der Verzahnung der Achsenabstand und die Lagerstellen geprüft werden. Daneben gibt es Lieferbedingungen, die weder vom Besteller noch vom Lieferer besonders erwähnt zu werden brauchen, da sie als selbstverständlich vorausgesetzt werden können, z. B. daß man auf einer Drehbank zylindrisch drehen kann, oder daß wichtige Ersatzteile ohne Nacharbeit passen. Für die Erfüllung der erwähnten Forderungen und für die Prüfung der darauf bezüglichen Maße wird sich vornehmlich der Konstrukteur einsetzen. Man kann sagen, daß diese bisher erwähnten Maßprüfungen im Interesse des Verbrauchers erfolgen.

Darüber hinaus wird von seiten des Betriebes gefordert werden, daß alle die Maße kontrolliert werden, deren Einhaltung für eine wirtschaftliche Fertigung erforderlich ist: um Hemmungen an den Arbeitsmaschinen zu vermeiden, müssen die Maße der Einzelteile geprüft werden, soweit sie für die Aufnahme in den Vorrichtungen von Wichtigkeit sind. Um reibungslos zusammenbauen zu können, müssen die Maße an den Paßstellen kontrolliert werden.

Neben der bisher erwähnten Tätigkeit der Maßkontrolle, Fehler an Teilen festzustellen, also der negativen Seite, gibt es eine positive Seite: durch Untersuchungen soll sie Fehler vermeiden helfen und zur ständigen Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes beitragen. Auf Grund der Unrundheit oder Konizität von Drehteilen soll sie auf das Reparaturbedürfnis der Maschinen aufmerksam machen, bevor die erzeugten Teile unbrauchbar sind; sie soll andere Bearbeitungsgänge vor-

schlagen, sie soll durch Verhandlungen mit dem Konstrukteur übertriebene Genauigkeitsforderungen auf das notwendige Maß zurückbringen, sie soll helfen, daß die Güte nicht gehalten, sondern dauernd verbessert wird. Kurz, sie soll das Gewissen des Betriebes sein, und je mehr diese positive Seite in den Vordergrund tritt, wird der Nutzen der Kontrollstelle und damit ihre Wertschätzung steigen.

## 2. Umfang der Maßkontrolle.

Für den Umfang der Maßkontrolle gilt die Regel: je schlimmere Folgen aus einem falschen Maß entstehen können, desto wichtiger ist die

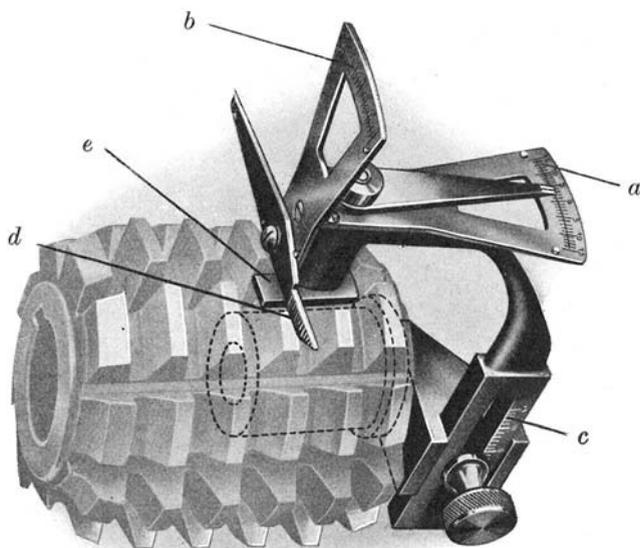


Abb. 1. Zahnbrustprüfer von W. Ferd. Klingelberg Söhne.

*a* Skala für den Steigungswinkel der Schleifnute, *b* Skala der Schneidbrustlage, *c* Höheneinstellung für verschiedene Fräsergrößen, *d* Skala für verschiedene Fräserdurchmesser, *e* Parallelendmaß zur Teilkreisbestimmung.

Kontrolle. Daraus ergibt sich, daß eine gründliche Maßkontrolle an Werkzeugen und Vorrichtungen vor deren Benutzung nötig ist, um falsche Maße an den Werkstücken zu vermeiden. Durch unrichtiges Nachschleifen von Profilfräsern wird das Profil verzerrt, außerdem kann die Leistungsfähigkeit des Fräasers darunter wesentlich leiden. Ein Gerät zum Prüfen der Fräserbrust zeigt Abb. 1. Auch die ständige Überwachung der sich abnutzenden Meßwerkzeuge gehört zum Aufgabenkreis der Kontrollstelle.

An den Fertigteilen müssen vor allem die Maße geprüft werden, die für die Funktion und das Passen der Ersatzteile von Wichtigkeit sind.

Stets sollten die ersten Teile, die aus Vorrichtungen und Gesenken kommen, gründlich in bezug auf alle Maße geprüft werden. Das Jagen dieser Erstlinge durch alle Werkstätten bis zur Montage und zum Prüfstand kann wohl eine Hilfe, aber kein Ersatz für die Maßkontrolle sein. Aber auch die Roh teile müssen auf ihre Maßhaltigkeit geprüft werden, wenn man nicht Bearbeitungskosten aufwenden will, um hinterher festzustellen, daß vielleicht an der letzten Fläche die Zugabe für die Bearbeitung fehlt. Gleichfalls wird man den Durchmesser gezogener Stangen prüfen, wenn er zugleich der größte Durchmesser des daraus gefertigten Teiles ist und dieser in bestimmten Grenzen liegen soll. Durch diese Prüfung wird nicht nur Ausschub vermieden, die Arbeit der Kontrollstelle wird zugleich wesentlich verringert, weil dies Maß bei den vielen Fertigteilen nun nicht mehr gelehrt zu werden braucht. Selbst Zwischenmaße, die in der Fertigung entstehen und am fertigen Teil nicht mehr vorhanden sind, müssen mitunter geprüft werden, z. B. der Durchmesser eines Kolbenbolzens vor dem Einsatzhärten, damit nicht infolge zu großen Übermaßes der Schleifer zuviel Zeit für den Fertigschliff aufwendet und dabei die harte Schicht wieder abschleift.

Da ungezählte Einflüsse am Werke sind, die verhindern, daß die vorgeschriebenen Maße erreicht werden, so sollte sich die Maßkontrolle möglichst auf alle Stücke erstrecken. Nur wenn die beim Prüfen gesammelten Erfahrungen zeigen, daß die Kontrolle eines jeden Teiles unnötig ist, kann zu Stichproben übergegangen werden. Dies wird dort möglich, wo die Vorrichtungen oder die Werkzeuge, solange sie nicht abgenutzt sind, die Maße sicherstellen, also z. B. bei Maßen, die durch Ziehen oder Räumen entstehen. Auch bei Automatenteilen genügen Stichproben, doch sollte der Kontrolleur immer daran denken, daß die Erwärmung des Automaten und seine Abkühlung während längeren Stillstandes die Maße der Stücke stark verändert. Die Erhöhung des Ausbringens und die dadurch erforderliche Einstellung neuer Arbeiter, zwingt mitunter die Kontrolle, vorübergehend wieder von Stichproben zur allgemeinen Prüfung zurückzukehren.

### 3. Das Soll.

Bevor etwas kontrolliert werden kann, muß festgesetzt sein, was erreicht werden sollte. Dieses „Soll“ muß bei Maßen vom Konstrukteur in die Zeichnung eingetragen werden. Es soll aber nicht der Idealzustand (siehe S. 12), sondern die obere und untere Grenze des Erforderlichen festgelegt werden.

Für den Arbeiter wie für den Kontrolleur sind die Verhältnisse dann geklärt, wenn der Konstrukteur jedes Maß toleriert. Dies ist auch in einigen Werken Brauch. Meistens werden jedoch die Toleranzen nur dann angegeben, wenn sie klein sind. Für die untolerierten Maße gelten

dann die „werkstattüblichen Genauigkeiten“. Diese sind in den verschiedenen Werken und in den Werkstätten des gleichen Werkes verschieden; sie sind abhängig von den Erzeugnissen, den Einrichtungen und dem Arbeiterstamm. Sie sollten in jedem Betrieb ermittelt und auf Tafeln festgelegt werden als Richtlinie für den Konstrukteur, den Arbeiter und den Kontrolleur.

Die Eintragung der Grenzmaße kann auf verschiedene Art erfolgen, ausgehend von dem den beiden zusammengehörigen Teilen gemeinsamen

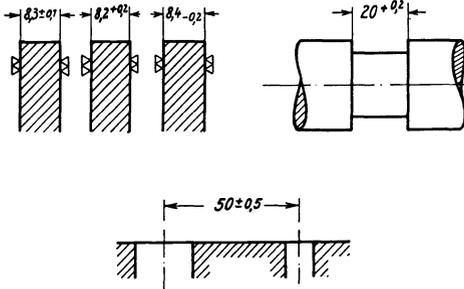


Abb. 2. Eintragen der Toleranzen.

Nennmaß oder unabhängig davon. Die Normen sehen beide Möglichkeiten vor. In letzterem Fall kann man die Toleranz durch +, — oder  $\pm$  - Abmaße angeben. Man sollte jedoch dort, wo man durch Spanabnahme, Walzen, Ziehen usw. auf ein Maß hinarbeitet, von dem zuerst erreichten Maß,

das ist das Gutmaß, ausgehen, d. h. bei Außenmaßen — Abmaße und bei Innenmaßen + Abmaße angeben. Dort jedoch, wo man von vornherein ein Maß innerhalb der Toleranz zu treffen sucht, wie bei Loch-

entfernungen, sind  $\pm$  - Abmaße am Platze (Abb. 2).

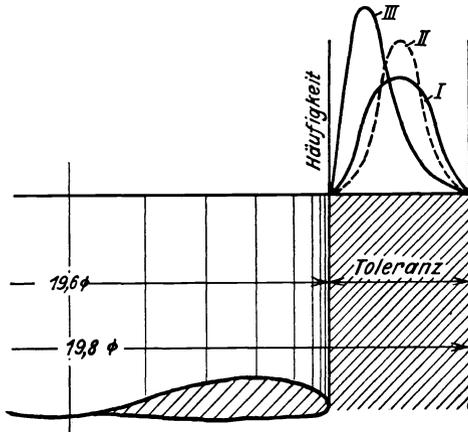


Abb. 3. Lage der Fertigmaße im Toleranzfeld.

Grundsätzlich muß jedoch der Ansicht widersprochen werden, als ob das eingetragene Nennmaß das anzustrebende wäre. Bei der Prüfung einer genügend großen Zahl von Teilen wird man Häufigkeitskurven nach I oder II auf Abb. 3 finden. Aus diesen ersieht man, daß die größte Häufigkeit meistens in der Mitte des Toleranzfeldes liegt. Die Kurve

wird steiler, je kleiner die Toleranz, je feiner das Herstellungsverfahren, je leistungsfähiger der Arbeiter, je besser Maschine und Vorrichtung, je beständiger des Werkzeug, je gleichmäßiger der Werkstoff und je gleichförmiger der Betrieb. Erst durch die Anweisung, möglichst nach einer Seite hinzuarbeiten, entstehen Kurven wie III. Diese Vorschriften sollten aber vermieden werden, sie erschweren dem Arbeiter

und der Kontrolle die Arbeit. Der beabsichtigte Zweck wird durch Verlegung des Toleranzfeldes meist besser erreicht. Leider findet man ähnliche Vorschriften in manchen Betrieben, wenn die vom Konstrukteur vorgeschriebenen Toleranzen nicht richtig liegen. Durch solche Anweisungen wird freilich das Erzeugnis brauchbarer, aber die Zeichnungen bleiben falsch, und die Erfahrungen des Betriebes werden zum Schaden des Werkes nicht ausgewertet. Das Anstreben einer bestimmten Grenze verbietet sich bei Automatenarbeit auch schon von selbst. Hier werden die Werkzeuge mit Rücksicht auf ihre Abnutzung eingestellt, d. h. so, daß die ersten Teile der Ausschußseite näher liegen und die späteren sich der Gutseite nähern.

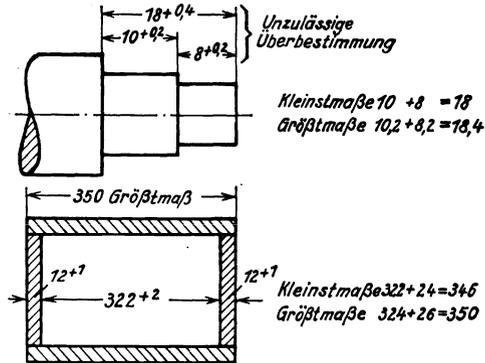


Abb. 4. Kettenmaße — Kettentoleranzen.

Der Konstrukteur muß sich hüten, Maßketten zu tolerieren, weil dadurch der Grundsatz durchbrochen wird, daß jede vorgeschriebene Toleranz — für sich allein betrachtet — richtig sein muß.

Wenn in Abb. 4 oben z. B. 18,4 mm und 8 mm ausgeführt werden, was laut Zeichnung richtig ist, so ergibt sich für das dritte Maß 10,4 mm, und dies läßt die Zeichnung nicht zu.

In den meisten Fällen liegt auch dem Konstrukteur gar nicht an der Innehaltung aller drei Maße; kommt es doch einmal vor, wie bei dem Kasten (Abb. 4 unten), so kann man sich durch Angabe eines Kleinst- oder Größtmaßes helfen.

Häufig setzt auch der Konstrukteur etwas als selbstverständlich voraus, was nicht selbstverständlich ist, z. B. daß in Abb. 5 die Kanten der Nut senkrecht aufeinanderstehen.

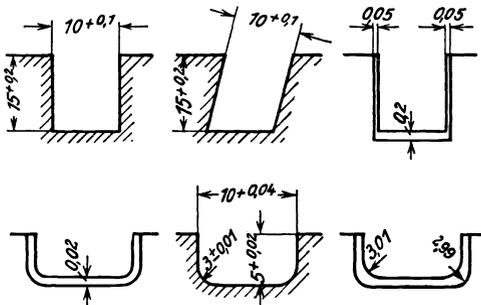


Abb. 5. Toleranzfelder.

Eine gewisse Abweichung von der geometrischen Form muß aber dem Betriebe zugestanden werden. Ist nichts Besonderes gesagt, so darf das ganze aus den Toleranzen konstruierbare Toleranzfeld für Abweichungen von der geometrischen Form ausgenutzt werden. Bei tolerierten Formen sollte der Konstrukteur das Toleranzfeld zeichnen

und bemaßen, anstatt die Maße zu tolerieren. Soll die Form mittels eines Projektionsapparates geprüft werden, so muß das Toleranzfeld aus den tolerierten Maßen konstruiert werden. Dies ist zeitraubend, weil es oft viele Variationen gibt, und zum Schluß ergibt sich häufig etwas anderes als der Konstrukteur haben wollte. Hierfür ist in Abb. 5 unten ein Beispiel gegeben. Die mittlere Figur zeigt die Zeichnungsmaße. Bei der dort angegebenen Tolerierung schwebte dem Konstrukteur eine Formtoleranz nach der linken Figur vor. Es kann sich aber eine Formtoleranz nach der rechten Figur ergeben.

In vielen Fällen muß die Abweichung von der geometrischen Form kleiner sein als das Toleranzfeld erlauben würde. Dies muß dann vom

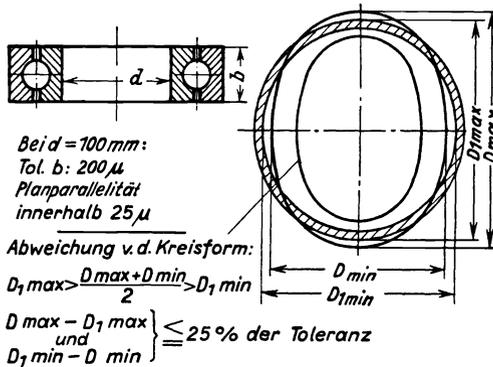


Abb. 6<sup>1</sup>. Toleranzfeld und Abweichung von der geometrischen Form.

Konstrukteur auf der Zeichnung durch Worte angegeben werden, weil Symbole dafür fehlen. Ob das Maß  $b$  des Innenringes beim Kugellager (Abb. 6) etwas größer oder kleiner ausfällt, ist unwichtig, aber die Planparallelität muß innerhalb verhältnismäßig enger Grenzen liegen, sonst würden sich beim Festziehen des Lagers unzulässige Formänderungen ergeben.

Umgekehrt kann auch die zulässige Abweichung von der geometrischen Form größer als das Toleranzfeld sein, z. B. beim Mantel eines Kugellageraußenringes. Die Durchmesser-toleranz des kreisförmig gedachten Mantels muß zur Erzielung des gewünschten Sitzes sehr fein sein. Diese Toleranz ist in Abb. 6 durch den schraffierten Kreisring dargestellt. Für die stets vorhandene Unrundheit müssen jedoch größere Abweichungen zugelassen werden. Dies macht auch nichts aus, denn beim Einbau werden die Ringe wieder kreisförmig. Das arithmetische Mittel aus Größt- und Kleinstdurchmesser muß jedoch innerhalb des Toleranzfeldes liegen, und die Überschreitung darf nach oben und unten nur je 25% der Toleranz betragen. Somit ist hier die Formtoleranz um 50% größer als das eigentliche Toleranzfeld.

Die Maßtoleranzen können für Sonderfälle wieder eingengt werden. Die Toleranz für den Durchmesser der Eisenbahnräder beträgt 7 mm,

<sup>1</sup> Die auf dieser Abbildung enthaltenen Vorschriften sind aus dem DIN-Entwurf „Toleranzen und Prüfverfahren für Kugellager“ entnommen (siehe DIN-Mitt. 19 [Maschinenbau — 1929] S. 670).

diese große Toleranz wird zugelassen, weil die Abnutzung ja doch für erhebliche Veränderung der Ursprungsmaße sorgt, aber im selben Rad-satz dürfen nur Unterschiede von 0,5 mm bestehen. Ferner können die Maßtoleranzen durch Gewichtstoleranzen eingeengt sein, z. B. beim Fliehgewicht eines Reglers. Schließlich können alle Maße so genau wie möglich eingehalten sein, und doch ist das Teil unbrauchbar, weil der Schwerpunkt nicht richtig liegt. Ist die Lage des Schwerpunktes von Wichtigkeit, so muß der Konstrukteur darauf aufmerksam machen, daß das Teil statisch oder dynamisch ausgewuchtet werden muß.

Können die Formen eines Werkstückes nicht in einer Aufspannung hergestellt werden, so muß damit gerechnet werden, daß sie gegeneinander versetzt sind. Kann eine erhebliche Verschiebung der einzelnen Formen gegeneinander nicht zugelassen werden, dann muß der Konstrukteur den Betrieb hierauf durch Angabe einer Symmetrietoleranzaufmerksam machen (Abb. 7).

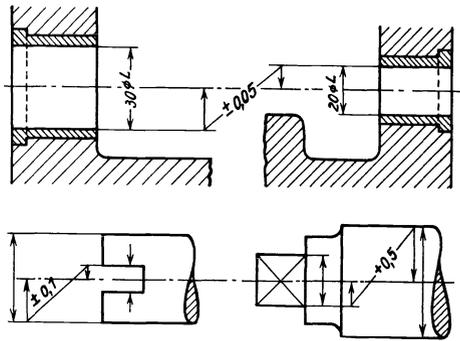


Abb. 7. Symmetrietoleranzen.

Ein allgemein gültiges Symbol für die Symmetrietoleranz gibt es nicht, hierfür eignet sich eine gebrochene Maßlinie (Zickzack), in die nur die Toleranz eingeschrieben wird, da das Nennmaß 0 ist.

In manchen Fällen kann der Konstrukteur weder durch Maße noch durch Symbole dem Betrieb eindeutige Vorschriften machen. Dann bleibt als letzter Ausweg die Angabe: „Nach Lehre...“, die womöglich, eine Grenzlehre und nur in besonderen Fällen eine Normallehre mit all ihren Nachteilen sein sollte.

Über die Größe der Toleranzen bestehen häufig verschiedene Auffassungen. Der Betrieb wünscht große und der Konstrukteur schreibt kleine vor. Der Konstrukteur muß oft eingehende Toleranzuntersuchungen anstellen, um die Grenzfälle zu finden. Erst an Hand der Grenzfälle kann er entscheiden, ob die Toleranzen vergrößert werden können, ohne die Funktion zu gefährden. In Abb. 8 sind nicht die Längenmaße, sondern nur die Toleranzen angegeben. Obgleich die Einzeltoleranzen recht klein sind, bewirken sie, daß das am linken Kugellager erforderliche Spiel um 1,15 mm schwankt. Dementsprechend muß in der Konstruktion ein freier Spielraum vorgesehen werden.

Wichtig ist auch die Berücksichtigung der Abnutzung der Teile.

Der Verschleiß der sich bewegenden Teile bewirkt, daß die bei der Konstruktion vorgesehenen Spiele später um ein Vielfaches vergrößert

werden können, auch dann muß die Funktion durch richtige Tolerierung noch sichergestellt sein<sup>1</sup>.

Da die Arbeitsverfahren ständig verfeinert worden sind, ist es heute möglich, sehr enge Toleranzen einzuhalten. Es kommt aber nicht darauf an, ob es möglich ist, innerhalb sehr enger Grenzen zu arbeiten, sondern ob es nötig ist. Der Fall, daß der Konstrukteur unnötig scharfe Forderungen in bezug auf die Toleranzen stellt, ist viel häufiger, als daß er die Grenzen zu weit steckt.

Häufig bewirken scharfe Toleranzforderungen, die von falschen Voraussetzungen ausgehen, daß das Erzeugnis nicht besser, sondern

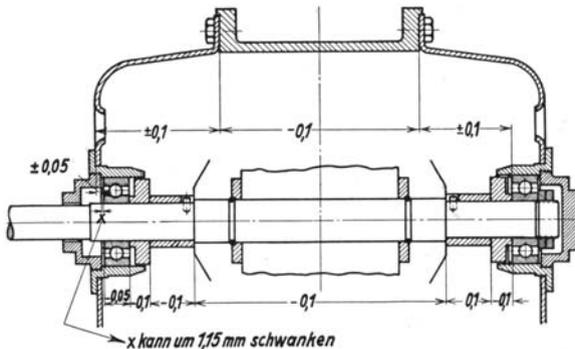


Abb. 8. Auswirkung der Längentoleranzen.

schlechter wird. Bekannt ist, daß die Forderung nach „zügigem“ Gewinde keinesfalls dazu beigetragen hat, die Qualität der Gewinde zu erhöhen. Von Kugellagern wird noch heute vielfach verlangt, daß zwischen Kugeln und Ringen vor dem Einbau kein Spiel wahrnehmbar sein soll, ganz zu Unrecht, denn durch Aufziehen des Innenringes werden bei diesen zu engen Lagern Klemmungen verursacht. Auch muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß viele eng tolerierte Maße an dem gleichen Stück sehr große Ausschußzahlen ergeben können, selbst wenn bei den einzelnen Maßen der Ausschuß nur ganz geringe Prozentsätze ausmacht.

Für die Steigerung der Kosten infolge Verringerung der Toleranzen diene folgendes als Beispiel: der Kreiselkompaß, der jahrelang ununterbrochen mit 20000 Umdrehungen pro Minute laufen muß, benötigt besonders hochwertige Kugellager. Daher werden die Kugeln, die im gleichen Lager zusammenlaufen sollen, nach  $1/10\mu$  sortiert. Durch diese und andere scharfe Toleranzvorschriften erhöht sich der Preis ungefähr auf den 20fachen eines normalen Kugellagers.

<sup>1</sup> Siehe auch Kienzle: Wie nutzen sich die Teile eines Kraftwagens ab? Der Motorwagen 18 (1929) S. 369/73.

Müßte wegen der Funktion des Gerätes ein Maß so eng toleriert werden, daß der Betrieb die Toleranz wirtschaftlich nicht mehr einhalten kann, so sind die Grenzen des Austauschbaues überschritten. Dann bleibt nichts anderes übrig, als die Teile einander anzupassen oder die Stücke mit größeren Toleranzen zu fertigen und nach systematisch<sup>1</sup> abgestuften Lehren oder beim Zusammenbau nach dem Gefühl auszusuchen. Dies ist aber nur bei solchen Passungen möglich, die ein Spiel, wenn auch nur ein sehr kleines, haben dürfen. Bei festen Sitzen kann die Kontrolle entweder nach dem Zusammenbau die Verbindung prüfen, indem sie feststellt, ob genügender Widerstand gegen Verschieben oder Verdrehung vorhanden ist, oder es wird während des Aufpressens zugleich der Pressdruck kontrolliert. In den Fällen, in denen der Betrieb aussucht oder anpaßt, passen natürlich die Ersatzteile nicht mehr, sie müssen mit Übermaß geliefert werden. Da dies nicht nur im Betriebe bekannt sein darf, sondern sich noch nach Jahren aus den Zeichnungen feststellen lassen muß, ob die Ersatzteile fertig oder mit Übermaß zu liefern sind, muß der Betrieb, wenn er die in den Zeichnungen vorgeschriebenen Toleranzen nicht einhalten kann, die Änderung der Zeichnungen veranlassen.

#### 4. Meßgeräte und Meßmethoden.

Ausschlaggebend für den Erfolg der Maßkontrolle ist die Art und Beschaffenheit der Meßgeräte. Hier sind hauptsächlich zwei Arten zu unterscheiden: Messende und feststellende. Von den messenden seien als besonders charakteristisch genannt: Schieblehre, Schraublehre, Meßuhr und Optimeter; zu den feststellenden gehören Winkel und Wasserwaage, Lehrdorn und Rachenlehre, die meisten Sonderlehren bis zur automatischen Prüfmaschine, die für ein bestimmtes Stück gebaut ist und an diesem eine Reihe von Maßen selbsttätig lehrt. Hierher rechnet auch der Projektionsapparat. Meist — aber nicht immer — sind die messenden beweglich, die feststellenden starr.

Die Zeigermeßinstrumente haben den festen Lehren gegenüber manche Vorteile; sie können vielseitig verwandt werden. Die Abnutzung macht sich nicht unangenehm bemerkbar, da die Geräte immer wieder neu eingestellt werden können. Daraus folgt, daß die vom Konstrukteur eingetragenen Maßgrenzen nicht durch Abnutzung der Lehren verschoben werden. Man kann mit Zeigermeßinstrumenten Abweichungen von der geometrischen Form messen, sie haben gleichbleibenden Meßdruck, sind also unabhängig vom Gefühl des Messenden. Man kann schließlich sehen, wie weit das Maß noch von dem zu erreichenden entfernt ist. Dieser Vorzug ist allerdings für die Maßkontrolle nicht so

<sup>1</sup> Siehe auch Kienzle: Der Austauschbau und seine praktische Durchführung. S. 290f. u. 307. Berlin: Julius Springer 1923.

wichtig wie für den Arbeiter, der dadurch kürzere Bearbeitungszeiten erreicht. Einige von ihnen können auch in die Arbeitsmaschine eingebaut werden und gestatten Ablesung während des Laufes. All diese Vorteile bewirken, daß sich die Zeigermeßinstrumente mehr und mehr einführen, trotzdem sie empfindlicher sind.

Die Meßfehler der Meßinstrumente sollten geringer sein als die Ablesemöglichkeit, damit sich nicht der Benutzer der Meßinstrumente über die Maße seiner Erzeugnisse täuscht. Gegen diese Forderung wird freilich vielfach verstoßen: man findet Meßuhren, auf denen  $5\mu$  abgelesen werden können mit einer Ungenauigkeit von  $20\mu$  und Präzisions-schieblehren mit  $\frac{1}{20}$  Nonius weisen häufig eine Ungenauigkeit bis  $+150\mu$  auf.

An der Weiterentwicklung der Meßgeräte wird dauernd ge-

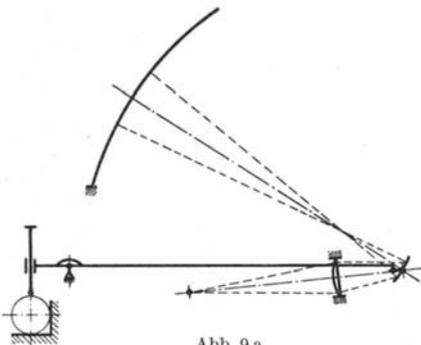


Abb. 9 a.

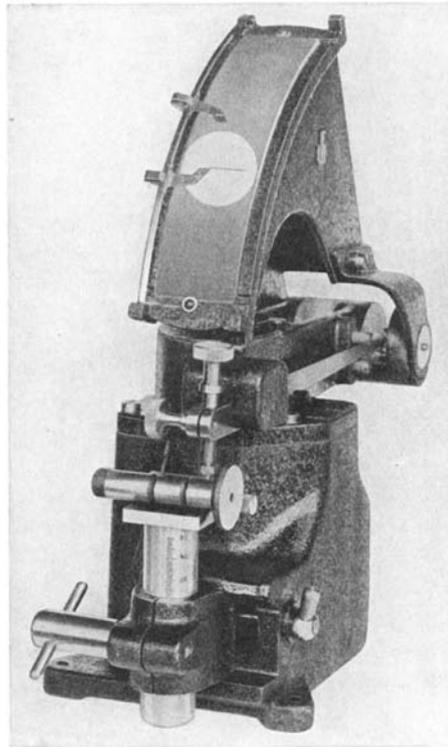


Abb. 9 b.

Abb. 9 a u. b. Spiegellehre „Mikrolux“ (Fritz Werner AG., Berlin).

arbeitet. Auch die Elektrizität ist in den Dienst der Meßtechnik getreten. Die optischen Instrumente sind zum Teil Wunderwerke der Präzision, allerdings sind es meistens Laboratoriumsgeräte, die nicht für die Werkstatt bestimmt sind. Für Messungen in Werkstatt und Revision gilt die Regel, daß das Meßgerät nicht feiner und empfindlicher sein soll als dem Zweck entspricht. Andernfalls werden die Meßzeiten sehr stark verlängert, auch wird den tausendstel Millimetern übertriebene Beachtung geschenkt. Ein für den Gebrauch in der Werkstatt bestimmtes Meßgerät, das mit 1000facher Vergrößerung arbeitet, zeigt Abb. 9.

Bei der Maßkontrolle und der Ausbildung der Lehren muß darauf geachtet werden, daß die Gutlehre möglichst die ganze Form mißt (Abb. 10).

Im Gegensatz dazu darf bei der Ausschußlehre immer nur ein Maß geprüft werden. Wäre die Ausschußlehre als Formlehre ausgebildet, so würde sie sich schon dann nicht einführen lassen, wenn die zu prüfende Form nur an einer Stelle das Ausschußmaß nicht überschritte. Es würde also der Eindruck hervorgeufen, als ob die Form innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen läge.

Mit der Gutrachenlehre mißt man entgegen dem eben aufgestellten Grundsatz nicht zugleich die Form einer Welle.

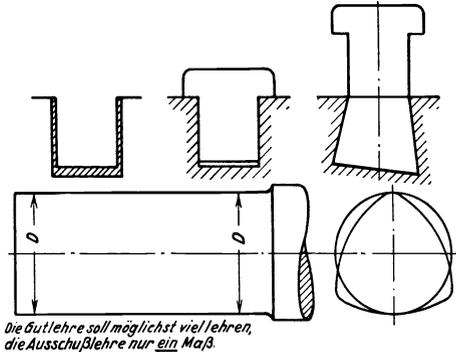


Abb. 10. Messen mit Gutlehre.

Selbst bei mehrmaligem Messen an verschiedenen Stellen kann nicht festgestellt werden, ob sich anstatt des Kreisquerschnittes ein ungerades Kreisviereck eingestellt hat. Da aber die üblichen Arbeitsverfahren keine wesentlichen Abweichungen von der Kreisform ergeben, genügt für die Gutmessung die Rachenlehre in den meisten Fällen, aber nicht immer, weshalb Stichproben mit beweglichen Lehren überall dort vorgenommen werden sollen, wo kleine Toleranzen vorgeschrieben sind. Abweichungen von der Kreisform werden besonders häufig dort beobachtet, wo der Schwerpunkt des Teiles nicht im Mittelpunkt des Kreises liegt, z. B. bei Kurbelwellen und beim Schleifen auf spitzenloser Schleifmaschine.

Auch bei der Gutlehrung von Bolzengewinde verläßt man mehr und mehr den Ring und geht zu Kamm- oder Rollenlehren über, wobei sich die Meßgeschwindigkeit vervielfacht (Abb. 11).

Die Gewinderachenlehren können aber bei gefrästen Gewinden zu Trugschlüssen führen, weil ein Teil des Schraubenumfanges zweimal vom Gewindefräser bestrichen wird, wodurch an dieser Stelle ein geringerer Durchmesser entsteht; hier muß daher unbedingt in zwei Durchmessern gemessen werden.

Die Lehre muß so konstruiert sein, daß sich einwandfreie Messungen ergeben. Sie darf sich also beim Gebrauch nicht verändern. Nachprüfungen in dieser Richtung führen zu erstaunlichen Ergebnissen; so wurde z. B. festgestellt, daß sich eine Lehre durch den Meßdruck um den 6fachen Betrag der Werkstücktoleranz aufbog.

Eine Lehre soll möglichst ohne besondere Gebrauchsanweisung be-

nutzbar sein. Das Maß  $l$  in Abb. 12 soll mit Toleranzlehren geprüft werden.

Lehre I enthält das Kleinstmaß, Lehre II das Größtmaß. Dient die Fläche  $A$  als Anschlagfläche für die Lehren, so läßt sich bei Ausführung

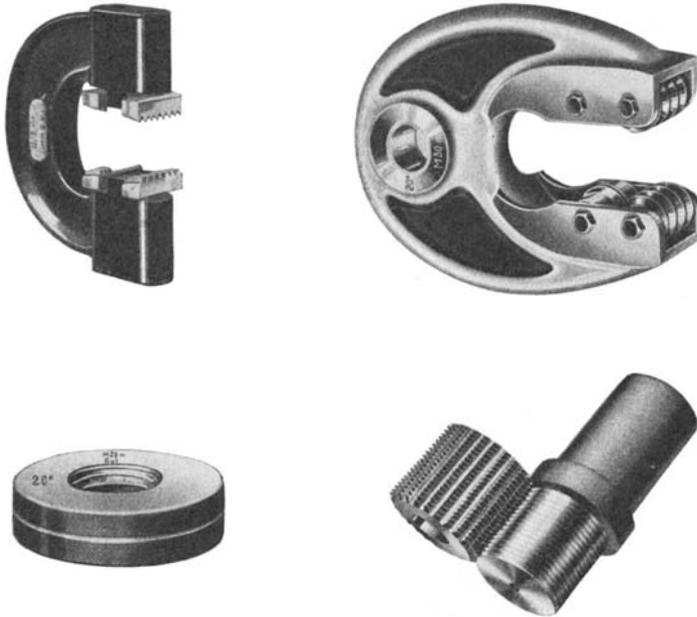


Abb. 11. Lehren von gefrästen Gewinden.

des Maßes  $l$  innerhalb der Toleranz die Lehre I einführen, die Lehre II nicht. Dient aber  $B$  als Anschlagfläche, dann läßt sich Lehre II ein-

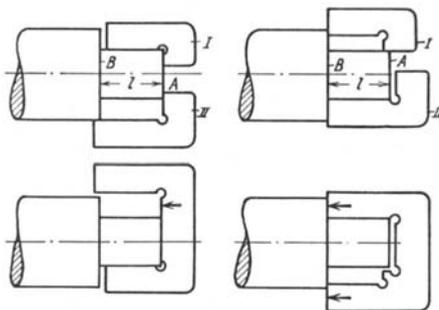


Abb. 12. Absatzlehren.

geführt und I nicht. Welche dieser beiden Lehren ist nun die Gut-, welche die Ausschußlehre? Auch dadurch, daß man die Bezeichnungen „Gut“ und „Ausschuß“ durch „Größt“ und „Kleinst“ ersetzt, wird die Anwendung nicht viel klarer. Sie wird erst eindeutig, wenn man die Anlagefläche auf der Lehre selbst kenntlich macht oder die Lehre so konstruiert, daß sie nicht falsch benutzt werden kann. Als Anlagefläche sollte die bei der Bearbeitung des Werkstückes zuerst hergestellte Fläche benutzt werden.

geführt und I nicht. Welche dieser beiden Lehren ist nun die Gut-, welche die Ausschußlehre? Auch dadurch, daß man die Bezeichnungen „Gut“ und „Ausschuß“ durch „Größt“ und „Kleinst“ ersetzt, wird die Anwendung nicht viel klarer. Sie wird erst eindeutig, wenn man die Anlagefläche auf der Lehre selbst kenntlich macht oder die Lehre so konstruiert,

Die Lehrung soll den Messenden möglichst nicht ermüden. In dieser Beziehung sind die Geräte ungünstig, bei denen mittels Okular abgelesen werden muß. Auch die Benutzung von Strich- oder Tastlehren für zu geringe Toleranzen führen zu schneller Ermüdung und zu Fehl-

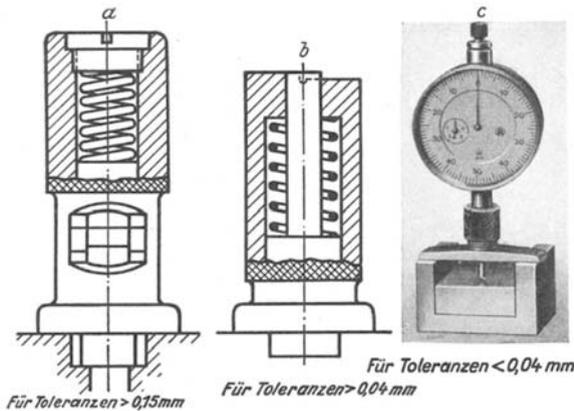


Abb. 13. Tiefenlehren.

messungen. In Abb. 13 ist gezeigt, in welcher Weise die Toleranz des Werkstückes die Ausbildung der Tiefenlehren beeinflusst.

Ist eine Lehre unbequem in der Handhabung, so fällt dies im Betrieb nicht so schnell auf, weil der Arbeiter nicht dauernd lehrt, sondern die Lehre nur von Zeit zu Zeit, nachdem er eine Anzahl anderer Griffe ausgeführt hat, in die Hand nimmt. Bei der Kontrolle fällt jedoch eine ungünstige Form sehr ins Gewicht. Versuche an einem Gutgewindelehrdorn für 50 mm Gewindedurchmesser mit dem genormten gekordelten Griff ergaben, daß der Kontrolleur nach 100 Messungen Wasserblasen an der Hand hatte. Ein Lehrdorn mit Knebelgriff nach Abb. 14c strengte den Kontrolleur nicht an und ergab um 15% kürzere Meßzeiten.

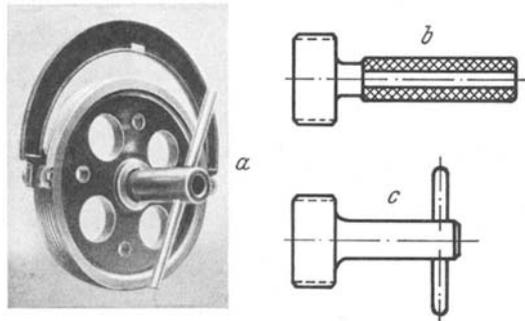


Abb. 14. Gewindelehren.

Ein Lehrdorn mit Knebelgriff nach Abb. 14c strengte den Kontrolleur nicht an und ergab um 15% kürzere Meßzeiten.

Hat der Konstrukteur eine Lochmittenentfernung toleriert, dann kommt es nicht immer auf die Entfernung der Lochmitten an, sondern häufig darauf, daß die Lochwandungen nicht zu sehr gegeneinander versetzt sind (Abb. 15).

Ist die genaue Lochmittentfernung wichtig, z. B. bei Zahnradgetrieben mit zentrisch spannenden Lagerschalen, dann kann man die Messung mit Hilfe von kegeligen Dornen vornehmen (Abb.16 oben).

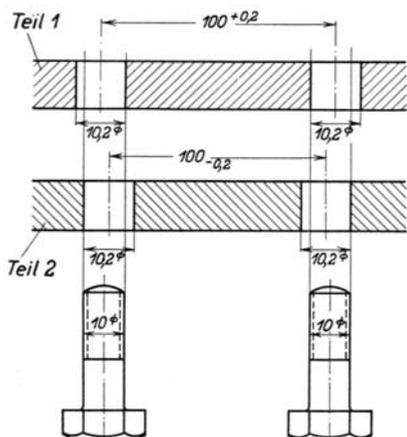


Abb.15 Einfluß der Lochentfernungstoleranz auf die Bolzenstücke.

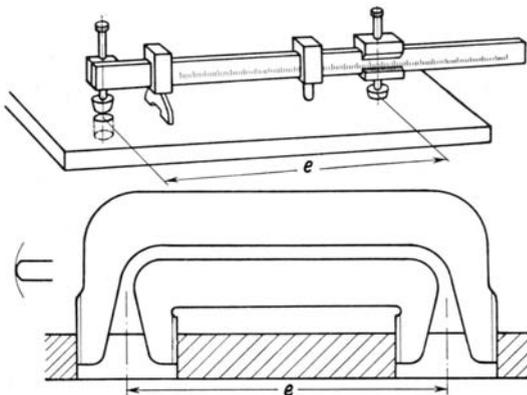


Abb.16. Lochmittellehre.

Ist die Lage der Lochwandungen von Bedeutung, dann kann man bei genügend großen Bohrungen mit Rachenlehren mit gerundeten Meßbacken auskommen (Abb.16 unten). Diese stellen jedoch nicht fest, ob

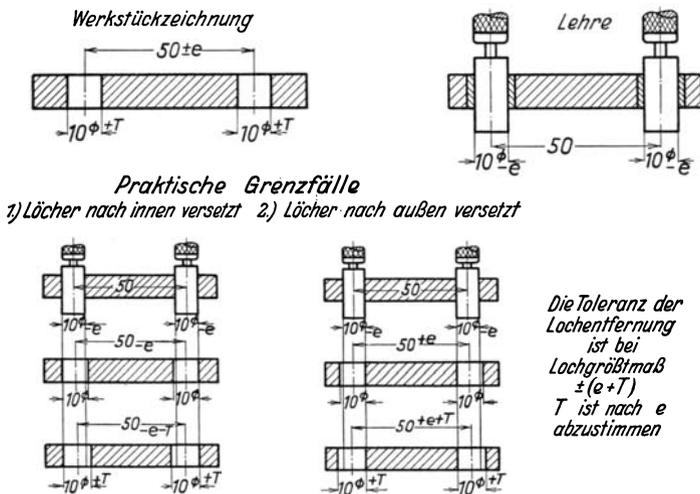


Abb.17. Prüfung von Lochentfernungen mit fester Lehre.

die Bohrungen senkrecht ausgeführt sind, auch ist ihre Benutzung zeitraubend, wenn es sich um die Lage einer größeren Anzahl von Bohrungen zueinander handelt. Für solche Fälle ist die Lehre nach Abb.17 geeignet,

bei der Hilfsdorne, die in der Lehre geführt werden, sich in die Bohrungen des Werkstückes einschieben lassen müssen. Die Durchmesser der Dorne sind zusammen um die Lochmitteltoleranz kleiner als die Kleinstmaße der Bohrungen. Man kann, wie auf der Abbildung, von jedem Hilfsdorn die halbe Lochmitteltoleranz abziehen oder von einem die ganze. Werden die Bohrungen größer ausgeführt als das Kleinstmaß, so wird zwar die Toleranz für die Lochentfernung überschritten, der kleinste Durchgang wird aber durch die Lehre sichergestellt.

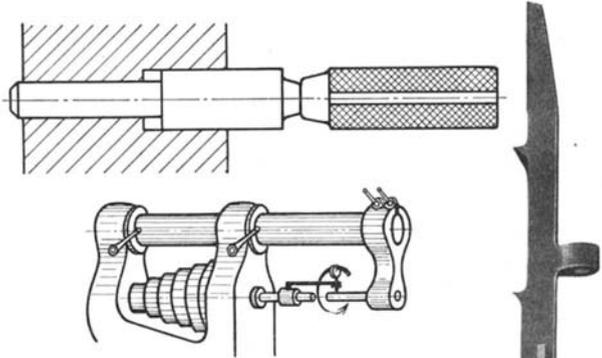


Abb. 18. Symmetrielehren.

Lochentfernungslehren mit der Lochentfernung 0 sind Symmetrielehren. Die einfachste Form zeigt Abb. 18 oben.

Der eine Zapfen wird gleich dem Kleinstmaß der einen Bohrung, der andere um die gesamte Symmetrietoleranz kleiner als das Kleinstmaß der andern Bohrung ausgeführt, wodurch man einen Gutlehrdorn erspart. Bei weiter vonein-

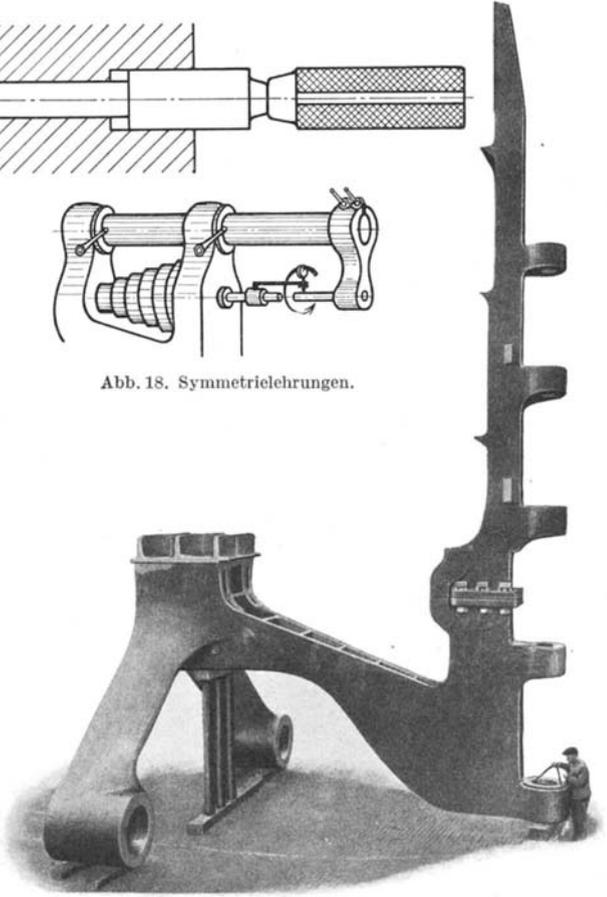


Abb. 19. Symmetrielehren an großen Stücken.

ander entfernt liegenden Bohrungen kann man die Symmetriemessung mittels einer um einen Dorn drehbaren Meßuhr vornehmen (Abb. 18 unten). Die Uhr zeigt das Doppelte der Unsymmetrie an. Bei noch größeren Lochentfernungen versagt auch diese Methode. In Abb. 19 handelt es sich um die Symmetrie der Bohrungen in den 5 Augen eines Hinterstevens für die Lagerung des Ruders.

Hier werden Abweichungen entweder mit Hilfe eines stramm ge-

spannten, oben und unten ausgerichteten Drahtes oder durch Visieren gemessen.

Sonderlehren werden häufig so konstruiert, daß mit ihnen gleichzeitig mehrere Maße geprüft werden. Abb. 20 zeigt die Vereinigung von Lochmitten- und Symmetrielehrung. Der Zeiger gibt an, ob die Lage des Vierkants zur Mittellinie richtig ist.

Die sachgemäße Benutzung der Lehrgeräte setzt Erfahrung und Übung voraus. Die besten Meßwerkzeuge können bei unsachgemäßer Anwendung falsche Resultate er-

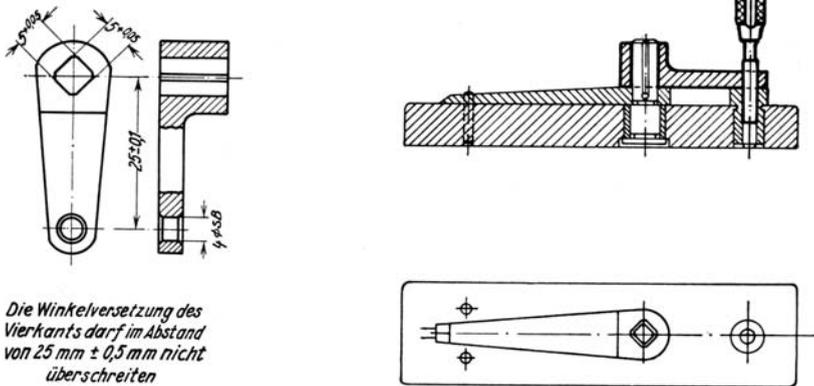


Abb. 20. Lochmitten- und Symmetrielehrung.

geben. Mit einem längeren Stichmaß, das an den Enden unterstützt wird, das sich also durchbiegt, stellt man fest, daß eine runde Bohrung oval ist (Abb. 21).

Um auf die richtige Benutzung hinzuwirken, empfiehlt es sich, an

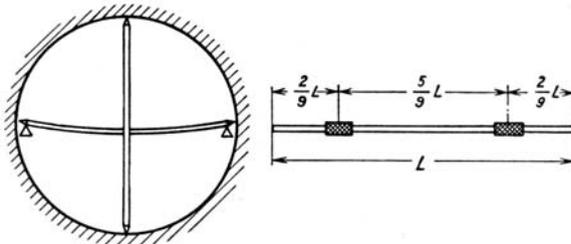
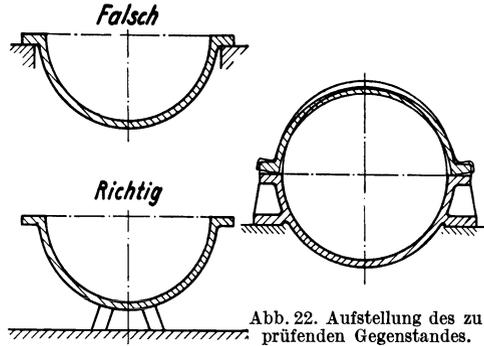


Abb. 21. Durchbiegung des Meßinstrumentes.

den Punkten, die die geringste Durchbiegung ergeben, gegen Wärmeleitung schützende Handgriffe anzubringen.

Viel Fehlmessungen entspringen auch aus falsch aufgestellten Arbeitsstücken. Das Arbeitsstück muß während des Messens so unterstützt werden, daß sich seine Durchbiegung so auswirkt wie später in der Gebrauchslage (Abb. 22).

In manchen Fällen müssen Meßmethoden angewandt werden, die auf die Frage der Praxis — brauchbar oder unbrauchbar — keine so eindeutige Antwort geben, wie die Grenzlehre. Hier muß das sachverständige Urteil des Kontrolleurs entscheiden, z. B. wenn mittels Lichtspaltmethode die Form eines Körpers geprüft wird oder entschieden werden soll, ob der Lehrkegel richtig in einer Bohrung trägt. Ganz ohne Meßgeräte muß der Kontrolleur beurteilen, ob die vom Konstrukteur vorgeschriebene Oberflächenbeschaffenheit erreicht ist. Denn Anregungen, als Kennzeichen für die Oberflächengüte die Tiefe der Spuren des Werkzeuges oder das Verhältnis der tragenden Fläche zur nichttragenden oder die Menge des von der Fläche reflektierten Lichtes zu messen, haben bisher nicht zu brauchbaren Ergebnissen geführt. Für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit wird ein Vergleich mit einem gerade noch brauchbaren Musterstück empfohlen.



Die Organisation der Kontrolle wird stark beeinflusst von der Art der Erzeugnisse und von der Menge gleicher Erzeugnisse. Bei der Fertigung vielseitiger Erzeugnisse in geringen Stückzahlen werden an den Revisor besonders hohe Anforderungen gestellt. Er steht täglich vor neuen Aufgaben, er soll schnell das Wichtige erfassen, er muß bereit sein, Verantwortung zu übernehmen für seine Handlungen und auch einmal für die anderer. Dazu kommt, daß er sich mit allgemeinen Meßmitteln behelfen muß, wo geringe Stückzahlen Speziallehren nicht rechtfertigen. Ganz anders liegt es in der Massenfertigung. Hier können Erfahrungen an Versuchsausführungen gemacht werden, Musterstücke stehen zum Vergleich zur Verfügung, Sonderlehren und Lehrvorrichtungen sind gebaut, genaue Prüfanweisungen sind ausgearbeitet.

## 5. Organisation der Maßkontrolle.

Die Maßkontrolle sollte möglichst in besonderen Räumen unbeeinflusst vom Betrieb durchgeführt werden. Hier ist es möglich, auch in der Maßprüfung Arbeitsteilung vorzunehmen. Es können also weniger ausgebildete Revisoren verwandt werden. Auch ist hier eine bessere Beaufsichtigung der Revisoren möglich. Lehrgeräte, Prüfanweisungen, Musterstücke können in diesen Räumen aufbewahrt werden.

Die Maßkontrolle sollte möglichst in besonderen Räumen unbeeinflusst vom Betrieb durchgeführt werden. Hier ist es möglich, auch in der Maßprüfung Arbeitsteilung vorzunehmen. Es können also weniger ausgebildete Revisoren verwandt werden. Auch ist hier eine bessere Beaufsichtigung der Revisoren möglich. Lehrgeräte, Prüfanweisungen, Musterstücke können in diesen Räumen aufbewahrt werden.

Das Zusammenfließen aller Erzeugnisse einer Werkstatt an einer

Stelle kann für die Organisation des Betriebes, z. B. die Arbeitsverteilung, nutzbar gemacht werden. So findet man häufig den Kontrollraum mit dem Zwischenlager verbunden.

Neben der Maßkontrolle in besonderen Räumen wird aber immer die Kontrolle am Arbeitsplatz bestehen bleiben, nämlich dann, wenn der Transport der Teile zum Kontrollraum unwirtschaftlich wird. Dies kann durch das große Gewicht der Stücke bedingt sein oder bei kleinen Teilen in Fließfertigung durch Komplikation des Transportweges. In letzterem Fall wird man die Kontrolle wie einen Arbeitsgang auffassen und in den Arbeitsfluß eingliedern. Werden nur Stichproben gemacht, wie bei der Automatenarbeit, dann ist es wichtig zu wissen, wann die Teile angefallen sind. In diesem Falle ist die Platzkontrolle der Kontrolle in besonderen Räumen unbedingt vorzuziehen. Auch muß die Möglichkeit bestehen, sofort einzugreifen, wenn die Maschinen nicht maßhaltige Teile liefern.

Da es sinnlos wäre, Fehler aufzudecken, ohne für deren Abstellung zu sorgen, ist es wichtig, daß alle Stellen, die Fehler verschuldet oder mitverschuldet haben, von den Fehlern in Kenntnis gesetzt werden. Wenn die Ausschußstücke nicht bezahlt werden, dann kommt die Fehlerarbeit zur Kenntnis des Arbeiters, aber der Vorgesetzte erfährt mitunter nichts davon; dann kann er nicht verhindern, daß sich die gleichen Fehler wiederholen.

Da die Ausschußstücke selbst eindringlicher wirken als Zahlen, die auf Formularen den Werkstättenvorständen den Ausschuß melden, hat es sich als zweckmäßig erwiesen, daß die Kontrolle wöchentlich an einem bestimmten Tage den gesamten Ausschuß der Woche dem Betrieb und der Konstruktion vorstellt.

Bei diesen Vorstellungen wird sich zeigen, daß einige Teile noch brauchbar sind, weil die Kontrolle unberechtigt scharf war. Andere Teile sind zwar nach den Angaben der Zeichnung unbrauchbar, aber der Konstrukteur erkennt, daß er unnötig enge Toleranzen vorgeschrieben hat, er wird seine Zeichnungen ändern und damit das Fabrikat verbilligen. An den übrigen Teilen wird der Betrieb erkennen, wie er durch Beseitigung der Fehlerursachen eine Wiederholung der gleichen Fehler, soweit es in seinen Kräften steht, verhindern kann. Zugleich wird man bei dieser Gelegenheit untersuchen, ob und wie die nicht maßgerechten Teile noch gerettet werden können.

In jeder Fertigungsabteilung eines Werkes müssen Maßkontrollen vorgenommen werden. Wären nicht alle Kontrolleure zu einer Abteilung vereinigt, so könnten sich keine einheitlichen Gesichtspunkte herausbilden und es würde Doppelarbeit geleistet, z. B. würde der Kontrolleur in der Schmiede die Schmiedestücke als Fertigteile seiner Abteilung kontrollieren und der Kontrolleur in der weiterverarbeitenden Werk-

statt würde das Rohteil noch einmal prüfen müssen. Aus der Vereinigung aller Kontrolleure zu einer Kontrollabteilung folgt die Stellung dieser Abteilung innerhalb der Firma. Diese Abteilung muß dem technischen Direktor unterstellt sein, damit sie unabhängig vom Betrieb auf diesen wie auf die Konstruktion einwirken kann.

## 6. Schwierigkeiten in der Maßkontrolle.

Auf einige besondere Schwierigkeiten in der Kontrolle soll noch hingewiesen werden. Das schlimmste ist, wie bereits gesagt, wenn das „Soll“ vom Konstrukteur nicht klargestellt ist. Ständige Meinungsverschiedenheiten zwischen Betrieb und Kontrolleur sind die unausbleibliche Folge. Ferner wird die Kontrolltätigkeit besonders gefährdet durch kurze Liefertermine. Es fehlt mitunter die Zeit für eine gründliche Untersuchung. Ist aber erkannt, daß das Teil nicht sachgemäß ausgeführt ist, so wird dem Kontrolleur oft zugemutet, das Stück trotzdem durchgehen zu lassen, weil keine Zeit mehr für die Fertigung des Ersatzstückes vorhanden ist. Ja dieser Zeitmangel wird sogar künstlich dadurch verursacht, daß unsachgemäße Stücke zurückgehalten und erst in dem Augenblick der Kontrolle vorgestellt werden, wenn die Montage dringend nach ihnen verlangt. Schließlich muß noch erwähnt werden, daß häufig der Versuch gemacht wird, den Kontrolleur zu täuschen. So werden Korrekturen am Werkstück vorgenommen, die dieses freilich nicht besser machen, es aber in den Augen des Kontrolleurs als brauchbar erscheinen lassen sollen. Ist z. B. die Ausschußlehre für ein Gewinde noch als Ring ausgebildet, so wird der erste Gewindegang des Werkstückes ein wenig angestaucht. Bekannt ist auch, daß Korrekturen an der Lehre, wie das Verengen der Ausschußbrachenlehre, keine Seltenheit sind. Dem kann aber dadurch leicht entgegengewirkt werden, daß die Kontrolle grundsätzlich mit anderen Lehren arbeitet als der Betrieb.

## 7. Wirtschaftlichkeit der Maßkontrolle.

Die Maßkontrolle unterliegt selbstverständlich dem Gesetz der Wirtschaftlichkeit. Daraus folgt, daß Maßkontrollen im Interesse des eigenen Betriebes nur soweit berechtigt sind, als daraus wirtschaftliche Vorteile entspringen. Dagegen sind Maßkontrollen, die die Funktion eines Gerätes oder die Austauschbarkeit der Ersatzteile sicherstellen sollen, immer erforderlich. Diese Forderung deckt sich mit dem Streben nach Wirtschaftlichkeit, weil es billiger ist, richtig zu fabrizieren als hinterher die Fehler beim Empfänger abzustellen. Wer erfahren hat, wie nichtpassende Ersatzteile bei Erntemaschinen, die an und für sich nur wenige Wochen im Jahre in Betrieb sind, den Ruf der Lieferfirma untergraben, so daß ihre Existenz dadurch in Frage gestellt werden

kann, wird die Frage nicht mehr stellen, ob es wirtschaftlich sei, Maße zu kontrollieren.

Die Maßkontrolle soll möglichst zwischen die einzelnen Arbeitsstufen geschaltet werden, damit nicht in bereits unbrauchbare Teile noch Arbeit

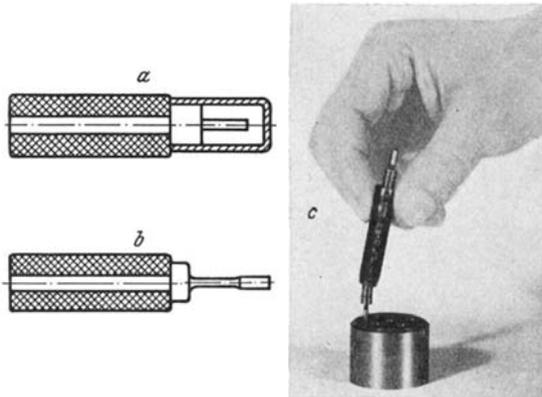


Abb. 23. Schutz dünner Lehrdorne.

gesteckt wird. Dort, wo im Stücklohn gearbeitet wird, sorgt meistens die notwendige Unterschrift auf dem Akkordschein dafür, daß die Kontrolle der Arbeit nicht nachhinkt, aber bei Arbeiten im Zeitlohn kommen mitunter die Feststellungen der Kontrolle zu spät.

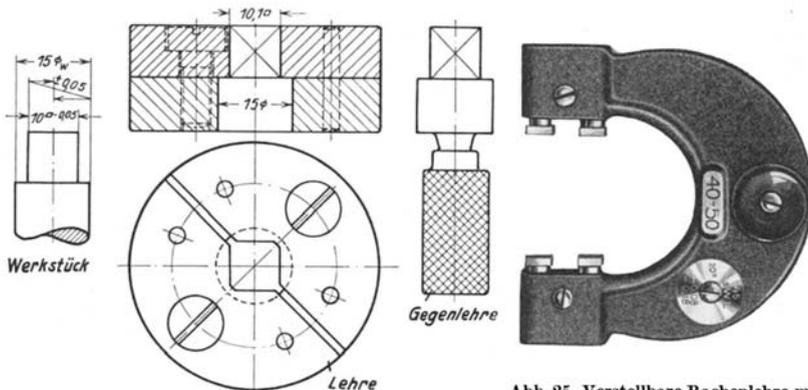


Abb. 24. Billige Symmetrielehre.

Abb. 25. Verstellbare Rachenlehre mit Meßflächen aus Hartmetall.

Da die Meßgeräte einen hohen Wert repräsentieren, müssen sie besonders pfleglich behandelt werden. Dünne Lehrdorne sind zerbrechlich. Sie können durch Hülsen geschützt und federnd ausgeführt werden (Abb. 23).

Die Lehren sollen so konstruiert sein, daß sie sich billig herstellen lassen. Aus diesem Grunde ist die Lehre Abb. 24 zur Kontrolle der symmetrischen Lage des Vierkantes zur Welle dreiteilig ausgeführt.

Damit sie auch im Gebrauch billig sind, müssen sie widerstandsfähig gegen Verschleiß sein. Zur Erhöhung der Lebensdauer werden Nitrierhärtung und Verchromung der Meßflächen angewandt, auch Meßflächen aus Hartmetall eingesetzt (Abb. 25). Bei der Rachenlehre in Abb. 26 ist die Abnutzung von dem genauen Mittelstück ferngehalten. Beim Instandsetzen braucht man nur die abnehmbaren Platten plan, aber nicht auf ein bestimmtes Maß zu schleifen.

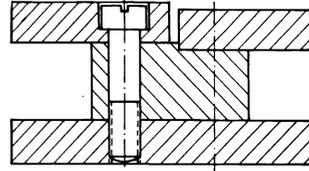


Abb. 26. Billig instand zu setzende Rachenlehre.

## 8. Der Mensch in der Maßkontrolle.

In der Kontrolle spielt der Mensch eine wichtigere Rolle als sonst im Betriebe. Von dem Kontrolleur im Kontrollraum muß man verlangen, daß er sorgfältig, zuverlässig und unbestechlich ist, gutes Gefühl und gute Augen hat. Beim Platzkontrolleur muß noch selbständiges Urteil und Verantwortungsgefühl hinzukommen. Er muß den Zweck der gefertigten Teile und die Bearbeitungsverfahren kennen und besonders ausgeprägtes Taktgefühl haben.

Für die mechanischen Arbeiten in der Kontrolle eignen sich besonders Frauen, auch sollte man hier noch mehr als es bereits geschieht, Blinde beschäftigen. Sie leisten hier vollwertige Arbeit, wenn man die Lehren als Tastlehren ausbildet. Die Platzkontrolleure werden vielfach aus den Reihen der älteren, erfahrenen Arbeiter genommen, die das Tempo nicht mehr ganz halten können. Dieser Brauch sollte noch mehr Platz greifen, damit das Wort nicht wahr wird, daß ein Arbeiter damit rechnen muß, daß er mit 40 Jahren berufstot ist. Es hat nichts mit Wirtschaftlichkeit zu tun, wenn die Menge von Fertigkeiten, Kenntnissen und Erfahrungen, die der 40jährige Facharbeiter in sich aufgespeichert hat, brach liegen muß.

Die Bezahlung erfolgt meistens nach der Zeit, sie kann bei überwiegend mechanischer Arbeit auch nach der Leistung erfolgen. Im letzteren Falle sind jedoch häufige Nachkontrollen nötig. Diese läßt man zweckmäßig so vornehmen, daß der Kontrolleur die von ihm bereits kontrollierten Teile ohne es zu wissen zum zweiten Male zur Kontrolle erhält. Die Höhe der Bezahlung liegt meistens nur wenig über dem Verdienst der Facharbeiter, dafür sollte für den Kontrolleur Aussicht auf Aufstieg, z. B. zum Meister bestehen. Wo irgend möglich, sollte man die Arbeit des Maßkontrolleurs bereits bei der Vorkalkulation berücksichti-

gen und dementsprechend auch den Lohn des Kontrolleurs direkt auf den Auftrag verrechnen. Man verschafft sich so über den Umfang der Maßkontrolle Klarheit. Gleichzeitig wird dadurch rein äußerlich die Meinung bekämpft, daß die Kontrolltätigkeit „unproduktiv“ sei.

Die Zahl der Maßkontrolleure im Verhältnis zu den übrigen Arbeitern ist sehr verschieden je nach dem Erzeugnis, aber auch unter den Firmen mit gleichen Erzeugnissen bestehen starke Abweichungen. Von deutschen Maschinenfabriken wird angegeben, daß auf 100 Arbeiter 4—12 Maßkontrolleure kommen. Diese Zahlen mögen hoch erscheinen, aber es sind aus Amerika zum Teil noch wesentliche höhere Zahlen bekannt. Erreicht man den Zweck mit weniger Leuten, desto besser! Der Zweck der Maßkontrolle ist aber Erhöhung der Güte, denn erhöhte Güte bewirkt selbsttätig erhöhte Nachfrage.

Zu jedem der obigen Abschnitte ließen sich noch eine Menge Beispiele und Erfahrungen nennen. Aufgabe dieses Abschnittes konnte es aber nur sein, alle die Gesichtspunkte aufzuzeigen, die bei einer richtig aufgebauten Maßkontrolle zu berücksichtigen sind. In jedem Betriebe liegen die Dinge so verschieden, daß man ohnehin keine allgemein gültigen Regeln geben kann. Somit bleibt es Sache der Werkstättenleiter, die genannten Gesichtspunkte mit ihren eigenen Erfahrungen zu vereinen und davon für den eigenen Betrieb im einzelnen die richtigen Maßnahmen abzuleiten.

# Zeitkontrollen.

Von Obering. Dr.-Ing. K. H. Fraenkel und  
Dipl.-Ing. W. Eckenberg<sup>1</sup>.

## 1. Die Hilfsmittel zur Zeitkontrolle.

In dem einleitenden Abschnitt ist ausführlich der Begriff Kontrolle, als Vergleich zwischen einem Soll- und Ist-Zustand eines Betriebes behandelt worden.

Für die Zeitkontrolle erfolgt die Festlegung des „Soll“ und die Feststellung des „Ist“ unter folgenden Gesichtspunkten :

1. In bezug auf die Zeitdauer.
  - a) Für die Anwesenheitszeit (vorgeschriebene Arbeitszeit).
  - b) Für die Arbeitszeiten.
2. In bezug auf den Zeitpunkt.
  - a) Für Arbeiten, die zu bestimmten Zeiten erfolgen sollen oder müssen.
  - b) Für die Fristen. Vorbestimmung und Verfolgung.

Beide hängen oft zusammen: so wird bei der Anwesenheitszeit selbstverständlich auch der Zeitpunkt kontrolliert (z. B. Zuspätkommen), wenn auch überwiegend die Zeitdauer, da auf Grund dieser Kontrolle für eine Reihe von Arbeiten die Entlohnung ganz oder teilweise erfolgt. Das Soll entspricht der vorgeschriebenen Arbeitszeit.

Bei den einzelnen Arbeiten soll die Festlegung der Soll-Zeiten durch die Arbeitszeitermittlung unter Berücksichtigung der möglichen Verbesserungsmaßnahmen erfolgen. Die Verbesserungsmaßnahmen können sowohl am Arbeitsplatz bzw. am einzelnen Betriebspunkt oder bei den Zusammenhängen zwischen Arbeitsplätzen oder Betrieben erfolgen auf Grund von Bewegungsstudien, Wegstudien, Zeitstudien, Betriebsüberwachung oder rein technischen Überlegungen.

Die Verfahren der Arbeitszeitermittlung richten sich nach dem Fertigungsvorgang. Schätzen und Rechnen nach Erfahrungswerten ist allgemein anwendbar. Die exakte Ermittlung des Soll erfolgt bei Maschinenzeiten durch Errechnen, in Sonderfällen durch Zeitmessung, bei Handzeiten durch das Zeitstudium. Zeitstudien gehen von der Feststellung des Ist-Zustandes aus, und zwar bei normalen Arbeiten oder bei

---

<sup>1</sup> Der Vortrag wurde von Dr. Fraenkel gehalten.

besonderen Zeitermittlungsarbeiten<sup>1</sup>. Es wird im Rahmen dieser Ausführungen nicht näher auf diese Verfahren eingegangen, sondern nur auf die unmittelbar im Betriebe vorzunehmenden Maßnahmen.

Die Feststellung des Ist-Zustandes, soweit sie nicht zur Ermittlung des Soll oder zu Verbesserungsmaßnahmen dient, geschieht weniger durch Zeitstudien als vielmehr durch Betriebsüberwachung. Wann das eine oder das andere anzuwenden ist, richtet sich nach Dauer, Fragestellung und Arbeitsvorgang.

Die Festlegung der Soll-Zeitpunkte für Arbeiten, die zu bestimmten Zeiten erfolgen sollen oder müssen, kann entweder willkürlich oder durch organisatorische Maßnahmen oder unter dem Zwang technischer Vorgänge bestimmt werden, während das Ist durch die Hilfsmittel der Betriebsüberwachung festgestellt wird. Ein Beispiel zu dem ersten Fall ist ein Wächter, der zu bestimmten Zeiten an bestimmten Stellen sein soll, und dessen Kontrollgänge man durch Stechuhr oder andere Hilfsmittel überwacht, andere Beispiele sind akustische oder optische Signale bei Fließarbeitsvorgängen; zu dem zweiten Fall nennen wir den Einsatz von Material in Wärmeöfen zu bestimmten Zeiten, damit z. B. zu Beginn der Schicht der Walzwerksbetrieb sofort arbeiten kann.

Für die Fristen (Soll-Zeitpunkte von Arbeitsbeendigungen) muß man Dauer und Folge der Arbeitszeiten und die Leistungsmöglichkeit des Betriebes kennen. Die Feststellung des Ist wird durch Maßnahmen der Betriebsüberwachung (Fristenverfolgung) erreicht.

Aus den vorhergehenden Ausführungen geht hervor, daß auch die Festlegung des Soll meist über die Bestimmung des Ist-Zustandes erfolgt. Wir haben also in jedem Fall die Methoden der Zeitstudien oder der Betriebsüberwachung zu benutzen.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Hilfsmitteln für Zeitstudien und solchen für Betriebsüberwachung. Wiewohl es für beide noch keine eindeutigen Begriffsbestimmungen gibt, ist man doch gezwungen, diesen Unterschied zu betonen.

Hilfsmittel zur Zeitaufnahme sind unter anderem:

1. Stoppuhren.
2. Instrumente zur Untersuchung von Originalbewegungen. Originalbewegungen können menschliche Vorgänge sein, z. B. Handgriffe bei der Bedienung von Maschinen oder von Werkzeugen oder technische Vorgänge, z. B. Bewegungen von Maschinenteilen (Drehbanksupport, Bohrspindel) und Fördermitteln (Hub-, Fahrbewegung eines Kranes).
3. Bandschreiber.
4. Zeitsäulenschreiber.

<sup>1</sup> Die Feststellung des „Ist“ wird niemals Selbstzweck sein, sondern das Ziel ist meistens: aus dem Verlauf bzw. Beobachtungswerten mit Hilfe der verschiedensten Verfahren zur „Soll“-Festlegung für die erreichbare normale Leistung zu kommen.

5. Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Instrumente.

6. Photographische Verfahren.

Für Zeitstudienhilfsmittel gelten etwa folgende Bedingungen. Sie sollen

a) für eine Aufnahmedauer bis zu mehreren Stunden eingerichtet sein,

b) in kurzer Zeit gebrauchsfertig sein,

c) fast ausschließlich von Hand bedient werden, denn die Zeitstudie, die außer der Feststellung der für die Durchführung der Arbeit erforderlichen Zeit noch die Untersuchungen des Fertigungsvorganges (nach seiner Art) erfordert, setzt ohnehin die Anwesenheit eines Beobachters voraus (siehe Refa<sup>1</sup>),

d) die Zeitaufnahme von Griffen und Griffelementen gestatten,

e) so leicht bedienbar sein, daß dem Zeitnehmer die Beobachtung des Fertigungsverfahrens noch möglich ist.

Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung sind

A. Registrierende und anzeigende Geräte.

1. Registrierende Geräte.

a) Instrumente zur Kontrolle von Originalbewegungen.

b) Bandschreiber.

c) Kreisschreiber.

d) Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Instrumente.

2. Anzeigende Geräte.

a) AEG-Zeitähler.

b) Eckardt-Zeitähler und ähnliche.

c) Zeitverlustuhr (Poppelreuter und Kienzle).

Für die vorbenannten Betriebsüberwachungsgeräte gelten die folgenden Bedingungen. Sie sollen:

a) für eine Aufnahmedauer von wenigstens einer Schichtlänge eingerichtet sein,

b) ausschließlich durch selbsttätige (mechanische, elektrische, optische) Übertragung betätigt werden, so daß ein Beobachter nicht erforderlich ist. Dies setzt eine längere Montagezeit voraus, die jedoch bei der meist längeren Aufnahmedauer in Kauf genommen werden kann.

c) Zeiten bis höchstens zu denjenigen von Arbeitsstufen hinunter (Refa-Definitionen), meist aber nur Stückzeiten oder Arbeitsspiele und hergestellte Mengen registrieren.

B. Zeitdrucker.

Die Zeitdrucker dienen zur Kontrolle der Anwesenheit oder der auf den einzelnen Auftrag aufgewandten Arbeitszeit.

<sup>1</sup> Reichsausschuß f. Arbeitszeitermittlung. Refa-Buch: Einführung in die Arbeitszeitermittlung.

Während die ersten hauptsächlich Uhrzeiten aufstempeln, drucken die anderen für eine bestimmte Periode die Zeiten mit Null beginnend fortlaufend auf, unter Abzug der Pausen, so daß sich die Zeitdauer in einfacher Weise als Differenz ergibt.

### C. Aufschreibungen und Aufzeichnungen von Hand.

Aufzeichnungen und Aufschreibungen von Hand erfolgen im Betrieb im allgemeinen zum Zwecke der Zeitverrechnung.

Sie werden von den Betriebsbüros zu Zeitkontrollen, sowohl in bezug auf die Zeitdauer wie auf den Zeitpunkt benutzt. Im ersten Fall vergleicht die Nachrechnung das Ist mit dem von der Vorrechnung bestimmten Soll, im anderen Fall werden die Fristen (Termine) kontrolliert durch Ordnung und Zusammensetzung der durch die Arbeitszeitermittlung festgelegten Zeitdauern für die Teilarbeiten bzw. den gesamten Fertigungsvorgang.

Praktisch ist beim Gebrauch der Hilfsmittel eine so scharfe Trennung, wie sie eben gekennzeichnet ist, nicht immer möglich. Viele Hilfsmittel sind ihrer Eigenart nach auf ganz bestimmte Untersuchungen beschränkt, andere können sowohl zur Zeitaufnahme wie in begrenztem Umfange zur Betriebsüberwachung verwendet werden.

Hier werden häufig Fehler gemacht, indem bald ein Gerät für die verschiedensten Zwecke angepriesen wird, bald ein vorhandenes Gerät für die verschiedensten Untersuchungen verwendet wird, ohne daß es sich dafür eignet. Hinzu kommt oft noch Unkenntnis der Fehlerquellen, insbesondere der mathematischen oder physikalischen Fehler, der einzelnen Geräte und des wirtschaftlichen Aufwandes im Verhältnis zu dem durch die Fragestellung gesteckten Ziel. Dabei versteht man unter Aufwand die Zeit für In- und Außerbetriebsetzung des Geräts in jedem Fall und für die Auswertung. Auch die Anschaffungspreise sind zu beachten; ihr Einfluß auf die Höhe des Aufwandes hängt von der Häufigkeit der Anwendung ab.

Die konstruktiven Einzelheiten werden in den folgenden Ausführungen nur kurz gestreift, während hauptsächlich Anwendungsbereiche und praktische Beispiele behandelt werden sollen. Am Schluß werden Ergebnisse einiger typischer Anwendungen verschiedener Geräte verglichen. Nach den Erfahrungen der Verfasser ergeben sich bei jeder neuen Untersuchung mit irgendeinem Gerät immer wieder neue Möglichkeiten und Gesetzmäßigkeiten. Es gehören also sehr lange Erfahrungen dazu, um zu einem abschließenden Urteil über ein bestimmtes Gerät zu gelangen.

## 2. Hilfsmittel für Zeitstudien.

### a) Stoppuhren.

Von den Hunderten von Stoppuhrkonstruktionen werden im folgenden nur die wenigen kurz behandelt, die sich für industrielle Zeitstudien be-

währt haben. Es ist ebenso verfehlt, eine  $\frac{1}{1000}$ -Minuten-Uhr<sup>1</sup> als das einzige Instrument für Zeitaufnahmen hinzustellen, wie wenn Zeitnehmer für Arbeitsaufnahmen über eine Schicht oder für größere Transportuntersuchungen eine Stoppuhr nehmen, statt einer Taschenuhr. Nur darüber muß man sich wundern, daß wir Ingenieure jahrelang derartige Instrumente verwendet haben, ohne uns über die Fehlerquellen Klarheit zu verschaffen, die uns Aufschluß über die Grenzen der Zeitaufnahme und der Genauigkeit geben.

Die Fehler persönlicher Art liegen an dem Zeitnehmer. Die psychologischen Anforderungen und Richtlinien für den Zeitnehmer sind von Poppelreuter niedergelegt<sup>2</sup>, hier sollen nur zwei Gesichtspunkte betont werden:

1. kurze Reaktionszeit (nach Versuchen beträgt die mittlere Zeit etwa  $\frac{1}{3}$  Sekunde),
2. konzentrierte Beobachtungsfähigkeit.

Sachliche Fehler werden durch die verschiedenen Konstruktionen und Meßverfahren hervorgerufen. Die gebräuchlichsten Verfahren sind:

	a) Einzeigeruhren	b) Doppelzeigeruhren
1. Auge-Hand	Ablesen bei ruhendem Zeiger Stoppen einer Einzelzeit	Ablesen bei ruhendem Zeiger Stoppen von Fortschrittzeiten
2. Auge-Auge-Hand	Ablesen bei laufendem Zeiger, gleichzeitig Zurückstoppen Fortlaufendes Stoppen von Einzelzeiten	
3. Auge-Auge	Ablesen bei laufendem Zeiger Fortschrittzeiten	

Die Untersuchungen von Moisescu<sup>3</sup> haben ergeben, daß das erste Verfahren die geringsten groben Fehler hat.

Andere Untersuchungen mit einer großen Zahl sehr geübter Zeitnehmer ergaben, daß zum Stoppen, Ablesen und Aufschreiben rund 2—3 sek gebraucht werden, zum Ablesen beim laufenden Zeiger und Aufschreiben rund 1—2 sek, ferner daß die untere Grenze zur Aufnahme von Einzelzeiten für die Anwendung der Durchschnittsminimamethode etwa bei 0,2 min = 12 sek liegt, da sonst die Beobachtungsfehler einen nennenswerten Einfluß auf die Einzelabweichung ausüben.

<sup>1</sup> Witte, J. M.: Kritik des Zeitstudienverfahrens. Berlin: Julius Springer 1921.

<sup>2</sup> Arbeitspsychologische Leitsätze für Zeitnehmer. München: R. Oldenbourg 1929.

<sup>3</sup> Industrielle Psychotechnik 4, 97 (1927).

Aus diesen Untersuchungen ergibt sich also, daß Stoppuhren zur Messung kleinster Zeiten nur unter ganz bestimmten Einschränkungen angewandt werden dürfen. Auch das oft empfohlene Verfahren, durch Anwendung zweier Stoppuhren, die abwechselnd für je eine Teilarbeit bedient werden, das Messen kleinster Zeiten zu ermöglichen, ist aus den oben genannten Gründen nicht zu empfehlen, da außerdem noch eine erhöhte Belastung des Zeitnehmers verlangt wird. Bei der Verwendung der Stoppuhr ist das Blickfeld des Zeitnehmers geteilt zwischen Arbeiter- bzw. Arbeitsplatz und dem Meßinstrument, bei der Verwendung von zwei Stoppuhren ist aber eine weitere Teilung des Blickfeldes auf zwei Instrumente abwechselnd eine zusätzliche Belastung. Zudem ist dieses Verfahren durch

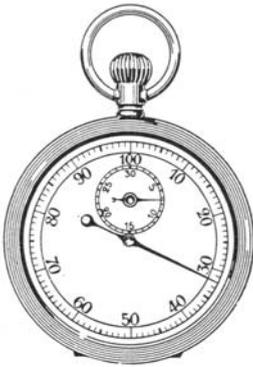


Abb. 1. Die Krone betätigt Anfang, Stopp, Nullstellung.

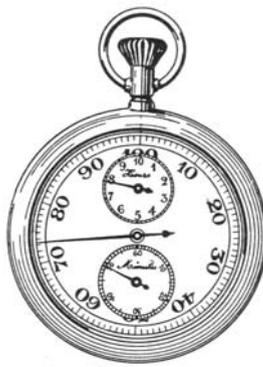


Abb. 2. Die Krone betätigt Anfang, Stopp, Weiterlauf. Der Schieber betätigt Nullstellung.

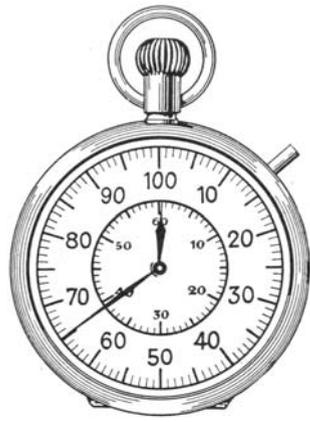


Abb. 3. Die Krone betätigt Anfang, Stopp, Weiterlauf. Der Knopf betätigt Nullstellung.

das neuzeitliche Hilfsmittel der Doppelzeigeruhr (Abb. 6) überholt, die Fortschrittzeiten bei ruhendem Zeiger abzulesen gestatten (Verfahren 1b).

Die Erfahrung hat gezeigt, daß Zeitaufnahmen bis zu den Griffen mit der Stoppuhr ohne größere Fehler nicht über rund 1,5 Stunde ausgedehnt werden dürfen. Die vom AWF und Refa eingeführte und genormte Einteilung der Stoppuhren:  $\frac{1}{100}$  min wird meist falsch als eine übertriebene Genauigkeit angesehen, während der Grund für diese Einteilung hauptsächlich in der einfacheren Ablesung und Auswertung von Zeitaufnahmen liegt. Von den Einzeigerkonstruktionen der Stoppuhren stellen Abb. 1 die kleine Normalgröße dar und Abb. 2 eine Sonderausführung zur Summierung von Zeitabschnitten oder Zeiten gleicher Art. Die Zentralzähleruhr Abb. 3 eignet sich dann für Einzelaufnahmen (Verfahren 2a), wenn der Unterbrechungsknopf die Nullstellung betätigt. Leider sind diese Uhren in der bisherigen Ausführung sehr empfindlich.

In den letzten Jahren haben sich besonders die Doppelzeigeruhren

eingeführt, die durch die Eigenart ihrer Konstruktion auch die Aufnahme von kleinen Zeiten gestatten. Für diese Uhren ist daher ein klares Zifferblatt sehr wesentlich. Ein Beispiel eines unübersichtlichen Zifferblattes, das leicht falsche Ablesung verursacht, gibt Abb. 4.

Im Gegensatz dazu zeigt Abb. 5 eine Ausführung mit einem außerordentlich klaren und übersichtlichen Zifferblatt. Abb. 6 stellt wohl das zur Zeit vollkommenste Modell einer Doppelzeigerstoppuhr dar, das im großen Format ausgeführt ist und mit einem Druckteller auf dem Knopf versehen ist.

Trotz der angeführten Beispiele und des sehr beachtenswerten Vorschlages von Moisescu, eine Stoppuhr mit feststehendem Zeiger und wanderndem Zifferblatt auszuführen, der aus konstruktiven Gründen

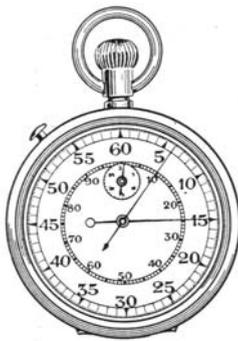


Abb. 4. Die Krone betätigt Anfang, Stopp und Nullstellung. Der Knopf betätigt den Schleppzeiger.



Abb. 5. Die Krone betätigt den Anfang, Stopp und Nullstellung. Der Knopf betätigt den Schleppzeiger.

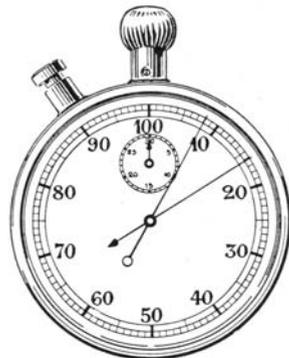


Abb. 6.

wegen der zu großen Massen wohl nicht durchführbar ist, bleiben noch einige Wünsche der Praxis übrig, die vielleicht einigen Uhrenfabriken Anregung geben könnten.

1. Eine Doppelzeigeruhr wie bisher etwa nach Abb. 6, bei der der Knopf an der rechten Seite liegt und der Minutenzähler als Zentralzähler 60 Minuten bzw. 100 Minuten anzeigt.

2. Eine Uhr, deren Zeiger um die Zifferblatteinteilung von z. B.  $\frac{1}{100}$  min oder  $\frac{5}{100}$  min springt.

3. Eine Uhr, nur mit springendem Minutenzeiger. Diese Ausführung fehlt für Arbeitsaufnahmen und Transportstudien.

Zusammenfassend lassen sich etwa folgende Richtlinien für Stoppuhren aufstellen:

I. Großes Format (mit Öse). Die Hand ermüdet nicht so leicht, die Öse dient zur etwaigen Befestigung auf einer Unterlage.

II. Klares Zifferblatt  $\frac{1}{100}$  min, dünne Teilstriche, Zehner- und Fünferstriche hervorgehoben, Zeigerausführung schmal, mit geringem

Abstand über dem Zifferblatt zur Verminderung der Parallaxe, nicht über den Skalenrand herausragend.

III. Sekundenzeiger sind überflüssig.

IV. Minutenzeiger, möglichst a) Zentralzählung, sonst oben auf dem Zifferblatt angeordnet (genormt), aber nicht abwechselnd, wie es bei den heute käuflichen Uhren üblich ist: oben oder unten, b) Zeiger springend, nicht fortschreitend, c) Einteilung 60 min bzw. 100 min.

V. Durchlaufende Uhrenkonstruktion, wo das Ankerwerk schon vor dem Abstoppen läuft und nicht erst durch Stoppen in Gang gesetzt wird, a) geringere Uhrfehler, b) Auslaufen des Uhrwerkes nach Benutzung.

VI. Unterbrecherknopf, nicht Schieber, a) weit vorstehend, b) mit Teller, c) möglichst auf der rechten Seite. (Die Reaktionszeiten des Zeigefingers sind kürzer als die Reaktionszeiten des Daumens.)

1. Bei Einzelzeigeruhren muß der Knopf die Nullstellung betätigen.

2. Bei Doppelzeigeruhren muß der Knopf den Schleppzeiger betätigen.

Über die Auswertung von Zeitstudien und die Eintragung in Zahlentafeln ist genügend in der Literatur (AWF und Refa) zu finden. An dieser Stelle muß nur noch betont werden, daß im allgemeinen zur Beurteilung der Zeitaufnahmen eine graphische Übertragung der Zahlen erforderlich ist. Je nach der Art der Aufnahme und der Fragestellung kann man den Aufwand an Zeit für die Auswertung von Stoppuhrzeitaufnahmen mit dem drei- bis fünffachen Betrag ansetzen gegenüber der Auswertung von graphischen Zeitaufnahmen.

Für die Messung kleinster Zeiten sind noch eine Reihe von Sondergeräten entwickelt worden, von denen unter anderem der Sekundenmesser von Siemens & Halske und die Sekundenstoppuhr von Hartmann & Braun zu nennen sind. Bei dem ersten Hilfsmittel beruht die Zeitmessung auf der Zählung der Wechselstromperioden, die während der Meßdauer erfolgt sind, während es sich bei der Uhr von Hartmann & Braun um eine große Stoppuhr mit elektrischer Fernsteuerung für die Zeigerauslösung bzw. -arretierung handelt.

## **b) Instrumente zur Untersuchung von Originalbewegungen.**

Unter Hilfsmitteln zur Untersuchung von Originalbewegungen sind solche Instrumente zu verstehen, die im allgemeinen Bewegungen in einem beliebigen Maßstab verkleinert oder vergrößert aufzeichnen. Die dadurch entstehenden Kurven sind geometrisch getreue Bilder der Bewegung in der Ebene und im Raum und werden meist als Zeit-Weg-Diagramme geschrieben.

Bekannt sind die Untersuchungen aus der mechanischen Technologie, bei denen mit Hilfe von Weg-Weg-Diagrammen oder anderen Bezugsgrößen Werkzeug und Werkstofffragen behandelt worden sind; z. B.

haben Kessner<sup>1</sup>, Keep und Krekeler<sup>2</sup> bei Untersuchungen über die Bearbeitbarkeit von Werkstoffen mittels Bohrversuchen, Kurrein bei der Untersuchung von Drehmeißeln und andere mehr ähnliche Registrierungsverfahren angewandt.

Im folgenden sollen jedoch nur die Hilfsmittel behandelt werden, die unter der Fragestellung „Zeitstudien“ in Betracht kommen. Schon die Physiologen (Marey, Mosso und Sommer) haben zur Messung von menschlichen Bewegungen Zeit-Weg-Diagramme geschrieben und für technische Zwecke hat die Firma Horn, Leipzig, bereits im Jahre 1918 Zeit-Weg-Schreiber gebaut.

Für Zeitstudien ist neben der Genauigkeit die Größe des Papiervorschubes bestimmend, die von der Fragestellung und von der Art der untersuchten Bewegung abhängt. Da Bewegungen meist in kurzen Zwischenräumen erfolgen, liegt die untere Grenze des Vorschubes bei rund 50 mm/min.

Der heute gebräuchlichste Zeit-Weg-Schreiber ist der Peiseler-Diagnostiker B (Sondergerät)<sup>3</sup>.

Einige typische Beispiele für Originalbewegungen sind die Untersuchungen bei der Bedienung von Werkzeugen oder Maschinen zur Feststellung:

- a) der zweckmäßigsten Arbeitsweise,
- b) der individuellen Unterschiede.

Z. B. haben Freund und Wüstehube<sup>4</sup> durch einen Apparat mit Registrierung versucht, den werkstattmäßigen Feilvorgang möglichst naturgetreu nachzuahmen, d. h. die auftretenden Drücke und Bewegungen sollten den physiologischen Drücken beim Feilen mit der Hand möglichst nahe kommen, um auf diese Weise den Einfluß der Bearbeitungsfestigkeit und der Werkzeugbeschaffenheit auf die Bearbeitungszeit zu ermitteln.

Dagegen hat der Feilapparat von Friedrich und Berling<sup>5</sup> lediglich die Aufgabe, durch Aufzeichnung von Zeit-Weg-Diagrammen usw. die Anlernung von Lehrlingen vorzunehmen.

Ferner hat Baurmann<sup>6</sup> bei seinen Untersuchungen über die individuellen Verschiedenheiten im Bedienen von Werkzeugmaschinen Zeit-Weg-Diagramme und Zeit-Druck-Diagramme verwandt. Der Grund für die Wahl dieser Verfahren war die Unzuverlässigkeit der Zeitstudie (Zeiten unter 0,3 min) und die hohen Kosten von Bewegungsstudien mit Hilfe von photographischen Aufnahmen. Um bei seinen

<sup>1</sup> Forsch.-Arb. Geb. Ing.-Wes. H. 208. Berlin: VDI-Verlag 1918.

<sup>2</sup> Diss. Aachen 1927. <sup>3</sup> Vgl. Maschinenbau 7, 328 (1928).

<sup>4</sup> Diss. Darmstadt 1927.

<sup>5</sup> Industrielle Psychotechnik 3, 79 (1926) und 5, H. 7/8 (1928).

<sup>6</sup> Diss. Aachen 1928.

Untersuchungen ein möglichst umfassendes Bild des arbeitenden Menschen zu erhalten, registrierte er alle Einzelzüge bei Bohrversuchen an einer Bohrmaschine mit Handvorschub, die für den Arbeitsverlauf bestimmend und durch mechanische Registrierung erfaßbar waren: den vom Arbeiter ausgeübten Bohrdruck, die Vorschubgeschwindigkeit und den Energieverbrauch. Charakteristisch ist, daß er bei Vorversuchen feststellte, daß der Papiervorschub der betreffenden Instrumente von 20 mm je Minute viel zu klein war. Erst nach Erhöhung der Papiergeschwindigkeit auf 216 mm/min kam er zur außerordentlich interessanten Ergebnissen über die Unterschiede von einfachen Bedienungshandgriffen an einfachen Werkzeugmaschinen. Zwei typische Beispiele aus seinen Untersuchungen zeigen deutlich die individuellen Unterschiede der beiden Arbeiter unter gleichen Arbeitsbedingungen (Bohren von 5 Stück Bohrungen 6,5 mm Durchmesser, 8,2 m/min Schnittgeschwindigkeit in Flachstahl  $30 \times 12$  mm St 37.12).

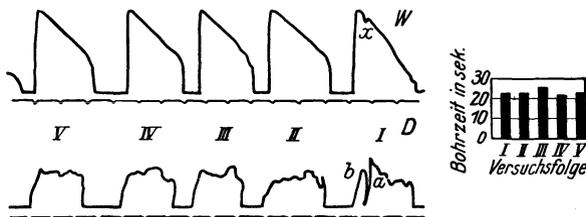


Abb. 7. Bohr-Zeit-Diagramm. *W* Weg-Zeit-Diagramm; *D* Druck-Zeit-Diagramm.

Abb. 7 ist das Ergebnis der Untersuchungen bei einem Hilfsschlosser von 24 Jahren aus der Elektroindustrie. Das Versuchsergebnis zeigt eindeutig, daß die Versuchsperson große Erfahrung an der Bohrmaschine hat. Gleich im Verlauf der ersten Bohrung erfolgt die Einstellung auf die gegebenen Verhältnisse, die bis zur fünften bereits zu einer stereotypen Art der Arbeitserledigung gediehen ist. Die Versuchsperson weiß ganz genau, welche Leistung sie unter den gegebenen Verhältnissen ihrem Werkzeug zumuten kann; der „Unfall I a/b“ war nur durch die Unvollkommenheit des Bohrfutters bedingt. Die Versuchsperson zeigt deutlich das Bestreben, den Arbeitsauftrag in möglichst kurzer Zeit zu erledigen. Die Innehaltung eines bestimmten Höchstdruckes, der einerseits unter dem Unfalldruck liegt, andererseits aber ein wirtschaftliches Arbeiten gewährleistet, zeugt von guter Aufmerksamkeit und von der Fähigkeit der Versuchsperson, den Kraftaufwand genau zu dosieren.

Abb. 8 ist das Ergebnis der Untersuchungen bei einem Studenten von 24 Jahren mit 9 Monaten praktischer Tätigkeit. Das Versuchsergebnis läßt ohne weiteres auf einen handwerklich unerfahrenen Arbeiter schließen. Von Anpassung an die Arbeitsbedingungen kann nicht gesprochen werden, im Gegenteil die Arbeitszeiten nehmen dauernd zu.

Bei der dritten Bohrung beginnt die Versuchsperson damit, gegen Bohrungsende den Bohrer zurückzuziehen, um Späne aus dem Bohrloch zu entfernen, wozu die Arbeits- und Werkzeugbedingungen keine Veranlassung gaben.

Aus diesen kurzen Beispielen folgt, daß bei Zeitstudien an Maschinen und Vorrichtungen, besonders in der Reihen- und Massenherstellung, künftig viel mehr Aufmerksamkeit auf die Untersuchungen der menschlichen Bewegungen verwandt werden muß.

Ein anderes großes Gebiet sind die Untersuchungen über Steuerbewegungen an verantwortlichen Maschinistenposten, z. B. Kranführer,

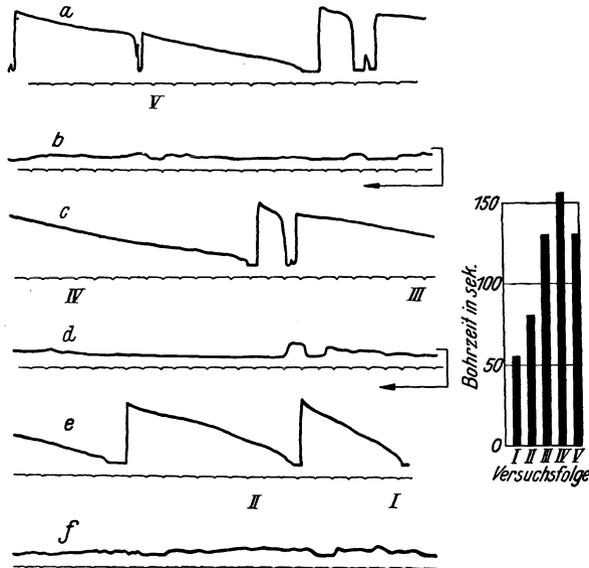


Abb. 8. Bohr-Zeit-Diagramm. a, c, e Weg-Zeit-Diagramm; b, d, f Druck-Zeit-Diagramm.

Fördermaschinen<sup>1</sup>, Walzwerksteuerleuten usw., und die Untersuchungen von Vorgängen rein technischer Art, z. B. die genaue Ermittlung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen bewegter Maschinenteile, die mit Hilfe von normalen Tachographen nicht möglich sind (Trägheit und Ungenauigkeit). Ein weites Feld bietet sich auch noch bei den Untersuchungen über die Einwirkung von Fördermaschinen-Fahrtreglern auf Steuerung und Bremse.

Unter den vorgenannten Bedingungen und ganz bestimmten Fragestellungen sind also die Zeit-Weg-Schreiber die geeigneten Hilfsmittel zur Untersuchung von Originalbewegungen, während über ihre Anwendung für Betriebsüberwachung noch in einem späteren Abschnitt gesprochen werden wird.

<sup>1</sup> Poppelreuter, ferner Diss. Oberhoff, Köln 1928.

Ein weiteres Hilfsmittel, insbesondere für Bewegungsstudien, sind photographische und kinematographische Verfahren, die weiter unten beschrieben werden.

Die Bandschreiber und die schaubildlichen Instrumente dienen im Gegensatz zu den beschriebenen Hilfsmitteln für die Aufnahme von Originalbewegungen in der Hauptsache zu solchen Untersuchungen, die heute noch vorwiegend mit der Stoppuhr gemacht werden. Es sei daher kurz auf die Vorzüge, die die aufschreibenden Geräte der Stoppuhr voraus haben, eingegangen.

1. Es kommt nur das Verfahren Auge-Hand in Frage, das, wie bereits ausgeführt, die geringsten groben Fehler aufzuweisen hat.

2. Das Aufschreiben der Zeiten fällt weg, so daß der Beobachter seine volle Aufmerksamkeit dem Fertigungsverfahren widmen kann. Infolge der geringeren Belastung, die auch nicht bei allen Registrierinstrumenten gleich ist, kann die Aufnahme über längere Zeit als 1,5 Stunden ausgedehnt werden.

3. Die Bedienung ist einfacher und ist schneller zu erlernen.

4. Die Genauigkeit bei kurzen Zeiten (Griffelementen) ist wesentlich größer.

5. Die Fehler, die bei der Aufnahme von kurzen Zeiten mit der Stoppuhr sehr häufig bei Änderung der Griffolge durch den Arbeiter entstehen, werden vermieden. (Der Wechsel in der Griffolge tritt bekanntlich auch bei rhythmischen Fertigungsverfahren auf.)

### c) Bandschreiber.

Bei den Band- oder Zeitschreibern werden die beobachteten Zeiten auf einem von einem Uhrwerk angetriebenen Papierband auf einer (Einfachschrreiber) oder mehreren parallelen Linien (Mehrfachschrreiber)

aufgezeichnet.

Die Markierung der Zeiten kann erfolgen durch:

1. Auflegen eines Schreibstiftes von Hand in einer Schreibschablone.

2. Verschieben eines Schreibers von einer Linie zur anderen, senkrecht zur Papierrichtung (ein Schreiber für alle Linien).

3. Abheben oder

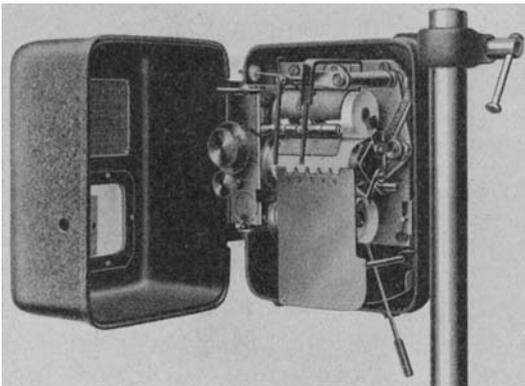


Abb. 9. Diagnostiker mit Schreibschablone und Rastzutat.

seitliches Auslenken nach einer oder beiden Seiten, ein oder mehrere Schreiber (für jede Linie ein Schreiber).

Die Betätigung der Schreiber erfolgt von Hand durch eine mechanische, elektrische oder andere Betätigung.

Die untere Grenze der Vorschubgeschwindigkeit des Papierbandes wird durch die Art des untersuchten Fertigungsvorganges und die

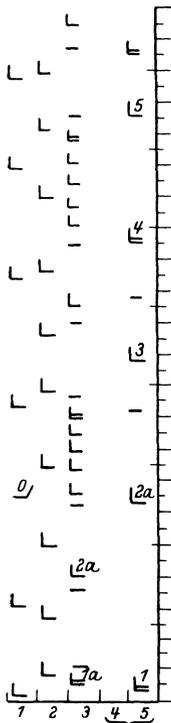


Abb. 10. Aufnahme einer Schlossergruppe. Peiseler-Diagnostiker J.

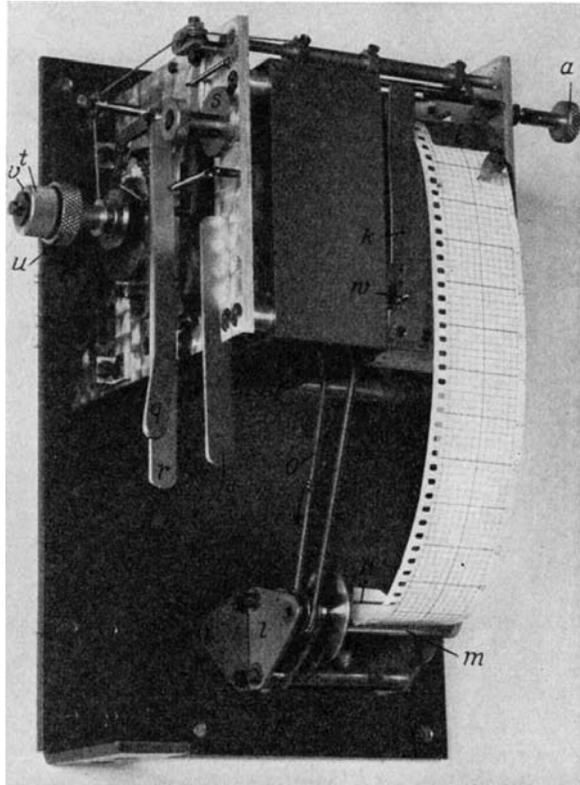


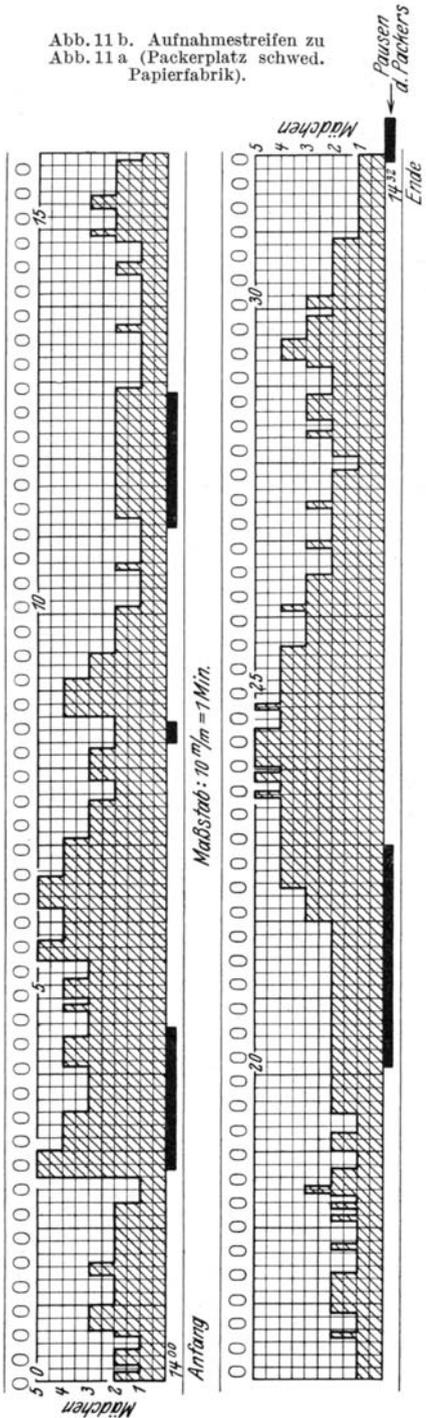
Abb. 11 a. Poppelreuter-Stufenschreiber (geöffnet).

Fragestellung bestimmt. Im allgemeinen muß sie, wenn man noch Griffe bzw. Griffelemente aufzeichnen will, bei etwa 50 mm/min. liegen. Die größte Vorschubgeschwindigkeit wird bei den üblichen von Hand bedienten Apparaten durch die Grenzen der persönlichen Fehler des Zeitnehmers bestimmt (siehe S. 297). Eine Erhöhung der Geschwindigkeit über etwa 100 mm/min. ist daher zwecklos.

Als Einfachzeitschreiber sind von Freund und Wüstehube<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Diss. Darmstadt 1927. Vgl. auch Schriften der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure. Bd 5: Schlosserei- und Montage-Arbeitszeitermittlung. Herausgegeben von K. Gottwein. S. 171ff. Berlin: Julius Springer 1928.

Abb. 11 b. Aufnahmestreifen zu  
Abb. 11 a (Packerplatz schwed.  
Papierfabrik).



— soweit bekannt — erstmalig Morseschreiber (Verfahren 3: Abheben des Schreibers) zu Zeitaufnahmen benutzt worden. Bei ganz einfachen Vorgängen ist dieses Hilfsmittel gewiß sehr brauchbar. Die Aufnahme mehrerer verschiedener Griffe jedoch macht es nötig, die aufgezeichneten Zeiten zu bezeichnen, was auf dem raschlaufenden Streifen schlecht möglich ist. Man kann nun daneben ein Beobachtungsprotokoll (unter Umständen mit symbolischer Kurzschrift) führen. Doch belastet dies den Zeitnehmer und zudem ist es nicht immer einfach, Streifen und Protokoll zur Übereinstimmung zu bringen.

Dieser Nachteil wird durch die Mehrfachzeitschreiber vermieden. Dadurch, daß jedem Griff eine Linie zugeteilt wird, ist eine Identifizierung durch ein besonderes Protokoll überflüssig.

So können einige Mehrfachschreiber auch zur Untersuchung mehrerer gleichzeitiger oder gestaffelter Arbeitsvorgänge benutzt werden.

Da wir Ingenieure gewohnt sind, bei graphischen Darstellungen die Auftragungen von links nach rechts und von unten nach oben vorzunehmen, ist die Reihenfolge der Schreibfedern auch so zu wählen, daß nach Abnahme des Streifens für die Auswertung die Zeit von links nach rechts geschrieben ist und die Reihenfolge der Federn von unten nach oben verläuft. D. h. am Gerät, bei dem der Streifen von oben nach unten abläuft, ist also die Reihenfolge der Federn von rechts

nach links zu wählen. Das gleiche gilt für die Schreibrichtung aller registrierenden Geräte.

Ein Hilfsmittel, das nach dem Verfahren 1 — Auflegen eines Schreibstiftes von Hand — arbeitet, ist der Peiseler-Diagnostiker B mit Schreibschablone Abb. 9. Das Gerät eignet sich in der Hauptsache nur zu Einzelstudien. Die Möglichkeit der Kennzeichnung verschiedener Zeiten auf einer Linie erläutert Abb. 10.

Das Verfahren 2 — Verschieben eines Schreibers von einer Linie zur anderen — ist nur zur Untersuchung eines Einzelvorganges geeignet, da nur ein Schreiber vorhanden ist. Ein Hilfsmittel dafür ist von Poppelreuter entwickelt worden.

Abb. 11a zeigt das geöffnete Gerät. Abb. 11 b einen Aufnahmestreifen<sup>1</sup> von einem Packerplatz, an dem Papierbogen von einem Arbeiter verpackt wurden, dem 5 Arbeiterinnen die abgezählten Papierpakete zu brachten. Es handelte sich darum, die Summe der Wartezeiten der Mädchen (nicht jedes einzelnen) an diesem Platz zu ermitteln. Die schraffierte Fläche ist der Verlustzeit proportional.

Mit dem Gerät (Abb. 9) kann man mit Hilfe einer Rastzutat eine ähnliche Kurve schreiben.

Über eine andere Verwendung dieser beiden Geräte siehe auch Seite 342.

Das Verfahren 3 — für jede Linie ein Schreiber — ist das gebräuchlichste. Ein Gerät mit mechanischer Übertragung ist der Peiseler-diagnostiker J (Abb. 12) der 5—6 Schreiber hat. Dasselbe kann man auch, aber mit mehr Mühe, mit dem Diagnostiker B (Abb. 9) mit einer Fünfschreiberzutat aufzeichnen.

Die Geräte eignen sich nur zur Bedienung durch einen Beobachter, also vornehmlich für Einzelstudien.

Demgegenüber haben die Zeitschreiber mit elektrischer Übertragung den Vorteil, daß sie auch von mehreren Beobachtern, unter Umständen von verschiedenen Arbeitsplätzen aus, bedient werden können, d. h. also sich besonders zur Untersuchung mehrerer gleichzeitiger oder gestaffelter Vorgänge eignen.



Abb. 12. Diagnostiker, tragbar, mit 5 Schreibstiften und Schreibplatte.

<sup>1</sup> Aufgenommen von Prof. Poppelreuter. Schweden 1928.

Solche Geräte sind der Siemens-Zeitschreiber (Abb. 13) und der Debro-Zeitschreiber, deren 6—15 Schreibfedern durch Elektromagnete ausgelenkt werden.



Abb. 13. Siemens-Zeitschreiber.

Die einzelnen Griffe können auf die Federn so verteilt werden, daß jedem Griff eine besondere Feder zugeteilt wird. Nun wird es bei der praktischen Aufnahme sehr oft vorkommen, daß, besonders bei Änderung der Griffolge durch den Arbeiter, zwischen der Endzeit eines Griffes und der Anfangszeit des folgenden Griffes eine kleine Differenz besteht, die dadurch zustande kommt, daß der Beobachter nicht sofort den richtigen Knopf findet. Dieser Fehler wird bei der Auswertung behoben, wenn man als Anfangszeit eines Griffes die Endzeit des vorhergehenden Griffes

wertet. Sind mehr verschiedene Griffe aufzuzeichnen als Federn vorhanden sind, so kann man entweder mehrere Griffe mit einer

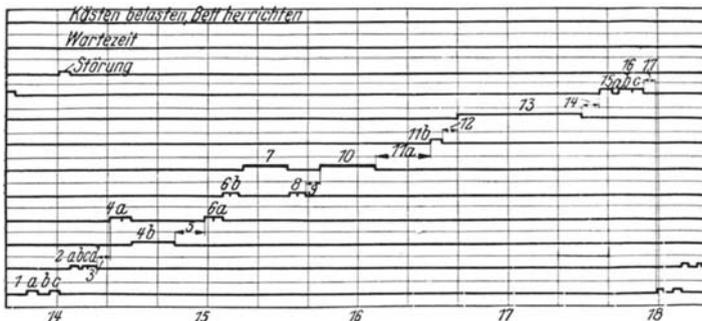


Abb. 14. Bandschreiberaufnahme eines Formvorganges in einer Maschinenformerei.

Griffe

1. Modellplatte abblasen
2. Kasten auf Maschine setzen
3. Streusand streuen, Sieb auflegen
4. Modellsand schaufeln, sieben  
usw.

Griffelemente

- a) Schlauch ergreifen, aufdrehen
- b) blasen
- c) zudrehen
- a) Weg zum Kastenstapel
- b) Kasten ergreifen
- c) Weg zur Maschine
- d) Aufsetzen auf Maschine
- a) Modellsand aufgeben (Schaufelzahl)
- b) sieben

usw.

Feder schreiben oder einzelne Griffzeiten aus der Endzeit des vorhergehenden und der Anfangszeit des folgenden Griffes ermitteln (siehe Abb. 14, Griff Nr 3, 5 usw.). Bei dieser Schreibweise ist es, um den so aufgezeichneten Griff zu identifizieren, erforderlich, daß er entweder mit dem vorhergehenden oder mit dem folgenden Griff in zwangläufiger Reihenfolge steht, besser jedoch mit dem folgenden, damit bei dessen Beginn keine Verzögerungen durch das Suchen des Knopfes entstehen.

Um nun etwaige Pausen des Arbeiters nicht mit diesen nicht immer zu vermeidenden Fehlern der Aufschreibung zu verwechseln, empfiehlt es sich, solche Wartezeiten mit einer besonderen Feder zu schreiben.

Abb. 14 zeigt eine Einzelaufnahme eines Formvorganges in einer Maschinenformerei mit 17 verschiedenen Griffen, die zum Teil noch in Griffelemente unterteilt wurden. Der dazu benutzte Siemens-Zeitstreiber hatte 12 Schreibfedern. Der Aufnahmestreifen gibt nun infolge der Art der Darstellung keinen Überblick über die Schwankungen der Einzelzeiten und der Stückzeiten. Um Größe und Schwankungen der Einzelzeiten besser erkennen zu können, trägt man sie nochmals besonders auf, und zwar einmal in der Reihenfolge der Beobachtung, um periodische Schwankungen erkennen zu können, das andere Mal nach der Größe geordnet, um Schwankungsart und -breite anschaulicher zu machen (Abb. 15). Diese letzte Kurve ist eine besondere Form der Häufigkeitskurve. Die Übertragung erfolgt mit dem Zirkel.

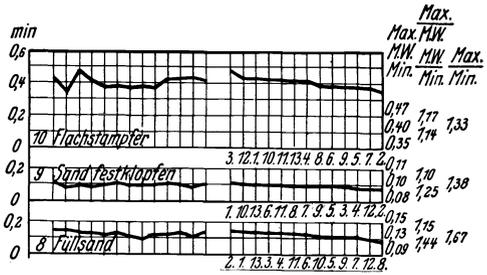
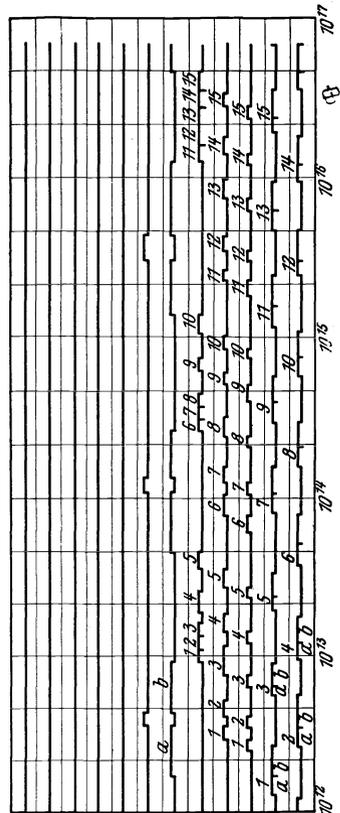


Abb. 15. Schwankungen der Einzelzeiten beim Formvorgang, Abb. 14.



- abladen im Wagen
- a. Fahrt zum Wagen
- b. Rückfahrt
- 5. Sach auf harte Lad.
- mit Draht zuschnüren
- Blume taufen
- 2. Sachwaage
- 1. Sachwaage
- a. voll. Sach absätzen
- b. leeren Sach anhäng.

Abb. 16. Bandschreiberaufnahme. Absacken von Zement. Vorschub 60 mm/min.

Beim Übertragen der Einzelzeiten werden gleichzeitig die Mittelwerte graphisch ermittelt, so daß das Ausmessen und Umrechnen in Zeit nur bei dem Endergebnis nötig ist.

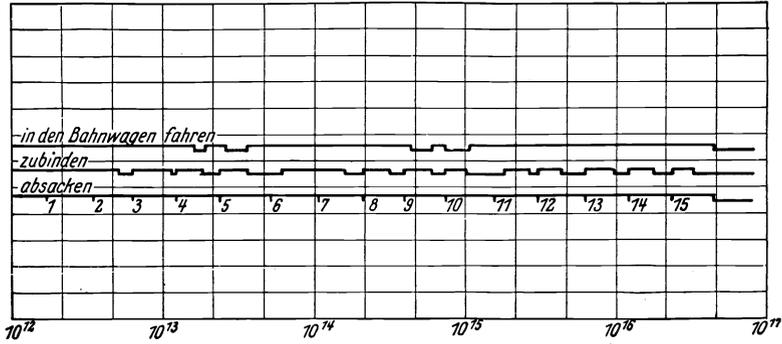


Abb. 17. Bandschreiberaufnahme. Absacken von Zement.

Die besondere Stärke der Bandschreiber, die Aufnahme gleichzeitiger und vor allem gestaffelter Vorgänge, zeigen die folgenden Fälle.

Z. B. gehören hierher die Untersuchungen an Walzwerken mit mehreren Walzgerüsten. Abb. 16 zeigt eine Aufnahme durch drei Beob-

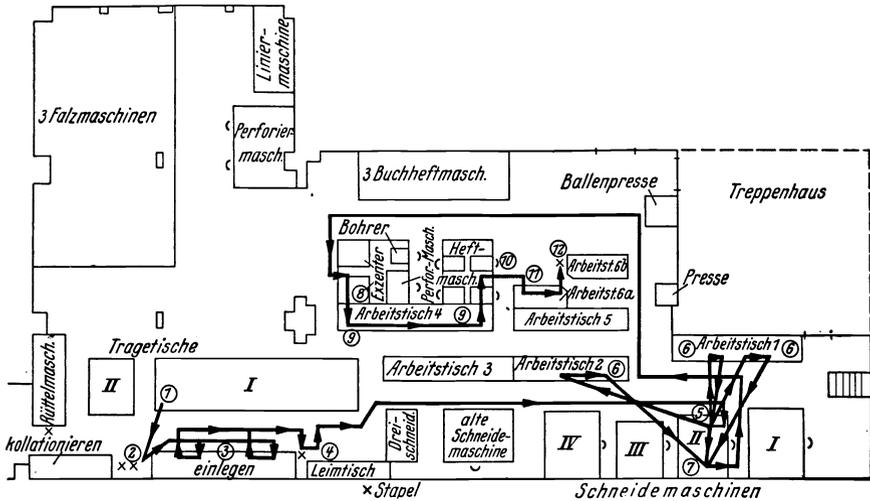


Abb. 18. Materialfluß in einer Buchbinderei vor der Umstellung.

achter von Absacken und Verladen von Zement. Ein Mann hat an einer Absackmaschine mit zwei Sackwaagen die leeren Säcke anzuhängen und die vollen abzunehmen und abzustellen, ein zweiter Mann faltet die Blume und umschnürt sie mit Draht, ein dritter lädt je 5 Sack auf eine Sackkarre und fährt sie in den Bahnwagen. Die eingeschriebenen Zahlen sind die Nummern der Säcke.

Wenn man weniger die Einzelzeiten als vielmehr das Zusammenspiel der drei Arbeiter und den engsten Querschnitt dieses Fertigungsvorganges ermitteln will, wird eine Aufnahme nach Art der Abb.17 genügend und sogar wegen der größeren Anschaulichkeit vorzuziehen sein.

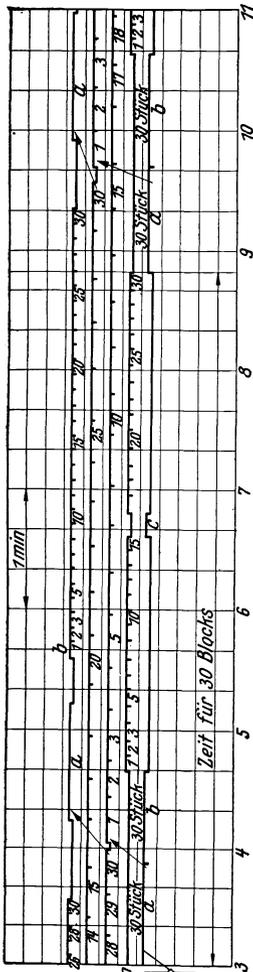


Abb. 19. Bandschreiberaufnahme zu Abb. 18.

- ⑩ 4. Hefterin a. Blocks holen
- ⑨ 3. Aufsteckerin b. heften
- ⑧ 2. " " c. Klammern aufstecken
- ⑦ 1. Ein-schneide-Phil
- ⑥ a. " wegbringen
- ⑤ b. " holen
- ④ c. " am Arbeits-platz verschieben

schneiden des Blockes, 9 Aufstecken der Klammern und 10 Heften des

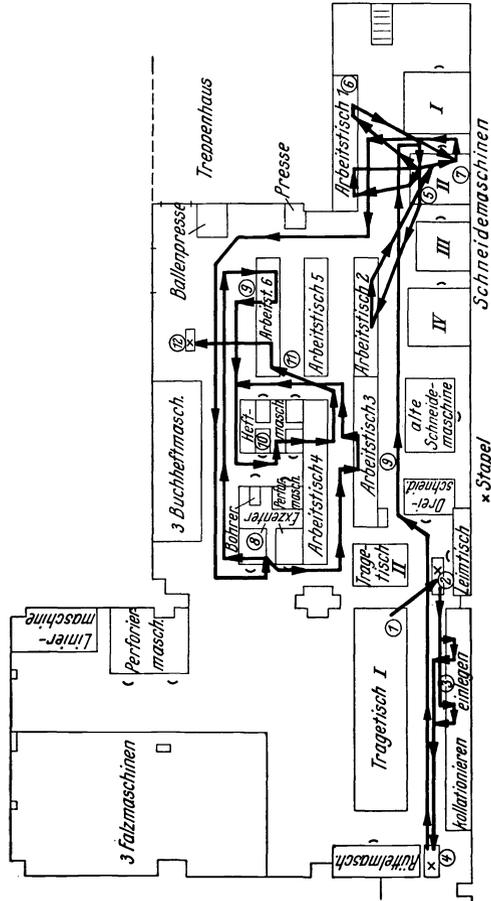


Abb. 20. Materialfluß in einer Buchbinderei nach der Umstellung.

Das zweite Beispiel ist eine Zeitaufnahme aus einer Großdruckerei<sup>1</sup>. Die Aufnahme stellt einen Teilvorgang der Fertigung eines großen Kalenderblockes dar. Abb.18 zeigt den Weg des Blockes in der Buchbinderei vor der Umstellung, Abb.19 die zugehörige Bandschreiberaufnahme an den Betriebspunkten: 8 Ein-

<sup>1</sup> Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Greven, Elberfeld.

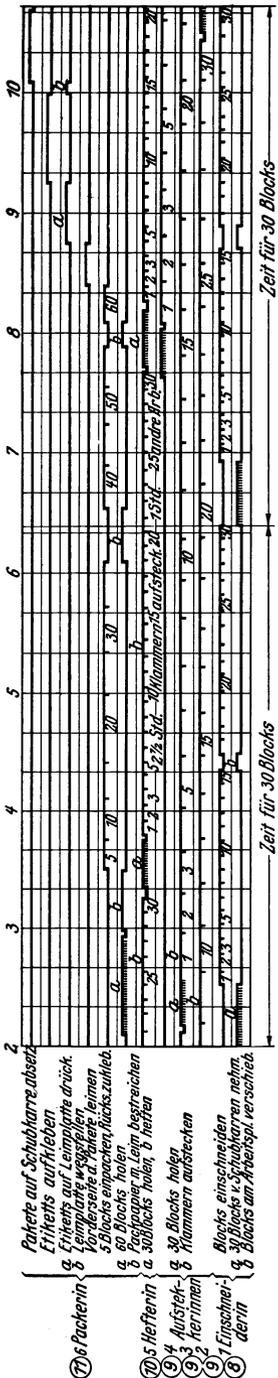


Abb. 21. Bandschreiberaufnahme zu Abb. 20.

Blockes. Der Vorgang ist folgender: Die Einschneiderin holt je 30 Block bei der Schneidemaschine 7 und trägt sie zur Einschneidemaschine 8; nach dem Einschneiden bringt sie die Blocks abwechselnd zu einem der beiden Arbeitsplätze 9, wo die Klammern von Hand aufgesteckt werden. Von dort holt die Hefterin die Blocks zur Heftmaschine 10, heftet sie und legt sie neben der Maschine auf einen Tisch ab, von wo sie die Packerin wegträgt. Die Packerin, Platz 11, arbeitet, da sie kürzere Zeit braucht, mit großen Pausen, in denen sie eine andere Arbeit verrichtet.

Aufgabe der Umstellung war die Beseitigung des komplizierten Materialflusses in der ohnehin sehr engen Werkstatt, sowie die Abstimmung der Arbeitsplätze 8, 9, 10 und 11. Abb. 20 zeigt den Materialfluß nach der Umstellung, Abb. 21 die zugehörige Zeitaufnahme, die jetzt auch auf die Packerin ausgedehnt ist. Der Vorgang ist jetzt folgender: Die Blocks werden von der Schneidemaschine 7 in einer größeren Menge mit einem Hubkarren nach der Einschneidemaschine 8 gefahren und nach dem Einschneiden von den Aufsteckerinnen weggeholt. Die Stundenleistung stieg um rund 35%. Eine dritte Aufsteckerin wurde nötig. Da diese nur zu etwa 70% beschäftigt war, wurden ihr die Nebenarbeiten übertragen, die vorher von der Packerin ausgeführt wurden. Letztere war durch die Steigerung der Leistung jetzt auch voll beschäftigt. Die Tätigkeit am Platz 10 und 11 ist aus Abb. 21 klar zu ersehen.

### d) Zeitsäulenschreiber.

Während die vorher beschriebenen Bandschreiber Einzelheiten im Verlauf der Fortschrittszeiten markieren, wodurch ein optischer Vergleich der Einzelzeiten untereinander erschwert wird, schreibt der Zeitsäulenschreiber von Peiseler die Einzelzeiten senkrecht von einer gemeinsamen Basis aus, entweder

in der Reihenfolge des Auftretens („fortlaufende Buchung“)<sup>1</sup> oder nach gleichen Griffen bzw. Griffelementen geordnet („eingeschachtelte Buchung“)<sup>1</sup>. Abb. 22 zeigt eine Aufnahme mit fortlaufender und eine mit eingeschachtelter Buchung. Der Vergleich der Einzelheiten ist besonders bei dem letzten Verfahren leicht möglich, allerdings unter Verzicht auf den Zusammenhang mit den Fortschrittszeiten. In dem Diagramm sieht man nur Einzelzeiten aber nicht den Arbeitsablauf in

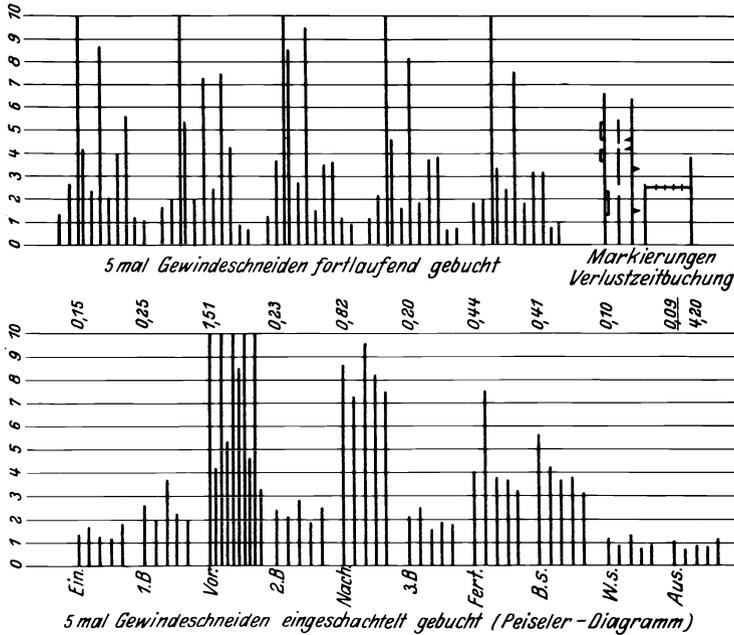


Abb. 22. Aufnahmen mit dem Peiseler-Diagnostiker A.

seiner Gesamtheit. Hinzu kommt, daß die Summe mehrerer Einzelzeiten oder die Stückzeiten sich nicht direkt abgreifen, sondern nur durch Addition der Einzelzeiten ermitteln läßt, was gewisse Fehlerquellen in sich birgt. Allerdings wird unter bestimmten Fragestellungen die Auswertungsarbeit sehr erleichtert. Der Apparat erlaubt Einzelzeiten bis zu einer Minute, bei längeren Zeiten werden mehrere dicht nebeneinander liegende Linien geschrieben (Fehlermöglichkeiten). Die Bedienung des Apparates erfordert sehr viel Aufmerksamkeit.

### e) Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Geräte

Die Zeitstudienhilfsmittel für Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Darstellung benutzen einen Teil der schaubildlichen Verfahren von Poppelreuter,

<sup>1</sup> Nach Dr. Peiseler.

die einen Arbeitsverlauf innerhalb eines Koordinatensystems als Kurvenverlauf nach Zeit, Menge, Weg darstellen<sup>1</sup>.

Für Zeitstudien sind hauptsächlich zwei Hilfsmittel entwickelt worden: das Zeitnehmermodell und der Stufenschreiber der Arbeitsschauuhr.

Das Zeitnehmermodell (Abb. 23 u. 24) schreibt das Schaubild selbsttätig, wenn der Zeitnehmer entsprechend der Beobachtung vier



Abb. 23. Tragbares Zeitnehmermodell der Arbeitsschauuhr (Poppelreuter-Kienzle).

Knöpfe des Instrumentes bedient. Die grundlegenden Möglichkeiten der Darstellung sind in Abb. 25<sup>2</sup> wiedergegeben:  $A_1$  = Beginn der ersten Zeit;  $B_1$  = Schluß der ersten Zeit;  $A_2$  = Beginn der zweiten Zeit;  $B_2$  = Schluß der zweiten Zeit. Als Unterbrechung stellt  $P_1$  die Pause innerhalb einer Schichtzeit,  $P_2$  die Pause nach einer Stückzeit dar. Einer der vier Drehknöpfe ermöglicht ein Hochheben des Steigschreibers zur Aufzeichnung einer Lücke (III, IV). Durch Hemmung des Zeitschreibers kann man verschiedene Arten von Zeiten, z. B. Handzeit und Maschinenzeit, die sich bei irgendeinem Fertigungsvorgang abwechseln, bei der

Zeitaufnahme trennen, so daß z. B. die Ordinate die selbsttätige Addition einer gleichen Zeitart ergibt. Bei größeren Zeiten als 1 Minute wird die Bewegung des Zeitschreibers selbsttätig gehemmt, so daß nicht ein Dreieck, sondern ein Trapez entsteht.

Im Gegensatz zu den Bandschreibern und Zeitsäulengeräten schreibt das Zeitnehmermodell die Einzelzeiten über einer gemeinsamen Grundlinie, so daß sie verglichen werden können, unter gleichzeitiger Registrierung der Fortschrittszeiten in der Abzisse. Er verbindet also die

<sup>1</sup> Poppelreuter: Die Zeitstudie und Betriebsüberwachung im Arbeitsschaubild. München: R. Oldenbourg 1929. — Vgl. auch Maschinenbau 6, 109 u. 113 (1927).

<sup>2</sup> Unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Laue, Kienzle Apparate AG. Villingen.

Vorteile beider Geräte bis auf das Aneinanderreihen gleicher Griffzeiten (Einschachtelung).

Ganz besonders bei diesen Geräten muß, wie in früheren Abschnitten schon gesagt, hervorgehoben werden, daß die Eigenart der Darstellung bei jeder neuen Untersuchung eine individuelle Anpassung der Aufzeichnung an die Art der Fertigung und die betriebswirtschaftliche Fragestellung verlangt. Einige Beispiele aus verschiedenen Industrien sollen dies erläutern:

Aus der Maschinenformerei ist dasselbe Beispiel einer Zeitaufnahme mit dem Zeitnehmermodell gewählt, wie unter Abschnitt 3 (Bandschreiber) eingehend beschrieben. Auch die Unterteilung der Griffe bis zu den Griffelementen ist in gleicher Weise vorgenommen. Die Gesetzmäßigkeiten des Arbeitsverlaufes, die Unterschiede der Einzelzeiten und der Stückzeiten sind deutlich zu erkennen (Abb. 26).

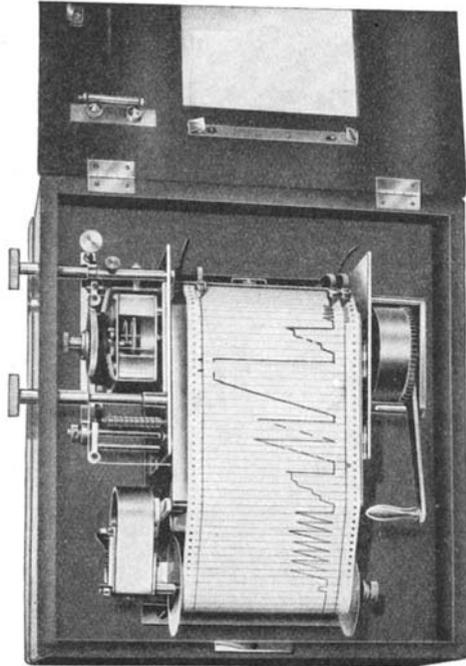


Abb. 24. Wie Abb. 23, geöffnet.

Würde man die Einzelzeiten gleicher Griffe miteinander verbinden, so könnte man aus dem Verlauf dieser Kurven die geringen oder großen

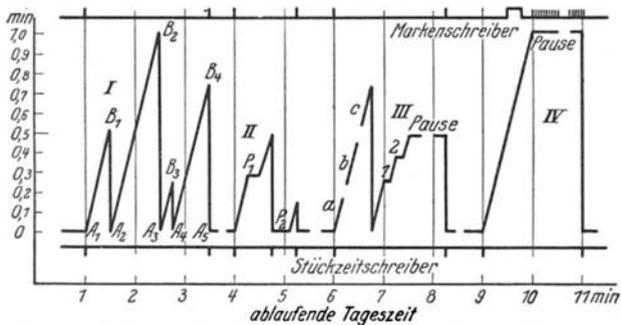


Abb. 25. Arbeitsschauuhr, Zeitnehmermodell. Darstellungsmöglichkeiten.

Schwankungen der Einzelzeiten erkennen, jedoch würde sich bei der großen Griffzahl eine einfache Übertragung der Einzelzeiten nach Abb. 15

mit Hilfe eines Zirkels empfehlen. Die Darstellungsmöglichkeiten bei dieser Zeitaufnahme sind durch Abb. 27 wiedergegeben, deren Anwendung sich ja nach dem Zweck der Untersuchung richtet:

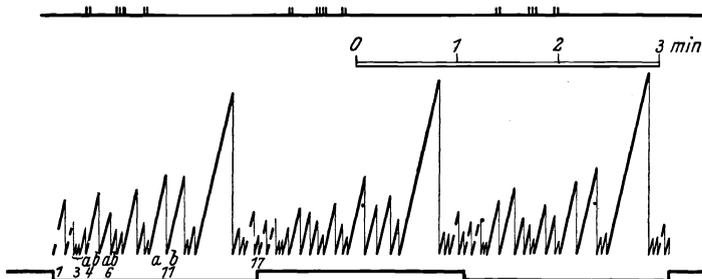
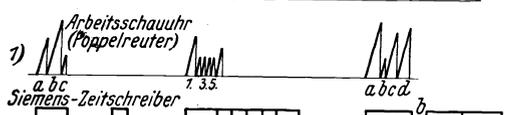
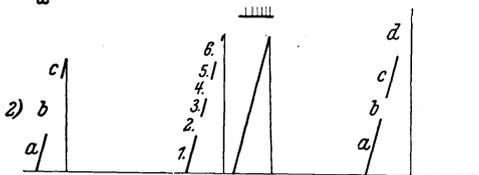
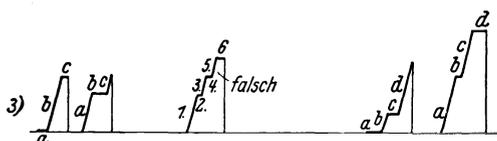


Abb. 26. Arbeitsschauuhr, Zeitnehmermodell. Aufnahme eines Formvorganges in einer Maschinenformerei (3 Stückzeiten). Vgl. Abb. 14.

1. Jedes Griffelement wird für sich geschrieben. Eine derartige Einzelzeitregistrierung ist nur anzuwenden, wenn Griffelemente unter sich verglichen werden sollen.

2. Die Griffzeit wird als Ganzes geschrieben. Unterteilung durch Abheben der Feder oder, wo es nur auf die Anzahl der Griffelemente ankommt, durch Markierung mit dem Hilfsschreiber.



1) *Arbeitsschauuhr (Popelreuter)*  
*Siemens-Zeitschreiber*  
*a b c*  
*a Schlauch ergreifen*  
*b abblasen*  
*c Schlauch weglegen*

2) *1. 2. 3. 4. 5. 6. Schaufel Sand einschaufeln*

3) *a b c d*  
*a Weg zur Oberkastenmaschine*  
*b Kästen ergreifen*  
*c Weg zum Unterkasten*  
*d zulegen*

Abb. 27. Verschiedene Darstellungsmöglichkeiten der Aufnahme des Formvorganges Abb. 26.

3. Nur einzelne Elemente werden senkrecht geschrieben, so daß ihre Summe sofort abgelesen werden kann. Zeiten für Wege verschiedener Länge usw. werden ausgeschieden. Darstellung 3 für Sandschaufeln ist falsch, da es sinnlos ist, gleiche Vorgänge zu trennen.

Ein weiteres Beispiel aus einem Preßwerk, in dem ein Loch- und Ziehvorgang untersucht wurde, ist Abb. 28, das den Unterschied zwi-

sehen einer schlechten, mittleren und guten Gruppe durch Zeitaufnahme von Stückzeiten darstellt. Der Vorteil einer derartigen groben Registrierung, Abb. 28 oben, ist die Übersicht über die größeren Zusammenhänge. Es empfiehlt sich aber, in bestimmten Zeitabschnitten Einzelzeiten zu registrieren, die, ohne das Gesamtbild zu stören, Kontrollwerte liefern (siehe Abb. 28). Diese Art der Aufnahme kann als Vorstudie in Betracht kommen, um zunächst einmal einen Überblick über die Schwankungen zu bekommen, oder als Nachstudie, wenn bereits Untersuchungen über die Ursachen der Schwankungen der Einzelzeiten durch Einzelzeitregistrierungen (Abb. 28 unten) vorausgegangen sind.

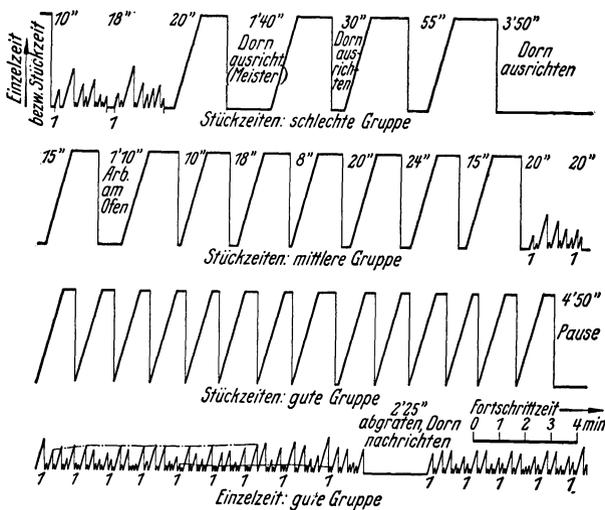


Abb. 28. Arbeitsschauhr, Zeitnehmermodell, Zeitaufnahme aus der Warmformgebung (Loch- und Ziehpresse).

Ein ähnliches Schaubild würde entstanden sein, wenn man nach der Arbeitsplatzrationalisierung die schlechteste Gruppe zu zweckmäßigeren Handgriffen erzogen hätte.

In Walzwerksbetrieben ist bei Zeitaufnahmen meistens die Trennung des gesamten Fertigungsvorganges in Transportzeiten, reine Walzzeiten und Nebenzeiten (Zu- und Abführen des Materials zu bzw. von der Walze, Umsetzen zum nächsten Stich oder zum nächsten Kaliber) erforderlich. Eine Zusammenstellung von zwei kennzeichnenden Profilen einer Triostraße mit einem Vorgerüst und zwei Fertiggerüsten zeigt Abb. 29. Bei diesem Beispiel wurden Blöcke von gleichem Gewicht im Vorgerüst in 12 Stichen vor- und im Fertiggerüst in je 5 bzw. 7 Stichen fertiggewalzt. Die schaubildliche Zeitaufnahme zeigt deutlicher die Unterschiede der Gesamtzeiten, der Stichzahlen, der reinen Walzzeiten, der Umsatzzeiten, als es irgendein anderes Hilfsmittel dar-

stellen kann, abgesehen davon, daß so kurze Zeiten z. B. mit Stoppuhren kaum ohne große Fehlerquelle erfaßt werden können.

Die Beispiele lassen sich aus den verschiedenen Industrien beliebig vermehren, zum Teil jedesmal wieder in anderen Formen der schaubildlichen Darstellung. Die Vorteile der schaubildlichen Zeitaufnahmen sind kurz zusammengefaßt:

1. Gesetzmäßigkeiten des Arbeitsverlaufes und der Störungen sind deutlich erkennbar; die Zeitaufnahme kann der Eigenart des einzelnen Falles angepaßt werden.

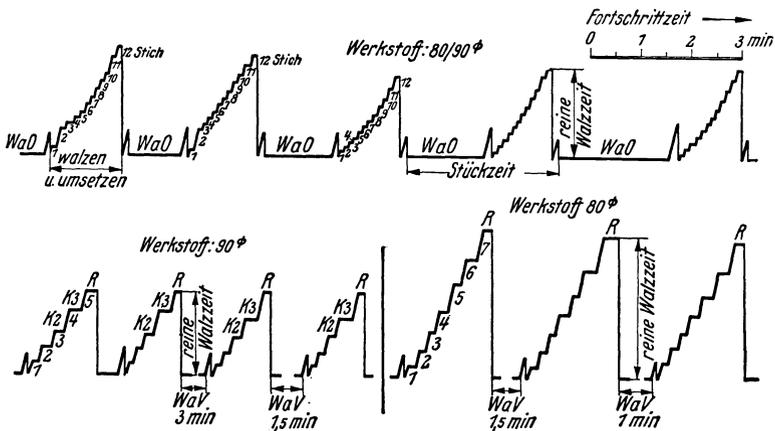


Abb. 29. Arbeitsschauuhr, Zeitnehmermodell. Zeitaufnahme an einer Trio-Vor- und Fertigstraße; oben: Vorgerüst, unten: Fertigerüst. *WaO* Warten auf Ofen, *WaV* Warten auf Vorgerüst, Zahlen 1 bis 12 = Stück, *K* Kaliber, *R* Rückfahrt.

2. Rascher Überblick ohne Vertiefung in die Einzelheiten: bei Unstimmigkeiten wird sich der Arbeiter leichter überzeugen als durch eine Zahlentafel.

3. Kurze Streifen. Möglichkeit, auf dem Streifen unmittelbar Notizen zu machen oder mit Hilfe von Markenschreibern durch Markierung eine Übereinstimmung zwischen dem Diagramm und den Notizen auf einem Block usw. herzustellen.

4. Die Fehlermöglichkeit beim Bandschreiber bei wechselnder Griffolge trifft bei dem Zeitnehmermodell nicht zu, da der Zeitnehmer jederzeit die nächste Einzelzeit beginnen kann, um sie nachträglich zu bezeichnen.

5. Wesentliche Entlastung des Zeitnehmers.

Das zweite Modell der Arbeitsschauuhr für Zeitstudien ist der Stufenschreiber, der für eine beliebig einstellbare Hubzahl von 25—200 eingerichtet ist und selbsttätig, z. B. nach 25 Hübchen, wieder auf die Grundlinie fällt. Auf diese Weise erhält man eine schaubildliche Darstellung der Gesetzmäßigkeiten innerhalb einzelner Zeitabschnitte und zu gleicher Zeit eine selbsttätige Zählung der Mengen und damit eine fortlaufende

Produktionskontrolle. Aus der Neigung der Kurve und aus dem regelmäßigen oder unregelmäßigen Verlauf lassen sich ohne weiteres die Geschwindigkeitsverläufe der Produktion erkennen.

Ein Beispiel für eine derartige Zeitaufnahme ist das Absacken von Zement in einer Zementfabrik, bei der so registriert worden ist, daß jede Stufe ein Sack bedeutet. Aus Abb. 30 unten erkennt man deutlich den langsamen Anstieg der Einzelzeiten durch die leichte Krümmung der ersten Kurve. Im weiteren Verlauf der Zeitaufnahme treten dann größere Unregelmäßigkeiten durch die Absackmaschine ein. Das Instrument war so eingestellt, daß es jedesmal nach 25 Stück selbsttätig auf die Nulllinie zurückfiel. Gerade aus der Mengenkurve ersieht man wohl noch deutlicher die Unregelmäßigkeiten als auf dem gleichzeitig aufgenommenen Streifen mit dem Zeitnehmermodell (Abb. 30 oben).

Ein zweites Beispiel ist aus einer mechanischen Bearbeitungswerkstätte (Feilenhauelei) gewählt und ist zu gleicher Zeit wohl der Grenzfall für die Aufnahme mit einem Stufenschreiber, da bei zu langen Zeiten die Kurven zu flach werden (Abb. 31). Bei der Aufnahme war durch eine besondere Maßnahme eine Kennzeichnung der Maschinenzeit gegenüber der Handzeit vorgenommen worden,

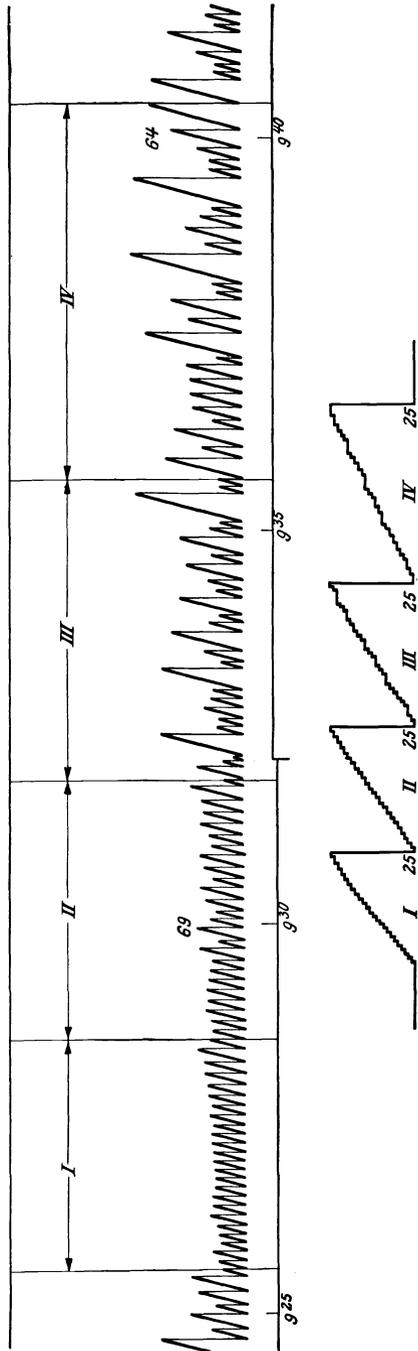


Abb. 30. Arbeitsschauuhr, Zeitnehmermodell und Stufenschreiber für Zeitstudien. Absacken von Zement.

da zu gleicher Zeit eine Leistungs-

steigerung durch Rationalisierung der Nebenzeiten erreicht werden sollte. Der Arbeitsrhythmus ist gleichmäßig, die langsam ansteigenden Stückzeiten sind hauptsächlich durch Vergrößerung der Nebenzeiten hervorgerufen.

Über die Bandschreiber kann noch zusammenfassend gesagt werden, daß zwar eine geringe Mannigfaltigkeit der Darstellung, wohl aber

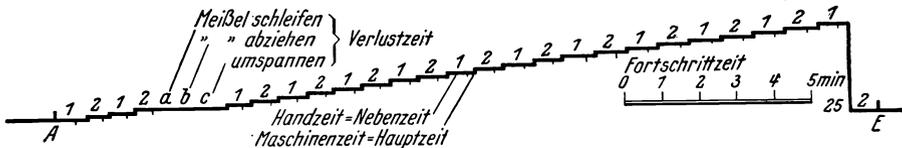


Abb. 31. Arbeitsschauuhr, Stufenschreiber für Zeitstudien. Mengenregistrierung in einer Feilenhauderei. Oberhieb hauen (Flachfeilen  $\approx 12' \times 30$ ). 1= erste Seite, 2= zweite Seite. Stückzahl 13.

Stückzeit . . . . .	rund 1,5 min.
Verlustzeit . . . . .	2,1 „
Maschinenzeit . . . . .	15,6 „
Handzeit . . . . .	4,3 „
<b>Gesamtzeit</b>	<b>22,0 min.</b>

eine große Feinheit der Unterteilung möglich ist. Ihre Stärke liegt in ihrer Anwendung für die Zeitaufnahme gleichzeitiger oder gestaffelter Vorgänge.

Demgegenüber sind die Zeit-Zeit-Instrumente für die Einzelstudie geeignet, und ihre Stärke ist die Vielheit der Darstellungsmöglichkeiten zugleich mit geringem Aufwand für die Auswertung.

Zahlreiche gleichzeitige Versuche mit den verschiedenen Hilfsmitteln an denselben Fertigungsvorgängen mit geübten Zeitnehmern ergaben, daß die größte Ermüdung bei Aufnahmen mit der Stoppuhr, die geringste bei der Aufnahme mit der Arbeitsschauuhr eintrat. In einem besonderen Falle, wo es sich um die Aufnahme von Zeiten von 0,10—0,20 Minuten handelte, machten sich bei der Stoppuhraufnahme bereits nach 30 Minuten starke Ermüdungserscheinungen bemerkbar. Beim Bandschreiber traten diese nach 1,5 Stunden, bei der Arbeitsschauuhr erst nach mehr als 2,5 Stunden ein, da hierbei der Zeitnehmer die schaubildliche Darstellung des Arbeitsverlaufes dauernd vor Augen hat.

## f) Photographische Verfahren.

Photographische Verfahren werden nur zur Messung kleinster Zeiten verwendet. Man hat zwischen Steh- und Laufbild zu unterscheiden, wobei das Stehbild als Einzel- oder Stereobild aufgenommen werden kann. Das bekannte Verfahren von Gilbreth zur Untersuchung von Bewegungsvorgängen mittels angehefteter Glühlampen gibt noch keinen Aufschluß über den zeitlichen Ablauf. Auch durch gleichzeitiges Aufnehmen einer laufenden Uhr läßt sich nur Anfang und Ende der Belich-

tung feststellen. Erst durch Einführung einer rotierenden Blende<sup>1</sup> vor der Objektivöffnung, die in bestimmten Zeitabständen das Objektiv verdeckt und so die Lichtpunktlinien der einzelnen Bewegungsvorgänge unterbricht, lassen sich die zwischen den Unterbrechungen liegenden Wege in Beziehung setzen zur Zeit (Abb. 32).

Unter Laufbildern sind die Filmaufnahmeverfahren zu verstehen. Die Zeitmessung erfolgt durch gleichzeitige Aufnahme einer laufenden großen Stoppuhr.

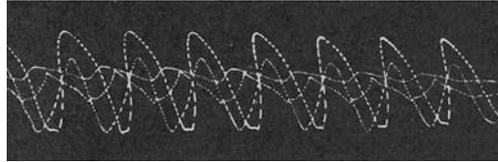


Abb. 32. Nagel einschlagen.

Eine besondere Bedeutung haben die Verfahren durch die Zeitdehneraufnahmen erhalten, die hauptsächlich zur Analyse schneller Griffbewegungen oder zur Erforschung technischer Vorgänge verwendet werden<sup>2</sup>.

### 3. Vergleich einiger Zeitstudien-Hilfsmittel.

Der Versuch, einige Hilfsmittel miteinander zu vergleichen, begegnet erheblichen Schwierigkeiten. Voraussetzung für jeden Vergleich ist, daß die Hilfsmittel für den gleichen Zweck gebaut sind.

Das erste Beispiel aus einer Stahlformgießerei zeigt einen Formvorgang. Einformen eines Laufrades an einer Preßwasser-Wendeplattenformmaschine, die von zwei Arbeitern bedient wird. Die Zeitaufnahme wurde mit einer Stoppuhr (0,01 Minuten), einem Bandschreiber (60 mm/min. Vorschub) und einem Zeitnehmermodell (20 mm/min. Vorschub, 80 mm Höhe) gemacht. Abb. 33 zeigt den bekannten Refabogen, in dem nur die abgestoppten Fortschrittzeiten, Einzelzeiten, Stückzeiten und Mittelwerte eingetragen sind. Abb. 34 ist ein Ausschnitt des Bandschreiberstreifens, Abb. 35 derselbe Ausschnitt vom Zeitnehmermodell. Bei beiden Streifen sind die Stückzeiten durch senkrechte Linien und die Einzelzeiten durch dieselbe Schraffur gekennzeichnet (die übliche Kennzeichnung durch Farben ist bedeutend klarer). Diese kurze Auswertungsarbeit ist, soweit es sich um mehr als drei Griffe handelt, zur Übersicht erforderlich, genau so, wie bei der Stoppuhraufnahme, die Einzelzeiten, Stückzeiten und Mittelwerte errechnet werden müssen. Beim Vergleich der drei Hilfsmittel miteinander tritt zunächst schon rein äußerlich die Zahlentafel hinter die Registrierstreifen zurück. Zwar kann man aus den Zahlen die Größe und Schwankung der Einzelzeiten entnehmen und miteinander vergleichen, aber die Übersicht über die

<sup>1</sup> Buxbaum. <sup>2</sup> Siehe auch Thun: Film in der Technik. VDI.-Verlag, Berlin.

Zusammenhänge des Arbeitsablaufs und der Störungen fehlt. Beim Bandschreiber ist diese Übersicht in beschränktem Maße vorhanden,

zumal die Stückzeiten sehr kurz sind. Da- gegen gibt das Schaubild des Zeitnehmermodellseinen Überblick sowohl über die Gesamtzusammenhänge wie über die Einzelvorgänge. Bei diesem Beispiel handelt es sich um einen rhythmisierten und sehr intensiven Fertigungsvorgang, was ohne weitere Auswertung nur aus dem Zeitnehmerstreifen hervorgeht, während bei der Stoppuhr und der Bandschreiberaufnahme eine Auswertung etwa in einem Säulendiagramm erforderlich ist.

Abteilung: <i>St G</i>		Beobachtungsbogen Nr.		Modell-Nr. oder Zeichnungs-Nr. oder Type:									
Maschine oder Platz Nr.:		für Zeitaufnahmen		Fertigungsauftrag									
Arb. Name:		Gegenstand und Arbeitsgang:											
Arb. Nr.:	Leistungsgr.:	<i>Einformen eines Laufrades</i>											
Tarifklasse:													
Jahre mit ähnl. Arb. besch.													
Lfd. Nr.	Unterteilung	Aufnahmen der gleichen Art	Aufnahmen der gleichen Art							Gesamtsumme	Mittelwert	Bemerkungen z. B. Unterbrechungen	
			1	2	3	4	5	6	7				
1	<i>Unterstützen heben, aufsetzen</i>	f	0,21	0,18	0,23	0,20					0,82	0,205	
		f	0,21	2,76	4,43	6,76					1,31	0,327	
2	<i>Stanzrad, Sand, verstampfen</i>	f	0,22	0,30	0,25	0,24							
		f	0,53	2,96	4,50	6,50							
3	<i>rauen Klammern lösen</i>	f	0,11	0,10	0,10	0,11					0,42	0,105	
		f	0,64	2,56	4,60	6,67							
4	<i>abstreichen, Luft, stechen</i>	f	0,16	0,19	0,20	0,25						0,70	0,175
		f	0,80	2,75	5,00	6,76							
5	<i>Stützlasten auftrag, zülfegen</i>	f	0,25	0,21	0,25	0,25						0,96	0,240
		f	1,05	2,96	5,04	7,01							
6	<i>heben, aufsetzen</i>	f	0,21	0,22	0,20	0,24					0,87	0,217	
		f	1,06	3,18	5,25	7,25							
7	<i>Stanzrad, Fräßen, Sand</i>	f	0,27	0,27	0,25	0,26					1,05	0,262	
		f	1,53	3,95	5,50	7,51							
8	<i>rauen Klammern lösen</i>	f	0,10	0,10	0,10	0,10					0,40	0,100	
		f	1,63	3,55	5,60	7,61							
9	<i>abstreichen, Luft, Fräßen</i>	f	0,18	0,21	0,18	0,22						0,79	0,197
		f	1,81	3,76	5,74	7,83							
10	<i>Unterstützen auftrag, aufsteif</i>	f	0,27	0,16	0,18	0,20						0,71	0,177
		f	1,98	3,92	5,86	8,03							
Summe der Einzelzeiten			1,98	1,94	2,04	2,07					2,005		
Prüfung		Auswertung		Beobachtung									
Datum		Datum		Datum		Anfang		Ende		Name			

Abb. 33. Aufnahme des Formvorganges, auf Refa-Beobachtungsbogen.

Auf Seite 309/10 wurde bereits eine Zeitstudie eines gestaffelten Vorganges mit dem Bandschreiber erläutert und der Vorteil des Bandschreibers bei Aufnahme derartiger Vorgänge hervorgehoben. Die Vor-

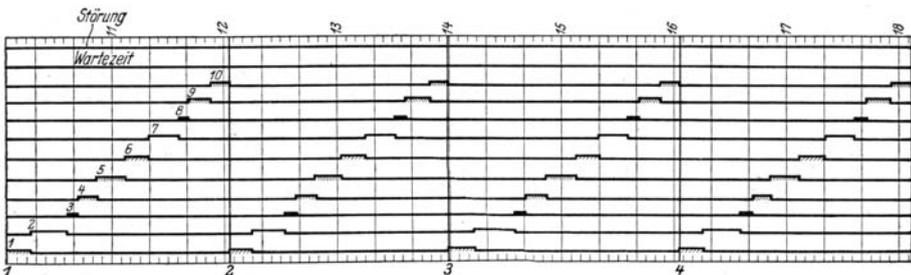


Abb. 34. Bandschreiberaufnahme eines Formvorganges in einer Stahlgießerei.

aussetzungen für eine derartige Aufnahme sind jedoch nicht immer vorhanden: eine größere Zahl von Zeitnehmern und eine nicht zu große Entfernung der einzelnen Betriebspunkte, so daß unter Umständen feste Leitungen verlegt werden können.

Im folgenden Beispiel sei daher gezeigt, wie man sich in solchen Fällen helfen kann. Es handelte sich um eine größere Untersuchung des Rohstofftransportes in einem Hochofenbetrieb, in dem neben der Unübersichtlichkeit der Gesamtanlage die Entfernung der einzelnen Betriebspunkte bis zu 500 m betrug. Während man mit dem Bandschreiber durch die gleichzeitige Aufnahme aller Betriebspunkte in verhältnismäßig kurzer Zeit die Zusammenhänge der Arbeitsspiele und die Gesetzmäßigkeiten des Arbeitsverlaufes und der Störungen erhält, muß man z. B. mit dem Zeitnehmermodell der Arbeitsschauuhr, mit dem man nur Einzelaufnahmen machen kann, wesentlich anders vorgehen. Man macht über längere Zeiten an jedem Betriebspunkt zu den verschiedensten Schichtzeiten Einzelaufnahmen, um für die Auswertung brauchbare Mittelwerte zu erhalten und die Ausnutzung der einzelnen Betriebspunkte (Fördermittel) und den engsten Querschnitt im gesamten Transportproblem festzustellen. Diese Einzelergebnisse müssen dann etwa nach Abb. 36 übereinandergelegt werden, um die oben erwähnten Zusammenhänge zu erkennen. Zur Erläute-

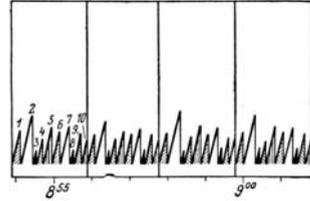


Abb. 35. Zeitnehmermodell-Aufnahme zu Abb. 33.

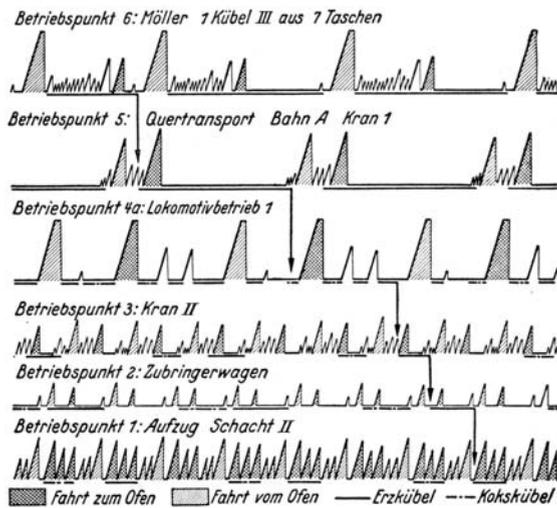


Abb. 36. Idealer Rhythmus Ofen III — Möller (Zusammenstellung aus Zeitaufnahmen mit dem Zeitnehmermodell).

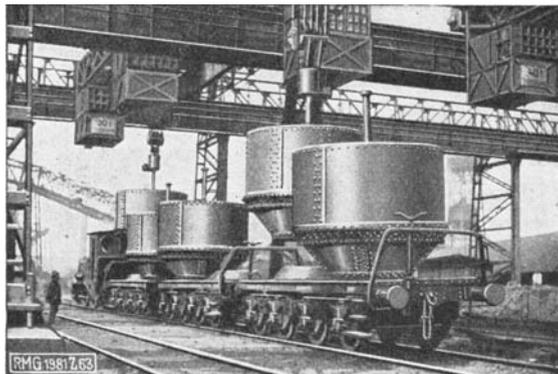


Abb. 37. Arbeitsspiel zwischen Betriebspunkt 4 und 5 (Lok-Betrieb und Quertransportbahn s. Abb. 36).

nung zeigt Abb. 37 z. B. das Arbeitsspiel zwischen den Betriebspunkten 4 und 5.

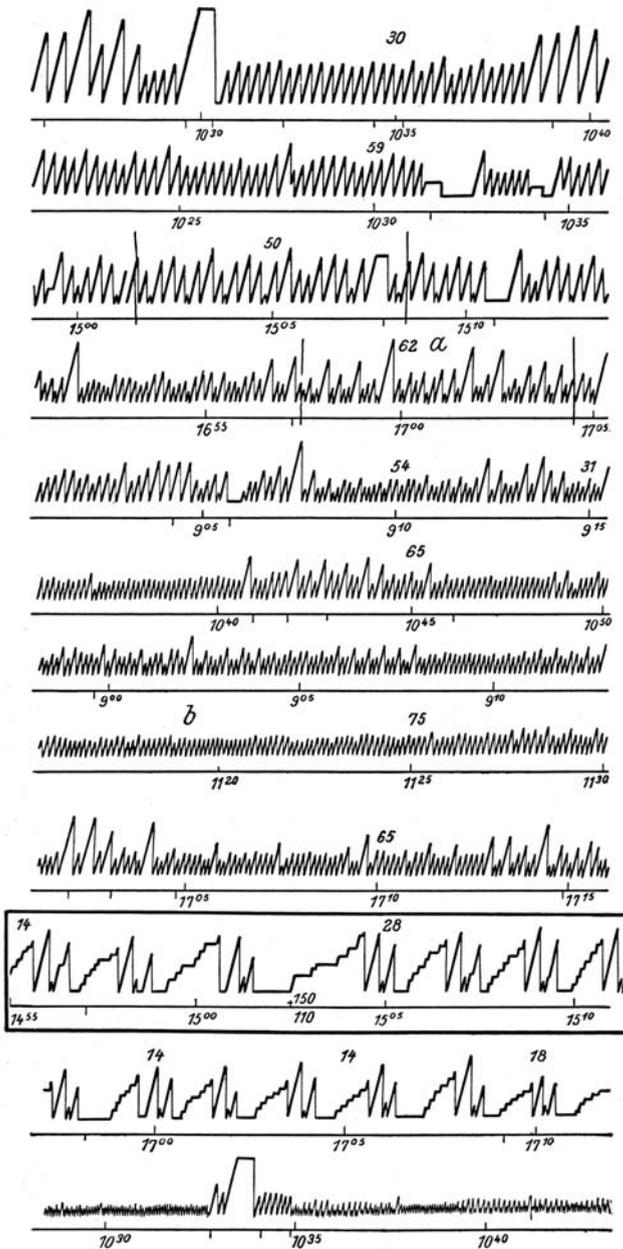


Abb. 38. Arbeitsschauhr-Zeitnehmermodell.  
Vergleichsaufnahme beim Absacken.

punkten 4 und 5.

Da die graphischen Verfahren zur Zeitaufnahme bis heute noch wenig angewandt werden, sei noch ein Beispiel gebracht, bei dem ihre Überlegenheit nicht nur in der Anschaulichkeit (siehe Abb. 38 z. B. Stelle *a* und *b* oder Abb. 30, Seite 319, I bis II und III bis IV), sondern ganz besonders in dem wesentlich geringeren Aufwand für die Aufnahme und Auswertung hervortritt.

In diesem Fall war eine große Zahl von Einzelzeiten aufzunehmen. Abb. 38 zeigt den Ausschnitt von etwa 1000 Einzelzeiten aus den gesamten Aufnahmestreifen von rund 6000 Einzelzeiten, die eine Aufnahmedauer von ungefähr 17 Stunden und eine Auswertungsarbeit (10-Minuten-Leistung, Mittelwerte, Unterschiede, Beschriftung) von rund 6 Stunden erforderte. Der Refabogen Abb. 39 stellt

den kleinen auf der Abb. 38 umrandeten Teil der Zeitaufnahmen mit

Abteilung:	Beobachtungsbogen Nr.	Modell-Nr.:
Maschine od. Platz-Nr.:		oder Zeichnungs-Nr.:
Arb. Name: <i>Langvenick</i>	für Zeitaufnahmen	oder Type:
Arb. Nr.: Leistgsgr.:	Fertigungsauftrag:	
Tarifklasse:	Gegenstand und Arbeitsgang:	
Jahre mit ähnl. Arb. besch.		

Lfd. Nr.	Unterteilung	Fortsch. Zeit Einzelz.	Aufnahme der gleichen Art							Quersumme	Mittelwert	Bemerkungen z. B. Unterbrechungen
			1	2	3	4	5	6	7			
1	1. Sack laden	E	0,06	0,05	0,08	0,11	0,06	0,04	0,04	0,44	0,06	
		F	5491	85	97	21	19	15	19			
2	warten auf nächst. Sack	E	0,05	0,02	0,20	0,40	0,05	0,05	0,05	0,82	0,12	
		F	96	87	5917	61	24	20	24			
3	2. Sack laden	E	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,36	0,05	
		F	5501	93	22	66	29	25	29			
4	warten	E	0,08	0,15	0,05	0,10	0,10	0,10	0,05	0,63	0,09	
		F	09	5708	27	76	39	35	34			
5	3. Sack laden	E	0,05	0,04	0,05	0,02	0,05	0,05	0,04	0,31	0,04	
		F	14	12	32	79	44	40	38			
6	warten	E	0,10	0,08	0,35	0,55	0,15	0,10	0,05	1,38	0,20	
		F	24	30	67	334	59	50	43			
7	4. Sack laden	E	0,05	0,04	0,05	0,05	0,04	0,06	0,05	0,34	0,05	
		F	29	24	72	39	63	56	48			
8	warten	E	0,10	0,05	0,05	0,15	0,05	0,05	0,10	0,55	0,08	
		F	39	29	77	54	68	61	58			
9	5. Sack laden	E	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,35	0,05	
		F	45	32	82	59	73	66	64			
10	warten	E	0,08	0,30	0,10	0,25	0,20	0,25	0,10	1,28	0,18	
		F	53	62	92	84	93	91	74			
11	6. Sack laden	E	0,03	0,04	0,05	0,09	0,04	0,08	0,06	0,36	0,05	
		F	56	66	97	93	97	96	80			
12	warten	E	0,10	0,10	0,35	0,05	0,10	0,05	0,05	0,80	0,12	
		F	66	76	0032	98	607	801	85			
13	7. Sack laden	E	0,05	0,05	0,05	0,53	0,04	0,05	0,04	0,31	0,04	
		F	71	81	37	401	11	66	89			
14	fortbringen	E	0,41	0,39	0,38	0,39	0,40	0,41	0,44	2,82	0,41	
		F	5612	5826	75	40	51	47	1033			
15	abladen	E	0,08	0,08	0,10	0,06	0,09	0,08	0,07	0,56	0,08	
		F	10	28	85	46	60	55	40			
16	Rückkehr	E	<sup>1)</sup> 0,32	<sup>2)</sup> 0,26	<sup>3)</sup> 0,25	<sup>4)</sup> 0,32	<sup>5)</sup> 0,31	<sup>5)</sup> 0,35	0,28	2,09	0,30	<sup>1)</sup> 0,15 <sup>2)</sup> 0,16 <sup>3)</sup> 0,20 <sup>4)</sup> 0,10 <sup>5)</sup> 0,05
		F	52	54	110	78	91	80	68			
17	Wartezeit	E	0,28	0,35	1,00	0,35	0,20	0,35	—	2,48	0,36	
		F	80	89	210	513	711	915				
		E										
		F										
		E										
		F										

Summe d. Einzelzeiten | 1,67 | 1,64 | 2,31 | 2,68 | 1,78 | 1,79 | 1,53 | 1350 | 1,93 | ohne Zeit 17

Firma:	Prüfung		Auswertung		Beobachtung		
	Datum	Name	Datum	Name	Datum	Anfang	Ende
			28. 11.	Werzner	13. 8.	13 Uhr	15 Uhr

Abb. 39. Aufnahme des umrandeten Teils (Abb. 38) auf Refa-Beobachtungsbogen.

der Stoppuhr dar. Es ist wohl ohne weitere Ausführungen ersichtlich, welche Mehrarbeit für die Aufnahme und vor allem die Auswertung (errechnen der 6000 Einzelzeiten-Mittelwerte usw.) bei der Verwendung einer Stoppuhr erforderlich ist, abgesehen davon, daß aus Zahlentafeln ohne graphische Auswertung wenig zu erkennen ist.

#### **4. Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung. Registrierende und anzeigende Geräte.**

Wie schon eingangs erwähnt, unterscheiden sich im allgemeinen die Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung von denen für Zeitstudien dadurch, daß die Aufzeichnung ohne Beobachter selbsttätig erfolgt. Wenn damit auch in Einzelfällen Kontrollen über kürzere Zeitabschnitte vorgenommen werden, so ist doch ihr Hauptanwendungsgebiet die Kontrolle über längere Zeit (Dauerkontrolle). Hieraus ergibt sich ganz von selbst ein geringerer Papiervorschub für diese Hilfsmittel, zumal die Art der Übertragung im allgemeinen die Aufzeichnung von Einzelheiten nicht zuläßt. Hinzu kommt noch, daß es sich oft um die Feststellung der zeitlichen Ausnutzung von Maschinen handelt.

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Überwachungsgeräte sind die Vorstudien, die den Zeitaufnahmen sehr oft vorangehen.

Fast bei jeder Betriebsüberwachung ist es notwendig, einen genauen Vorversuch zu machen, der Aufschluß geben soll, in welcher Weise (Grob- oder Feinstudie) und mit welchen Hilfsmitteln die Betriebsüberwachung zweckmäßig und wirtschaftlich vorgenommen werden kann. Es ist beispielsweise wirtschaftlicher, in einer Werkstatt an mehreren Maschinen zunächst durch gröbere Untersuchungen je 10% Leistungssteigerung herauszuholen als an einer einzigen Maschine durch genaue Untersuchungen in der gleichen Zeit vielleicht 25%.

In jedem Falle richtet sich das Untersuchungsverfahren nach der besonderen Fragestellung.

##### **a) Geräte zur Kontrolle von Originalbewegungen.**

Originalbewegungen, vor allem bei der Bedienung von Maschinen, sind bisher nur in wenigen Fällen durch Geräte überwacht worden. Ein kennzeichnendes Beispiel für eine längere Betriebskontrolle ist die Überwachung der Steuerbewegungen an einer Dampffördermaschine<sup>1</sup> mit Hilfe eines Zeit-Weg-Mehrfachschreibers, der gleichzeitig die Steuerbewegungen des Fördermaschinisten an der Steuerung, dem Fahrventil und der Bremse sowie den Weg des Korbes im Schacht aufzeichnete. Abb. 40 zeigt die Gesamtanlage mit dem Registriergerät, das durch Stahlbänder mit den einzelnen Steuerorganen verbunden war, während

<sup>1</sup> Diss. Oberhoff, Köln 1928.

Abb. 41 einen kurzen Abschnitt aus dem Registrierstreifen bei Produktenfahrt darstellt. Um jede kleinste Steuerbewegung des Maschinisten noch erkennen zu können, wurden die Bewegungen mittels Stahlnadeln auf den geruhten Papierstreifen übertragen. Die Bedeutung einer derartigen Betriebsüberwachung ist:

1. Objektive Feststellung der tatsächlichen Steuerbewegungen bei Unglücksfällen.

2. Ermittlung der wirtschaftlichen und zweckmäßigen Fahrweise.

3. Erkenntnis der individuellen Unterschiede der einzelnen Maschinisten, die Möglichkeit, Ungeeignete zu ersetzen.

4. Der erzieherische Wert.

Die bisherigen Einrichtungen (Tachographen usw.) lassen derartige Rückschlüsse nicht zu.

Ein anderes Anwendungsgebiet für Zeit-Weg-Schreiber sind die Untersuchungen von Kränen. Voraussetzung ist eine genaue Vorstudie, die über die Einzelheiten der Kranarbeit Aufschluß gegeben hat, und ein verhältnismäßig rhythmisierter Kranbetrieb. Aus den Stillstandzeiten des Kranes kann man auf Grund der Vorstudien die Arbeitszeiten erkennen.

Bei Überwachung von zwei Kränen kann man sich durch zwei Zeit-Weg-Schreiber helfen, deren Diagramme man bei der Auswertung übereinanderlegt. Bei mehreren schnellfahrenden Kränen, namentlichen in unrhythmischen Fertigungsbetrieben, ist neben der Ausnutzung die gegenseitige Behinderung zu untersuchen. Bei großen Kranbahnlängen reicht selbst eine übernormale Papierbreite von ungefähr 100 mm nicht aus, abgesehen davon, daß man aus einer gleich-

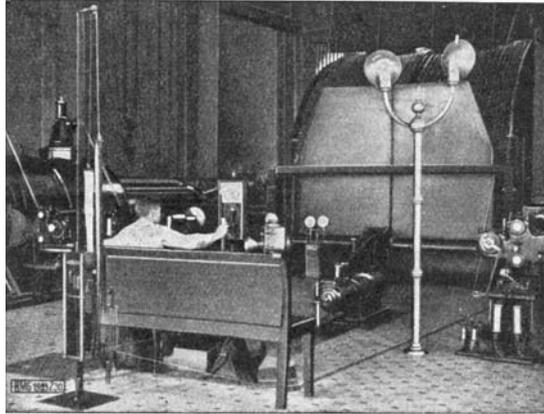


Abb. 40. Betriebsüberwachung der Steuerung einer Dampffördermaschine.

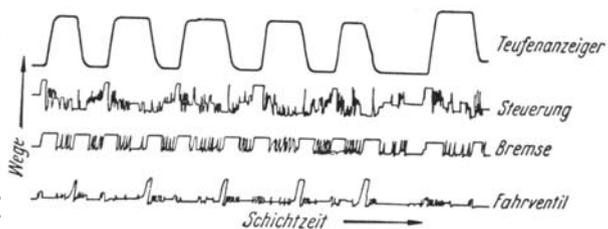


Abb. 41. Produktenfahrt-Registrierung einer Dampffördermaschine.

zeitigen Überwachung mit mehreren Hilfsmitteln und aus der erwähnten Zusammenstellung der Registrierstreifen nicht ersehen kann, ob bei Parallellaufen der Kurven eine gegenseitige Zusammenarbeit oder Behinderung (Ausweichen eines Kranes) stattgefunden hat. In solchen Fällen gibt es für eine Vorstudie nur das Verfahren der Arbeitsaufnahme mit Stoppuhren von ganzen Schichten mit einer großen Zahl von Zeitnehmern (für jeden Kran einen), und die nachträgliche graphische Auswertung in einem Zeit-Weg-Diagramm, das unter Umständen eine Breite von 500—700 mm erfordert.

Weitere Beispiele der Betriebsüberwachung, bei denen die Bewegungen unmittelbar oder mittelbar auf die entsprechende Papierbreite übersetzt werden, sind die bekannten Messungen von Wasserstandshöhen, Plungerstellungen der Wasserdruckakkumulatoren, Gasometerstellungen, Hubbewegungen bzw. Bewegungen der Steuerung oder Ventile von Dampfhämmern, Oberwalzenstellung an Grob- und Mittelblechstraßen.

Eine etwas andere Art der Aufzeichnung von Originalbewegungen ist die unmittelbare Übertragung der Bewegung auf eine Steuerwalze, von der die weitere Übertragung elektrisch auf ein entsprechendes Überwachungsgerät ausgeführt wird, z. B. Sondenzeiger an Hochöfen.

Die bisherigen Beispiele behandelten die unmittelbare Überwachung der Art und Größe der Bewegungen. Die Aufzeichnung der Bewegungen kann aber auch nur dazu dienen, die einzelnen Zeiten des Fertigungsverlaufs zu identifizieren. Diese mittelbare Überwachung hat in vielen

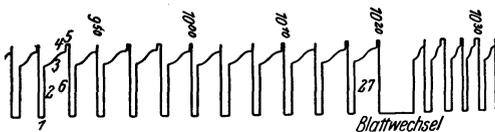


Abb. 42. Zeit-Weg-Diagramm eines Peiseler-Diagnostikers. Kaltbügelsäge eines Rohrwerkes. 1. Umspannen oder Wechsel des Werkstückes, 2. Heranführen des Sägebügels an das Werkstück, 3. Sägen, 4. Weg des Bügels vom Schnittende bis Anschlag, 5. Wartezeit auf Bedienung, 6. Zurückführen des Bügels in Ausgangsstellung.

Fällen ihre Berechtigung. Abb. 42 ist die Aufnahme an einer Kaltbügelsäge eines Rohrwerkes<sup>1</sup>, von denen je fünf von einem Arbeiter bedient werden. Durch die Aufzeichnung der Bewegungen sind alle wesentlichen Zeiten voneinander

getrennt. Deutlich sichtbar ist die Verlängerung der Maschinenzeit durch Stumpfwerden des Sägeblattes. Auf Grund dieser Untersuchungen wurde an allen Maschinen eine zweckmäßige Arbeitsvorbereitung und ein regelmäßiger Werkzeugwechsel eingeführt.

Das gebräuchlichste Hilfsmittel für die Aufzeichnung von Zeit-Weg-Diagrammen ist der Peiseler-Diagnostiker. Das Normalgerät, Abb. 9, hat einen Wegschreiber und einen Markierungsschreiber und unterscheidet sich von dem Zeitstudiengerät nur durch kleinere Papieranschübe.

<sup>1</sup> Aufgenommen von Krafft, Mülheim.

## b) Bandschreiber.

Die Bandschreiber für Betriebsüberwachung unterscheiden sich von denen für Zeitstudien durch die meist geringere Vorschubgeschwindigkeit des Papierbandes und die selbsttätige Aufzeichnung. Ihr Anwendungsgebiet ist zwar sehr mannigfaltig, die Art der Aufzeichnung ist aber immer gleich. Da mit der Aufzeichnung keinerlei Auswertung verbunden ist, werden die Bandschreiber zweckmäßig dazu verwendet, den zeitlichen Ablauf irgendwelcher Betriebsvorgänge aufzuschreiben, wobei ihre Stärke in der Überwachungsmöglichkeit mehrerer gleichzeitiger oder gestaffelter Vorgänge liegt. Weniger geeignet sind sie zur Leistungskontrolle, wenn auch einige Firmen elektrische Zähler mitliefern, die die Summenzeiten anzeigen und so die Auswertungsarbeit erleichtern.

Mit wenigen Ausnahmen werden Instrumente verwendet, die mit elektrisch betätigten Schreibfedern die Zeiten markieren. Die Kontakte werden meist mechanisch, teilweise auch pneumatisch oder hydraulisch betätigt<sup>1</sup>. Besondere Kontakte erübrigen sich, wenn z. B. zur Ermittlung der Laufzeiten von Elektromotoren (z. B. an Kränen) Bandschreiber für normale Spannung angewendet werden, bei denen die Magnete der Schreibfedern den betreffenden Motoren parallelgeschaltet werden können.

Auch die Einwirkung strahlender Hitze auf Thermoelemente wird zur Kontaktgebung benutzt (Debro „schreibendes Auge“, Pyro-Werke),

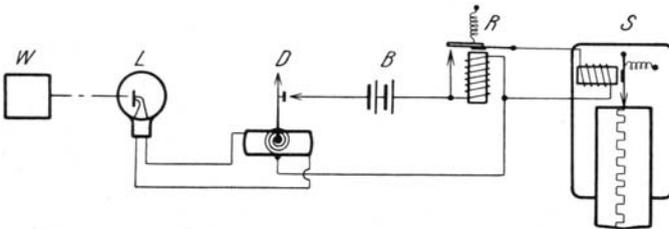


Abb. 43. Produktionsüberwachung in einem Walzwerk mittels elektrischen Auges und Zeit- oder Zähler-schreiber (Hase). *W* Walzgut, *L* Vakuum-Thermoelement, *D* Drehspulrelais, *B* Batterie etwa 4 Volt, *R* Relais, *S* Schreibgerät (Zeitschreiber).

namentlich an den Zufuhrrollgängen von Walzenstraßen zur Zählung der verwalzten Blöcke. Durch die Strahlung des Walzgutes erzeugt ein Spezial-Vakuum-Thermoelement einen Strom, der über ein Drehspulmeßwerk ein Relais betätigt, das wiederum durch einen Zeit- oder Zähler-schreiber die Dauer der Stromstöße zur Aufzeichnung bringt (Abb. 43).

Abb. 44 zeigt den Schreibstreifen eines Siemens-Schreibers an der Hauptförderung eines Schachtes, der die von einer elektrischen Signalanlage<sup>2</sup> dem Fördermaschinenisten von den Anschlägern auf der Förder-

<sup>1</sup> Siehe auch Ludwig: Z. VDI. 1926, Nr 51, 1709/12.

<sup>2</sup> Mix & Genest A.G., Berlin-Schöneberg.

sohle und an der Hängebank gegebenen Zeichen aufzeichnet und damit auch die Zeiten zum Aufschieben der Wagen an den beiden Betriebspunkten überwacht. Gleichzeitig wird der Fördermaschinist bei der

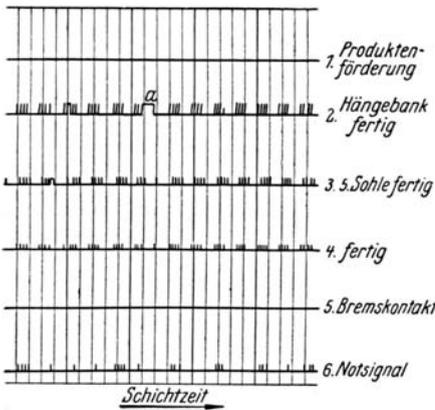


Abb. 44. Registrierung der Signale einer Hauptförderung mittels Bandschreibers.

Bedienung der Maschine überwacht. Ist das Aufschieben der Wagen an der Fördersohle oder an der Hängebank beendet, so legt der Anschläger, ohne auf das Signal des anderen zu warten, einen Hebel um, wodurch der Maschinist ein Lichtsignal erhält „Sohle fertig“ oder „Hängebank fertig“. Diese Signale werden durch den Ausschlag je einer Schreibfeder aufgezeichnet (Feder 2 und 3), und zwar bleibt die zuerst betätigte Feder solange über der Grundlinie stehen (Punkt a), bis

das andere Fertigsignal kommt. Bei Verzögerungen ist also ohne weiteres ersichtlich, ob diese an der Sohle oder an der Hängebank entstanden sind. Gleichzeitig mit dem zuletzt ankommenden Signal erhält der Maschinist

das endgültige Fertigsignal durch ein Klingelzeichen, wobei die Aufzeichnung mit der Feder 4 erfolgt. Falls der Maschinist vor diesem Fertigsignal die Bremse löst, ertönt ein elektrisches Hornsignal, wobei gleichzeitig Feder 6 eine Aufzeichnung schreibt.

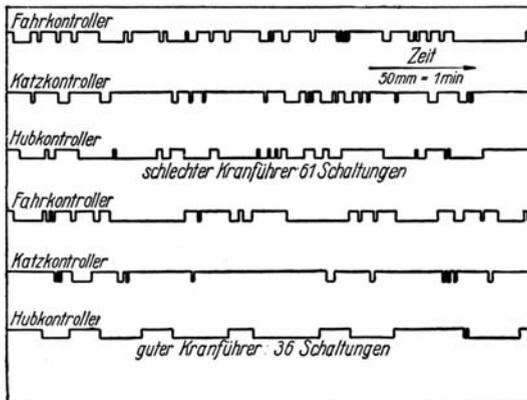


Abb. 45. Vergleich von Kran-Schaltungen (AEG-Kranspielzähler).

Abb. 45 zeigt die Überwachung der Fahrweise verschiedener Kranführer und der dadurch bedingten Beanspruchung der Kräne. Das Einschalten von Fahr-, Hub- und Katz-

kontrolller wurde mit einem Bandschreiber (AEG-Kranspielzähler) aufgezeichnet, der mit Zählwerken ausgerüstet war. Die Abbildung zeigt die Unterschiede der Fahrweise der einzelnen Maschinisten. Bemerkens-

Ergebnisse	Anzahl Ladung.	Anzahl der Schaltungen je Schicht		Verminderungen der Schaltungen	
		vor Einbau	nach 3 Mon.	Schicht	Monat
Mittelwerte	46	3661	2476	1184	106 648

wert ist noch, daß infolge der Überwachung nach 3 Monaten die Anzahl der Schaltungen um ungefähr 33 vH gleich rund 107 000 Schaltungen im Monat zurückging.

Bandschreiber für alle Arten der Betriebsüberwachung werden von Siemens & Halske AG., Debro, Pyrowerke und Eckardt hergestellt. Eine Sonderausführung zur Überwachung der Durchfahrzeiten von Straßenbahnwagen ist der Trommelschreiber von Hartmann & Braun, der mit einer Schreibfeder auf einem Trommelstreifen eine Spirale schreibt.

Eine weitere Sonderausführung ist der Lumograph<sup>1</sup>, bei dem die Aufzeichnung durch Belichtung eines lichtempfindlichen Streifens erfolgt, der auf einer von einem Uhrwerk angetriebenen Trommel befestigt ist. Durch die Anordnung mehrerer Schlitze ist die Möglichkeit gegeben, eine entsprechende Anzahl Vorgänge gleichzeitig aufzunehmen. Aus der Konstruktion des Gerätes geht hervor, daß seine Anwendung für die Vorgänge zweckmäßig ist, bei denen die Leuchtwirkung untersucht werden soll, oder eine Lichtwirkung gleichzeitig mit den zu untersuchenden Zeiten auftritt, wie z. B. Kesselfeuerungen bei guter und schlechter Verbrennung, glühendes Eisen in Warmbetrieben oder optische Signalanlagen. Abb. 46<sup>2</sup> zeigt die Überwachung der Blas- und Nachblaszeiten mehrerer Konverter in einem Stahlwerk durch die Lampen der Maschinentelegraphen.

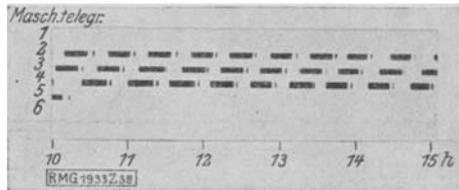


Abb. 46. Lumograph-Diagramm an einem Maschinentelegraphen.

Hingegen erscheint es nicht zweckmäßig, dieses Hilfsmittel bei Vorgängen zu verwenden, bei denen erst durch eine Übertragung eine Lampe zum Aufleuchten gebracht wird, um die Zeitabschnitte zu markieren.

### c) Kreisschreiber.

Unter Kreisschreibern versteht man Geräte, die ein Registrierpapier in Form einer Kreisscheibe haben, das durch ein Uhrwerk um seinen Mittelpunkt gedreht wird. Der Vorteil dieser Hilfsmittel ist ihr einfacher Aufbau bei kleinen Abmessungen. Auch ist die handliche und billige Registrierscheibe sehr schnell und mühelos auszuwechseln. Zwei Arten der Registrierung sind zu unterscheiden:

1. Die Zeit wird auf den Umkreis geschrieben, die Mengen oder Weglängen (Hübe, Umdrehungen usw.) radial.

<sup>1</sup> Vgl. Maschinenbau 6, 570 u. 724 (1927).

<sup>2</sup> Aufgenommen von Kalkhoff, Dortmund.

## 2. Auf konzentrischen Kreisen wird nur die Zeit markiert.

Bei der ersten Gruppe wird der Schreibstift durch den Antrieb radial ruckweise oder stetig bewegt. Nach Erreichen der inneren oder äußeren

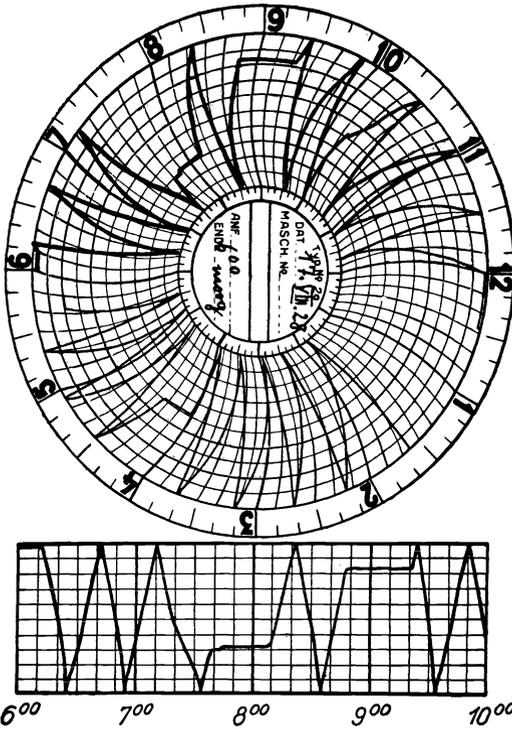


Abb. 47. Die Verzerrung der Aufzeichnung beim Kreisschreiber.

Endstellung kehrt die Bewegungsrichtung des Schreibers um (Abb. 47). Ein Bogen — das Kurvenstück zwischen innerer und äußerer Endstellung — entspricht dann je nach der Übersetzung einer bestimmten Menge oder Weglänge. Nach der Art des Antriebes unterscheidet man Umlauf- und Hubantrieb. Der erste wird meist so ausgeführt, daß der Schreibstift bei Änderung der Drehrichtung (z. B. Lokomotive bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrt) seine Bewegungsrichtung beibehält, so daß die Drehrichtung aus dem Diagramm zwar nicht ersichtlich ist, aber

die selbsttätige Zählung für jeden beliebigen Zeitabschnitt nicht unterbrochen wird. Doch gibt es auch Geräte, bei denen die Bewegungsrichtung des Schreibstiftes sich mit der Drehrichtung des Antriebes ändert, so daß man den Drehsinn im Diagramm zwar erkennt, aber die selbsttätige Zählung lediglich durch ein Zählwerk nur für den ganzen Kontrollabschnitt zusammen erhalten kann. Voraussetzung für die Anwendung ist, daß die Weglänge höchstens einer Bogenlänge entspricht, da andernfalls die Umkehr der Bewegungsrichtung nicht aus der Endstellung des Schreibstiftes ersichtlich ist. Man erhält auf diese Weise ein Zeit-Weg-Diagramm (Zeit-Weg-Diagramme in einem Kreisdiagramm aufzuzeichnen, kann jedoch keineswegs empfohlen werden).

Die meist angewandten Geräte sind der Autograph von Kienzle, der sowohl für Umlauf-, wie für Hubantrieb hergestellt wird und der Apparat „Was-War-Wann“ von Bruhn für Umlaufantrieb, bei dem die Aufzeichnung durch Einstechen von Punkten in das Diagramm mit gleichbleibender oder sich mit dem Drehsinn des Antriebes ändernder

Schreibrichtung erfolgt. Die Aufzeichnung erfolgt bei ersterem mit einem Messingstift auf Kreidepapier<sup>1</sup> oder mit einem Stahlstift auf Paraffinpapier. Abb. 48 zeigt einen Hubautographen, der, durch eine Klappe betätigt, zum Zählen der von einem Transportband geförderten Säcke mit gleichzeitiger Zeitregistrierung verwendet wird. Ein ähnliches Gerät ist der Chronodograph der I.-T.-G., bei dem der Gesamthub kleiner ist.

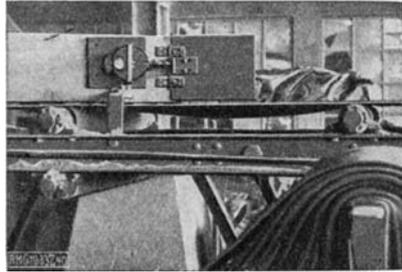


Abb. 48. Anbringung eines Hubautographen an einem Transportband zum Zählen der durchlaufenden Säcke.

Die Aufzeichnung bei der ersten Gruppe der Kreisschreiber hat einen grundsätzlichen Fehler: die Verzerrung der aufgezeichneten Kurven (vgl. Abb. 47). Der Hauptzweck einer Zeit-Mengen-Kurve ist neben dem Zählen der Hübe die Darstellung der jeweiligen Arbeitsgeschwindigkeit in den einzelnen Zeitabschnitten durch die Neigung der Kurve. Die Geschwindigkeit läßt sich zwar aus der Neigung an jedem Punkte errechnen oder zeichnerisch ermitteln, wenn auch in nicht gerade einfacher Weise, sie ist aber für das Auge nicht erkennbar. Hiermit verliert die Kurve jeden qualitativen Wert, und es bleibt neben der Feststellung der Pausen nur die Ermittlung der Mengen in größeren Zeitabschnitten (mittlere Arbeitsgeschwindigkeit) übrig, die allerdings für viele Untersuchungen genügt.

Vor der Anwendung derartiger Kreisschreiber empfiehlt es sich, immer zu prüfen, ob aus der scheinbar exakten Aufzeichnung auch tatsächlich das zu ersehen ist, worauf es bei dem zu untersuchenden Vorgang oder der Fragestellung ankommt. Die Geräte werden nämlich nach den Erfahrungen der Verfasser vielfach angewendet, ohne daß man diesen sehr wesentlichen Punkt berücksichtigt. Ein Beispiel möge dies erläutern. Lediglich um sich Klarheit zu verschaffen, wurde an einer Hüttenwerkslokomotive, die mit einem Kreisschreiber ausgerüstet war, eine Aufnahme mit dem Zeitnehmermodell der Arbeitsschauuhr gemacht. Abb. 49 zeigt oben das Kreisschreiberdiagramm mit den Punkten I, II und III und unten die Aufnahmestreifen der Arbeitsschauuhr, die der Aufzeichnung I bis II und II bis III entsprechen. Das, worauf es in diesem Falle ankam, die Trennung der Fahrzeiten, Rangierzeiten und Standzeiten, geht in keiner Weise aus dem Kreisdiagramm hervor; hier war ein für den Zweck unpassendes Gerät angewendet.

Die Rütteluhren registrieren nur die Ausnutzungszeit (Laufzeit). Durch Wegfall des Antriebes wird der Aufbau sehr einfach, sie sind daher

<sup>1</sup> Eine ausführliche Beschreibung dieser Geräte ist im Maschinenbau 5, 461 (1926) im Aufsatz „Die mech. Kontrolle im Fabrikbetrieb“ enthalten.

billig in der Anschaffung, leicht und einfach anzubringen, und ihre Diagramme sind nicht verzerrt und leicht auszuwerten, Eigenschaften,

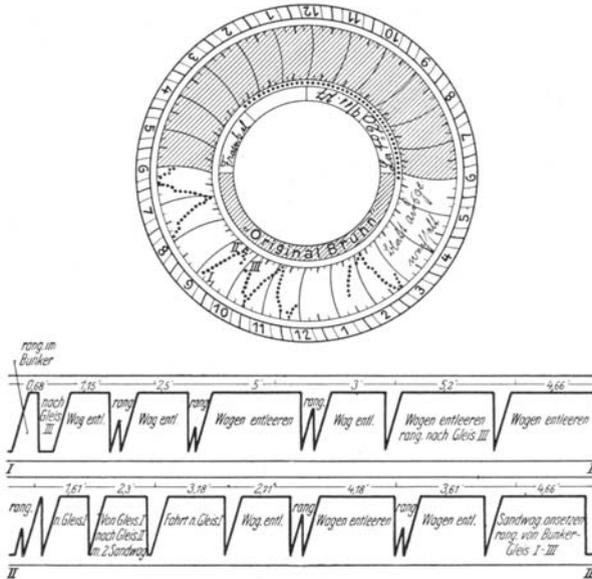


Abb. 49. Kreisdiagramm („Was-War-Wann“) und genaue Zeitaufnahme.

die sie unter anderem sehr geeignet für Vorstudien machen. Voraussetzung für ihre Anwendung ist natürlich, daß beim Lauf der zu untersuchenden Maschine geeignete Erschütterungen oder Bewegungen auf-

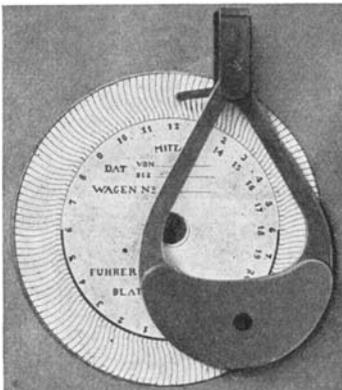


Abb. 50 a.

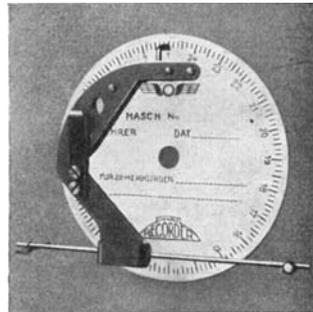


Abb. 50 b.

Abb. 50. Wirkungsweise der Rütteluhr.

a Achse senkrecht, b Achse parallel zur Registrierscheibenebene.

treten, die man auf die Rütteluhr überträgt. Aber auch dann erfordert die Erzielung brauchbarer Diagramme noch einige Übung und Erfahrung.

Nach der Art der Aufzeichnung auf die kreisförmige Registrierscheibe unterscheidet man zwei Gruppen von Instrumenten:

1. Rütteluhren, bei denen das Rüttelpendel um eine zur Registrierscheibenebene senkrechte Achse schwingt (Abb. 50 a).

2. Rütteluhren, bei denen die Achse des Pendels zur Registrierscheibenebene parallel steht (Abb. 50 b).

Bei 1 schlägt das Rüttelpendel, dessen Schwingungsweite verstellbar ist, mit einer meißelartigen Schneide auf die Scheibe aus Kreidepapier, so daß die Laufzeit durch ein einige Millimeter breites Band bezeichnet wird. Abb. 51 zeigt eine derartige Uhr, den Kienzle-Recorder. Abb. 52 ist ein mit dieser Uhr an einem Greiferkran aufgenommenes Diagramm. Diese Uhren eignen sich besonders, wenn die Erschütterungen der zu untersuchenden Maschine eine hohe Frequenz und eine kleine Schwingungsweite haben, wie z. B. Elektromotoren, Krane, schnellaufende Maschinen, Zahnradgetriebe, einzelne Werkzeugmaschinen und andere mehr. Um die Schwingungen in der Schwingebene des Rüttelpendels zu verstärken, empfiehlt es sich manchmal, die Rütteluhr an einem Flacheisen zu befestigen, das parallel zur Scheibe von oben nach unten verläuft. Die günstigste Länge findet man schnell durch Versuche.

Von den Uhren der zweiten Gruppe, bei denen das Pendel parallel zur Papierebene schwingt, sind verschiedene Geräte im Gebrauch, die für 8, 12, 24stündige oder mehrtägige Kontrolle geliefert werden. Bei den letztgenannten Apparaten erfolgen die Aufzeichnungen in einer Spirale.

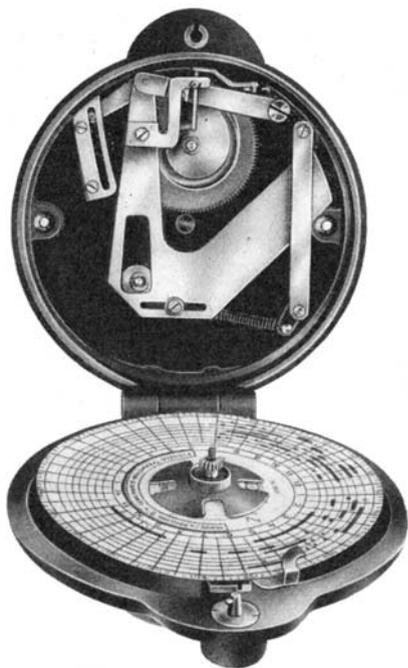


Abb. 51. Rütteluhr von Kienzle (Recorder) geöffnet.



Abb. 52. Rütteldiagramm von einem Greiferkran.

Abb. 53 zeigt als Beispiel dieser Gruppe den Deutagraph für 24 Stunden in 8 Spiralen.

Weitere Geräte sind: Bruhn-, Kienzle-, Service- und Kirner-Recorder. Die Aufzeichnung kann erfolgen durch Erschütterungen, durch hin- und hergehende oder kippende und durch drehende oder exzentrische Bewegungen.

Die Geräte der zweiten Gruppe eignen sich hauptsächlich für Erschütterungen mit geringer Frequenz und größerer Schwingungsweite (einzelne Stöße), wie sie etwa bei Lokomotiven und Fahrzeugen auftreten. Dabei ist darauf zu achten, daß die Richtung der Stöße nicht parallel mit der Verbindungslinie zwischen Aufhängung und Schwerpunkt des Pendels ( $45^\circ$  Aufhängung bei vertikaler Stoßrichtung) ist.

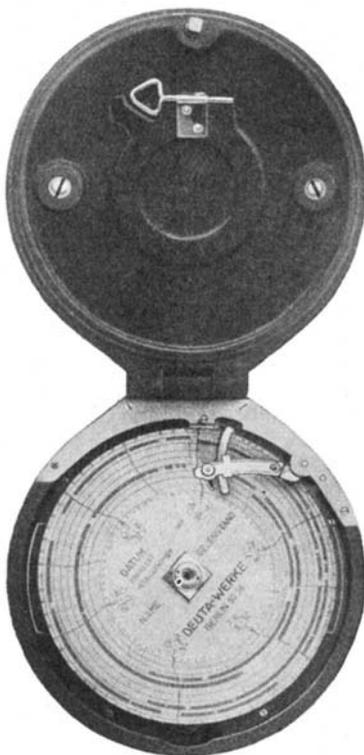


Abb. 53. Deutagraph, 24 Stunden in 8 Spiralen.

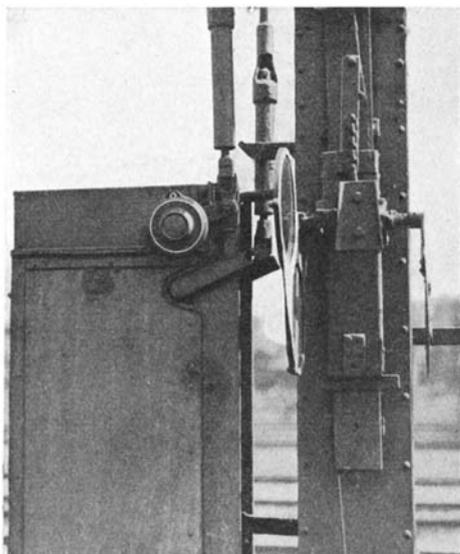


Abb. 54. Bruhn-Recorder am Eisenbahnsignal.

Eine zuverlässigere und vielseitigere Verwendung dieser Geräte ermöglichen die letztgenannten Bewegungen.

Nicht in allen Fällen ist eine dauernde Bewegung des Pendels zur Registrierung erforderlich. Bewegungen, die nicht kontinuierlich erfolgen, lassen sich dadurch kontrollieren, daß durch entsprechende Befestigung der Uhr die Bewegung das Pendel von einer Endstellung in die andere bringt und so Aufzeichnungen nach Art eines Bandschreibers

entstehen. Ein Beispiel ist Abb. 54/55, die Kontrolle der Stellung eines Eisenbahnsignals. — Gerade bei den Rütteluhren ist eine Nachprüfung der Aufzeichnung durch eine kurze Zeitstudie sehr wichtig, da selbst bei scheinbar einwandfreier Aufzeichnung oft Fehler festgestellt wurden. Insbesondere liefert die überall empfohlene und weitverbreitete Registrierung durch Erschütterungen bei der Fahrzeugkontrolle teilweise sehr abweichende Ergebnisse, da dort die Stöße oft sehr unregelmäßig erfolgen und auch längere Zeit ganz ausbleiben.

Bei dem Maschinenkontroller von „Isgus“ erfolgt die Markierung durch einen Schreibstift in gleicher Weise wie bei den Rütteluhren, nur mit dem Unterschied, daß der Schreiber nicht durch ein Pendel, sondern durch eine an die Maschine angeschlossene biegsame Welle bewegt wird.

Bei den Kreisschreibern, die eine Kurve aufzeichnen, ist eine besondere Auswertung nicht immer erforderlich. Sehr zweckmäßig

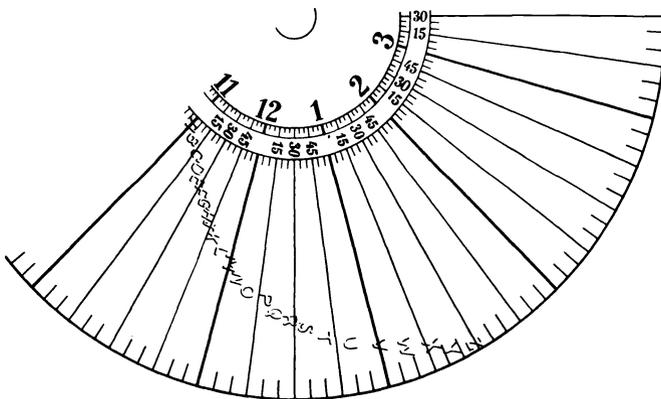
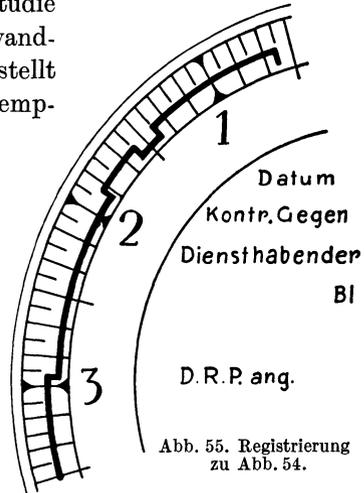


Abb. 56. Wächterkontrolluhr.

ist es häufig, die Stundenleistungen in einer Säulendarstellung aufzutragen.

Bei der Rütteluhr muß, wenn es sich nicht nur um eine Übersicht handeln soll, eine Zählung und Addition der Zeit erfolgen. Da infolge der kreisförmigen Aufzeichnung eine Messung mit Zirkel und Maßstab nicht möglich ist, empfiehlt es sich, einen Winkelmesser anzuwenden.

Nun läßt sich das Ergebnis mit geringer Mühe graphisch auftragen, was sich in vielen Fällen empfiehlt.

Kreisschreiber, die lediglich für die Zeitpunktkontrolle gebaut sind, sind z. B. die Wächterkontrolluhren, bei denen an den einzelnen zu kontrollierenden Stellen verschiedene Schlüssel eine Markierung durch Einstechen, Zahlen oder Buchstaben auf die Kreisscheibe ermöglichen. Die Unterscheidung der verschiedenen Stellen erfolgt außerdem dadurch, daß jeder Schlüssel in einem bestimmten Abstand vom Zentrum die Markierung vornimmt (Abb. 56). Bei richtiger Verteilung der Schlüssel reihen sich die Buchstaben dann zu einer Kurve aneinander, wenn der Wächter die vorgeschriebene Reihenfolge einhält.

#### d) Zeit-Zeit- und Zeit-Mengen-Geräte.

Eine Übersicht über diese Verfahren zur Betriebsüberwachung gibt Abb. 57.

Ein Beispiel für die Gruppe 1a ist der Debro-Gichtenkontrollapparat zur Kontrolle der genauen Zeit und Dauer jeder Hochofenbegichtung. Die Aufzeichnung senkrechter Linien auf einen Trommelstreifen er-

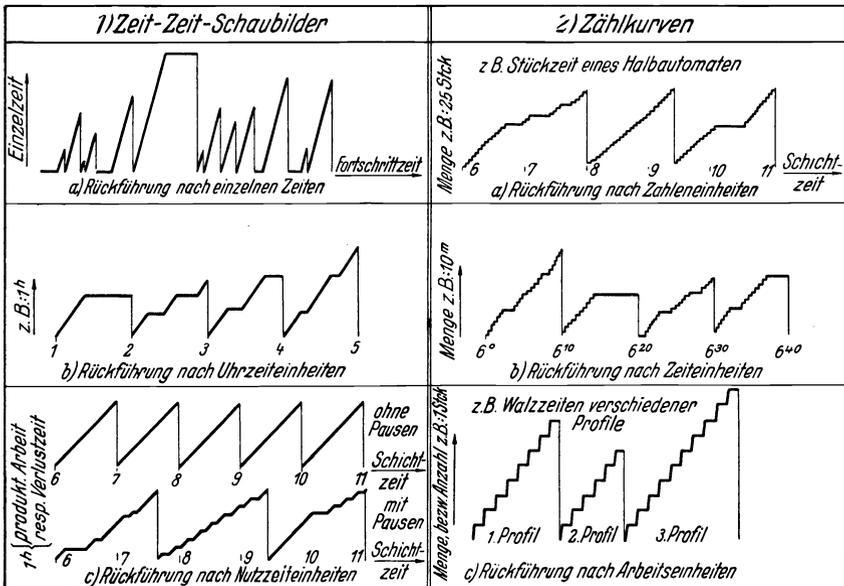


Abb. 57. Zusammenstellung charakteristischer Schaubilder (nach Poppelreuter).

möglichst es, aus ihrem Abstand voneinander den Zeitpunkt jeder einzelnen Begichtung, aus ihrer Höhe die genaue Dauer des Begichtungsvorganges zu erkennen.

Die Eigenart der Aufzeichnung mit dem von Poppelreuter ent-

wickelten schaubildlichen Hilfsmitteln<sup>1</sup> läßt in einfacher Weise die Gesetzmäßigkeiten des Arbeitsverlaufes und der Störungen (nach ihrer Größe und Lage während der Schichtzeit) erkennen und ist zu gleicher Zeit Auswertung der Untersuchung. Diese Erkennbarkeit und fast selbsttätige Auswertung zugleich mit einer allgemeinen Anpassungsmöglichkeit sind die Vorteile der schaubildlichen Hilfsmittel. Fast für jedes der in Abb. 57 dargestellten Verfahren ist ein besonderes Hilfsmittel entwickelt worden. In manchen Fällen ist dasselbe Gerät bei entsprechender Anwendung für mehrere Verfahren brauchbar.

Bei einer dritten Gruppe der Verfahren, der papiersparenden Methode, erfolgt der Vorschub des Papieres durch die Stückleistung bzw. durch die Nutzzeit, so daß die größere Papierlänge der höheren Leistung entspricht. Der Vorteil dieser Überwachung liegt in der großen Übersichtlichkeit längerer Überwachungsabschnitte (z. B. Woche, Monat, Jahr) bei gleichzeitig hoher Genauigkeit auf einem verhältnismäßig kurzen Streifen.

Abb. 58 zeigt das Hilfsmittel für ein Zeit-Zeit-Schaubild (1c, Abb. 57), bei dem die Rückführung des Schreibers nach Nutzzeiteinheiten erfolgt, z. B. nach einer Stunde produktiver Arbeit. Die entstandene unverzerrte Kurve läßt die Gesetzmäßigkeiten innerhalb einzelner Zeitabschnitte klar hervortreten, z. B. können mehrere Stunden Zeitverlust während einer Schicht durch wenige große, mehrere mittelgroße oder durch viele kleine Pausen hervorgerufen sein. Bei entsprechender Anwendung bzw. Schaltung des Gerätes kann man, namentlich bei längeren produktiven Arbeitszeiten, ein Schaubild erhalten, bei dem die Rückführung des Schreibers nach je einer Stunde Verlustzeit erfolgt, so daß die am Ende einer Schicht oder einer Woche aufgezeichnete Anzahl Spitzen sehr schnell

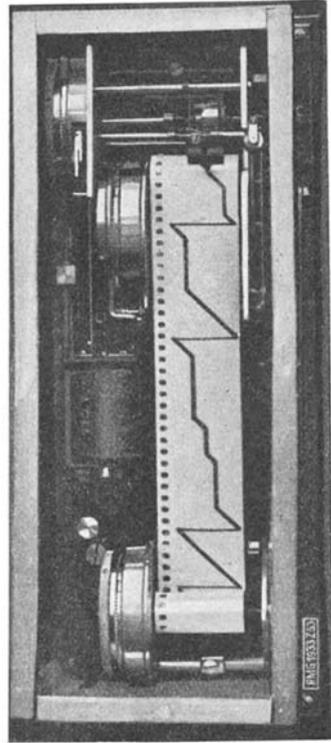


Abb. 58.  
Poppelreuter-Zeitverlustschreiber.

<sup>1</sup> Poppelreuter: Die Arbeitsschauuhr. Langensalza: Wendt & Klauwell 1918.  
— Poppelreuter: Die Zeitstudie und Betriebsüberwachung im Arbeitsschaubild. München: R. Oldenbourg 1929.

einen Überblick über die gesamte Verlustzeit der betreffenden Maschine usw. ergibt.

Ein Beispiel für die zweite Gruppe der Schaubilder ist Abb. 59 a u. b. Der Antrieb kann mechanisch oder elektrisch erfolgen. Bei der Untersuchung eines Halbautomaten war z. B. der Hub des Schreibers so eingestellt, daß er nach 25 Stück selbsttätig auf die Grundlinie zurückfiel. Die 3. Spitze ergibt zugleich das „Optimum“ des Fertigungsverlaufes ohne jede Störung, während aus einem Teil der anderen Aufzeichnungen mit den normalen kleinen Betriebsstörungen sich die mittlere Arbeitsgeschwindigkeit ergibt. Die Auswertung derartiger Überwachungen durch Auszählen der erhaltenen

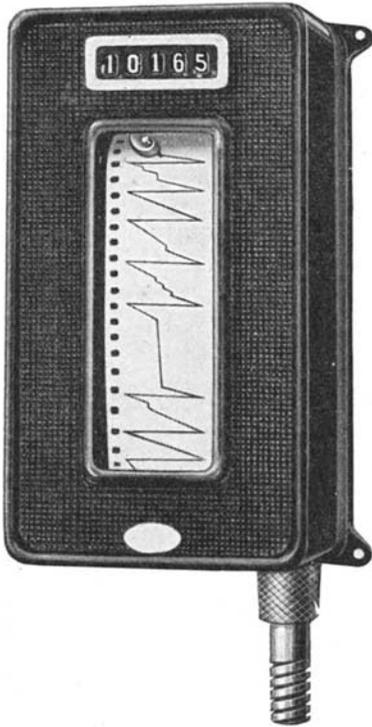


Abb. 59 a.

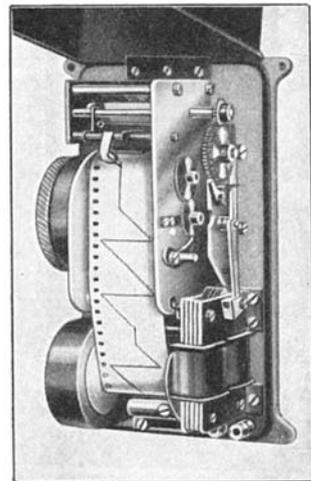


Abb. 59 b.

Zählschreiber mit Umlauf oder Hubantrieb (mechanisch-elektrisch). a) geschlossen. b) geöffnet.

Spitzen, die mit der Stückzahl zu multiplizieren sind, auf die der Hub eingestellt ist, ist sehr schnell ausgeführt und kann zu gleicher Zeit als Betriebsstatistik verwendet werden. Entsprechend der Methodik nach Zählheiten sind die Anwendungsmöglichkeiten sehr mannigfaltig.

In diesem Zusammenhang ist auch noch auf das Zählermodell des Peiseler-Diagnostikers H Abb. 60 a u. b hinzuweisen, dessen Schaubild ungefähr der entzerrten Abb. 47 des Hubautographen entspricht.

Neben den im vorliegenden Abschnitt beschriebenen Hilfsmitteln können auch eine Reihe anderer zum Teil bekannter Geräte, die in der

Regel für Messungen gebraucht werden, bei bestimmten Fragestellungen zweckmäßig verwendet werden, z. B. Gasmengenschreiber, Hydrographen, Fahrgeschwindigkeitsüberwachung durch das Gerät von Haushälter-Rezsny oder Stromverbrauchskurven von schreibenden Ampere-metern oder Wattmetern. Gerade die Auswertung elektrischer Diagramme kann oft für den Zeitstudieningenieur zur Aufdeckung von Verlustquellen führen, so daß eine besondere Zeituntersuchung überflüssig wird<sup>1</sup>. Nach unseren Erfahrungen wird in der Praxis von dieser Gelegenheit noch viel zu wenig Gebrauch gemacht.

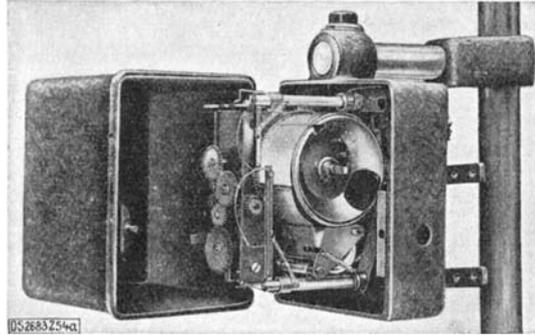


Abb. 60 a. Peiseler-Diagnostiker H (Zählschreiber).



Abb. 60 b. Schematische Darstellung (Peiseler-Diagnostiker H).

### e) Anzeigende Geräte.

Bei den meisten registrierenden Betriebsüberwachungsgeräten kann man aus den Aufzeichnungen Dauer und Lage der zu kontrollierenden

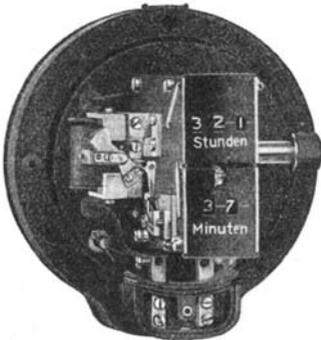


Abb. 61. Zeitähler (AEG).



Abb. 62. Poppelreuter-Zeitverlustuhr.

Zeiten ermitteln, bei einem Teil auch die Summe. Die anzeigenden

<sup>1</sup> Ludwig: Z. VDI. 1926, Nr 51, S. 1709/12.

Hilfsmittel beschränken sich auf die Feststellung der Summenzeiten, sie eignen sich also besonders dazu, grob die Ausnutzung irgendwelcher Betriebsmittel für einen größeren Zeitabschnitt zu bestimmen. Es handelt sich also dabei um Uhren, die nur für die Dauer der zu kontrollierenden Zeiten in Bewegung sind.

Zu dieser Gruppe gehört der AEG-Zeitähler (Abb. 61), der die Dauer des Stromdurchganges durch eine Leitung mittels Zählwerkes angibt oder ähnliche Konstruktionen wie z. B. der Eckardt-Zeitähler und andere.

Eine andere Art der Übertragung hat die Zeitverlustuhr von Poppelreuter (Kienzle), Abb. 62, die mittels biegsamer Welle mit den umlaufenden Teilen einer Maschine verbunden wird und dadurch die Laufzeiten addiert, und zwar in beiden Drehrichtungen ohne Rücksicht auf die Drehzahl.

## 5. Vergleich einiger registrierender und anzeigender Betriebsüberwachungs-Hilfsmittel.

Mehr noch als bei Zeitstudien sind bei der Betriebsüberwachung Geräte mit geringer Auswertungsarbeit erforderlich, insbesondere bei Dauerüberwachung, da sonst erfahrungsgemäß die notwendige Auswertungsarbeit sehr oft unterbleibt.

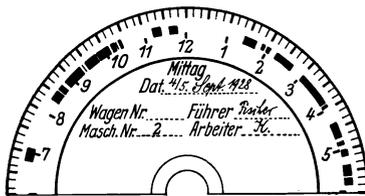


Abb. 63 a Rütteluhr-Aufnahme.

Abb. 49 zeigt einen Vergleich zwischen Kreisdiagramm und Schaubild. Abb. 63 zeigt die Überwachung einer Werkzeugmaschine durch Rütteluhr und Zeitverlustschreiber. Für die Rütteluhr ist wenigstens eine Addition der Laufzeiten erforderlich, besser jedoch

eine graphische Auswertung. Der Zeitverlustschreiber liefert selbsttätig diese Auswertung (in der 10-Stunden-Schicht z. B. 5,2 Stunden Laufzeit der Maschine). Dagegen würde eine Überwachung mit einer Zeit-

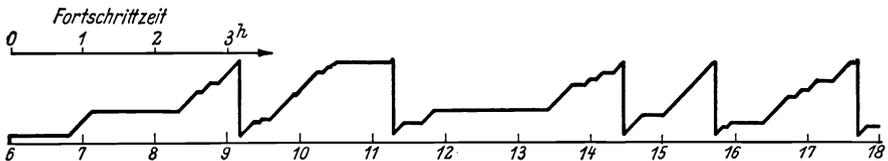


Abb. 63 b. Arbeitsschauuhr-Zeitverlustschreiber.

Abb. 63 a—c. Betriebsüberwachung in einer Feilenhauerei.

verlustuhr (Abb. 62) zwar keine Auswertungsarbeit erfordern, aber nur die Ablesung der Laufzeitensumme gestatten.

Ein weiteres Beispiel aus der mechanischen Bearbeitung zeigt die

Überwachung einer schweren Bohrmaschine<sup>1</sup>, bei der neben einem Peiseler-Diagnostiker B gleichzeitig ein schreibendes Amperemeter gebraucht wurde.

Bei dem Peiseler-Diagnostiker ist die Diagrammhöhe mit 60 mm gegeben. Durch veränderliche Übersetzung können Wege von 150 bis 2000 mm aufgezeichnet werden unter voller Ausnutzung dieser Höhe. Bei dem Amperemeter kann man die Größe der Ausschläge durch verschiedene Shunts in den Grenzen verändern, die jeweils ein gutes Bild ergeben. Bei beiden Geräten ist die Wahl des Papiervorschubes bestimmt durch die sich bei der Aufzeichnung über die ganze Schicht ergebende Papierlänge und andererseits durch das Ziel der Untersuchung, das eine mehr oder weniger deutliche Erkennbarkeit der Einzelheiten verlangt. Durch Vorversuche wurde die günstigste Papiergeschwindigkeit zu 2,5 mm je Minute ermittelt. Dieser Papiervorschub ergibt schon bei der Überwachung einer 8-Stunden-Schicht eine Streifenlänge von 1,2 m. Bei geringerer Papiergeschwindigkeit würden sich bei hohen Werkzeugvorschüben keine Einzelheiten mehr erkennen lassen, so daß nur noch eine Markierung der einzelnen Arbeitsspiele erfolgt, die etwa einer Überwachung mit einem Bandschreiber entspräche.

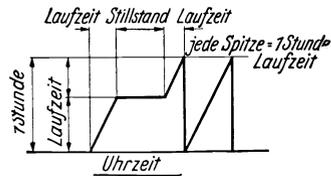


Abb. 63 c.

Zu Abb. 64a—c sind einzelne Versuche für verschiedene Werkstoffe zusammengestellt und die Registrierstreifen vom Diagnostiker und Amperemeter übereinandergelegt. Die Amperestreifen sind spiegelbildlich gezeichnet, da die üblichen Geräte so gebaut sind, daß nach Abnahme des Streifens die Kurve von rechts nach links verläuft, entgegen der in der Technik üblichen Darstellung. Der Diagnostikerstreifen, der den Weg der Bohrspindel (Anstellung + Bohrtiefe + Auslaufweg) als Funktion der Zeit aufzeichnet, gibt zugleich ein Bild der Bedienung der Maschine, z. B.:

1. Unmittelbare Anzeige der Bohrtiefe, aber keine Trennung zwischen Anlaufweg und reiner Bohrtiefe möglich, Abb. 65 a u. b.
2. Gleiche Neigung bei gleichem Vorschub, aber verschiedenem Material (Abb. 65 a u. b).
3. Unterschiede der Neigung gestatten Rückschluß auf verschiedene Vorschübe; bei größeren Vorschüben nicht kennzeichnend genug (Abb. 64a—c).
4. Ungleichmäßige und ungenaue Rückführung der Bohrspindel (verschiedene Anstellung) (Abb. 64c).

<sup>1</sup> Aufgenommen im Laboratorium für Werkzeugmaschinen (Geh. Reg.-Rat Prof. A. Wallichs), Technische Hochschule Aachen, unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. Werzner, Gelsenkirchen.

Der Amperestreifen gibt ein ungefähres Bild der aufgewandten Leistung und somit einen Maßstab für die wirtschaftliche Ausnutzung der Maschine, wobei unter Ausnutzung neben der zeitlichen Dauer (Laufzeit) auch die zweckmäßige oder unzweckmäßige Arbeitsweise zu verstehen ist, z. B. zu geringe oder zu große Vorschübe oder Bohrdurchmesser

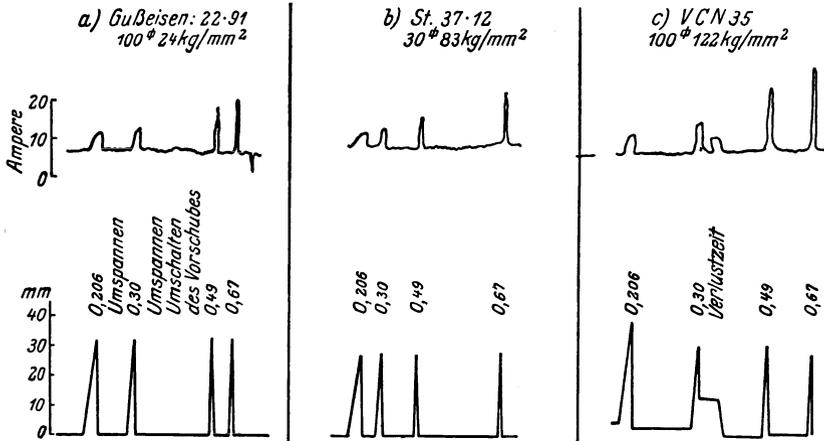


Abb. 64 a—c. Vergleich bei verschiedenen Vorschüben und verschiedenen Werkstoffen (Amperemeter und Peiseler-Diagnostiker). Werkzeug: Bohrer = 26 mm Durchmesser,  $v = 15$  m/min.,  $s = 0,206$  bis 0,67 mm/U. Papiervorschub: 2,5 mm/min.

oder stumpfe Werkzeuge. Aus den Amperestreifen sind z. B. zu erkennen:

1. Die Art des Werkstoffs und die Größe der Vorschübe erkenntlich am Ausschlag, wobei die Form des Ausschlages unabhängig ist von der jeweiligen Empfindlichkeit des Amperemeters (charakteristische Bilder entsprechen den verschiedenen Werkstoffkonstanten) (Abb. 64 und 65).

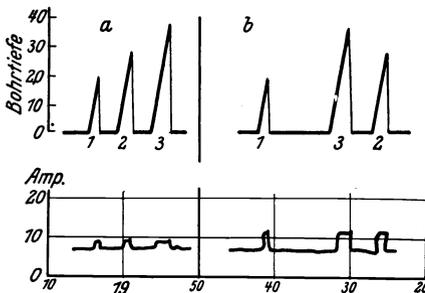


Abb. 65. Vergleich bei verschiedenen Bohrtiefen (Amperemeter und Peiseler-Diagnostiker). a) Gußeisen, 100  $\varnothing$ , 24 kg/mm<sup>2</sup>, b) VCN 35, 100  $\varnothing$  122 kg/mm<sup>2</sup>. Werkzeug: Bohrer = 26 mm Durchmesser,  $v = 15$  m/min.,  $s = 0,206$  mm/U. Bohrtiefe: 1 = 10 mm, 2 = 20 mm, 3 = 30 mm. Papiervorschub: 2,5 mm/min.

2. Mittelbare Anzeige der Bohrtiefe, zu errechnen aus der Breite des Ausschlages (Abb. 65 a und b).

3. Unmittelbare Anzeige der reinen Bohrzeit ohne Anstellung (z. B. wichtig bei Bearbeitung dünner Wandstärken, wo Anstellung oft gleich oder größer als der Bohrweg ist) (Abb. 64 u. 65).

4. Bedienungsfehler der Maschine sind nur mittelbar er-

kenntlich daraus, daß die Bohrzwischenzeiten (Leerlauf) größer werden.

5. Unterschiede zwischen mechanischem Rücklauf und Schnell-

verstellung von Hand an dem langsamen bzw. schnellem Abfallen zum Leerlauf ersichtlich (Abb. 64 u. 65).

Zusammenfassend ergibt sich, daß je nach der Fragestellung, ob mehr die Bedienung einer Werkzeugmaschine oder die Ausnutzung oder wirtschaftliche Arbeitsweise untersucht werden sollen, das entsprechende Gerät zu wählen ist, wobei der Anschaffungspreis mit zu berücksichtigen ist (Peiselerdiagnostiker zu Amperemeter etwa 1:4). Im allgemeinen wird man unter Berücksichtigung der zweiten Fragestellung bei schweren Werkzeugmaschinen mit Einzelantrieb zweckmäßig ein selbstschreibendes Amperemeter oder einen Kilowattschreiber verwenden.

Im Gegensatz dazu ist es bei manchen Transportvorgängen wichtiger, Art und Größe der Störungen festzustellen, zumal wenn die Leistungsüberwachung z. B. durch Wiegen erfolgt. Beim Erzumschlag vom Schiff in den Selbstentlader mittels Portaldrehkrans wurde die Überwachung durch Aufzeichnen der Hubbewegung des Greifers mit einem Peiseler-Diagnostiker B und Kienzle-Umlaufautographen durchgeführt; hierbei ergab sich gleichzeitig eine Kennzeichnung der Arbeitsspiele und der Störungen. Die Zeit-Weg-Diagramme Abb. 66 a und 66 b zeigen die einzelnen Arbeitsspiele: innen bzw. unten das eine Ende der Hubbewegung im Schiff, außen bzw. oben das andere Ende der Hubbewegung über dem Selbstentlader.

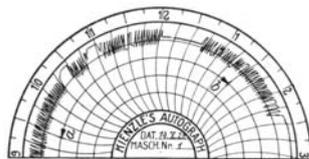


Abb. 66 a. Aufzeichnung des Kienzle-Umlaufautographen.

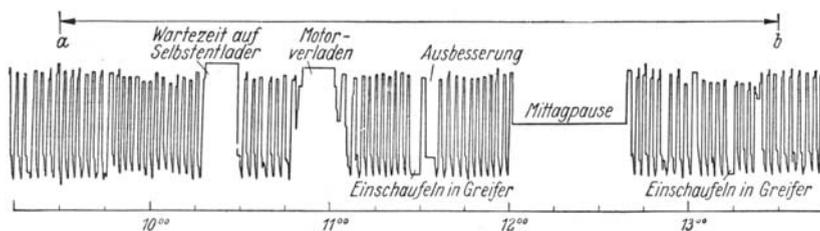


Abb. 66 b. Aufzeichnung des Peiseler-Diagnostikers B.  
Abb. 66 a und b. Überwachung eines Hafen-Portaldrehkrans beim Umschlag von Erz vom Schiff in den Bahnwagen.

Beim Zwölfstundenautographen, dessen Schreibrichtung sich mit der Drehrichtung änderte, war der Papiervorschub gegeben, die Schreibhöhe konnte innerhalb der Begrenzungslinie durch Wahl der Übersetzung verändert werden. Die volle Höhe wurde nicht ausgenutzt, um innen ein Ineinanderlaufen der Aufzeichnungen zu vermeiden und eine bessere Übersichtlichkeit zu erhalten.

Der Peiseler-Diagnostiker schrieb mit einer Papiergeschwindigkeit von 1 mm je Minute unter Ausnutzung der vollen Papierhöhe für den größtmöglichen Hub. Wie die Beschriftung des Diagnostikerstreifens

*a* bis *b* zeigt, geht aus der Aufzeichnung deutlich die Art und Größe der vorkommenden Unterbrechungen hervor. Auch aus dem Autographenbild *a* bis *b* gehen die Einzelheiten hervor, wenn auch in verkleinertem Maßstab. Für die Auswertung (Messen und Beschriftung) und den kritischen Vergleich (Übereinanderlegen der Streifen) verschiedener Schichten ist der Streifen dem Kreisdiagramm überlegen. Außerdem gestattet der Diagnostiker durch seine verschiedenen Vorschübe eine leichte Anpassung auch an kürzere Arbeitsspiele, die beim Autographen kaum getrennt sichtbar wären. Hinzu kommt noch die Möglichkeit, sich jederzeit über kürzere Zeiten mit dem schnelleren Vorschub (bis zu 12,5 mm/min.) Aufschluß über Einzelheiten z. B. bei der Vorstudie zu verschaffen.

Zum Schluß sei noch der Vergleich zwischen zwei Geräten der Arbeitsschauuhr aus der Textilindustrie gebracht. Es handelte sich um die Überwachung eines Schärrahmens. Die Schärsgeschwindigkeit betrug 20 m/min. bei einem Trommelumfang von 2,5 m, das Kreuzlegen erfolgte alle 50 m. Bei dieser Fertigung interessierte neben den größeren Betriebsstörungen die Dauer der kleineren üblichen Störungen (z. B. Säubern und Fadenknoten, Bobinen an der Schärtafel einlegen, Kreuzlegen) nur in ihrer Gesamtheit. Die Aufzeichnung erfolgte mit einem Zählermodell der Arbeitsschauuhr so, daß eine Spitze gleich 20 Umdrehungen der Trommel gleich 50 m Schärlänge war. Aus der Aufzeichnung Abb. 67<sup>1</sup> ersieht man neben der Arbeitsgeschwindigkeit und den Störungen innerhalb einzel-

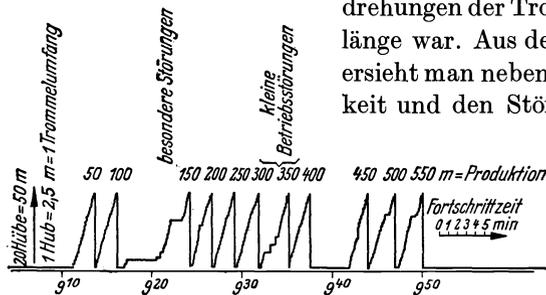


Abb. 67. Betriebsüberwachung in einer Weberei (Schärrahmen). Arbeitsschauuhr: Zählermodell.

ner Zeitabschnitte unmittelbar die Produktion in Metern. Aus der Gegenüberstellung der erreichten Produktion in einem bestimmten Zeitabschnitt zu der möglichen ergibt sich die Ausnutzung des Schärrahmens. Zu demselben Ausnutzungsfaktor gelangt man durch das Verhältnis von reiner Laufzeit zur Gesamtzeit. Die Laufzeit würde sich in gedrängter Form z. B. bei der Aufnahme durch den Zeitverlustschreiber der Arbeitsschauuhr ergeben. Diese Überwachung hat den Nachteil, daß sich die Produktionskontrolle nur mittelbar und nicht so genau und übersichtlich wie beim Zählermodell ergibt.

Die Verfasser glauben, daß sich aus der Darstellung der Vor- und Nachteile und den Vergleichen der einzelnen registrierenden und an-

<sup>1</sup> Aufgenommen von Dr. Schneider-Arnoldi, Köln.

zeigenden Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen, von selbst Richtlinien für die Auswahl und Anwendung ergeben. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei Betriebsüberwachungsgeräten, die längere Zeit oder dauernd eingebaut werden, Sonderausführungen berechtigt oder notwendig sind. Es ist aber zu verlangen, daß eine möglichst geringe Auswertungsarbeit erforderlich ist, nicht zu lange Streifen entstehen und eine bequeme Kontrolle in den beabsichtigten Zeitabschnitten (Schicht, Tag, Woche, Monat, Jahr) möglich ist.

## 6. Zeitdrucker.

Die Zeitdrucker dienen zur Anwesenheitskontrolle oder zur auftragsweisen Arbeitszeitkontrolle. Sie drucken die Zeiten — Kalenderzeiten, Uhrzeiten, Periodenzeiten — in Ziffern oder auf vorgedruckte Zifferblätter.

Die Kontrolle der Anwesenheitszeit durch Arbeiterkontrolluhren, die die Uhrzeit auf Kontrollkarten drucken, sowie das Aufdrucken von Zeit und Datum durch entsprechende Stempeluhren auf irgendwelche Belege ist so allgemein verbreitet, daß wohl von einer Erörterung abgesehen werden kann. Es gibt auch derartige Uhren, die nicht die Uhrzeit drucken, sondern nach Art der nachstehend beschriebenen Zeitdrucker für auftragsweise Zeitermittlung arbeiten (siehe Abb. 69). Abweichungen von den normalen Zeitpunkten (z. B. Verspätung) werden durch einen Kreis neben dem Datum bezeichnet, Überstunden durch ein Kreuz. Die Überstunden werden ebenfalls jeden Tag automatisch für die Dauer von zehn Stunden eingeschaltet. Das Zählwerk zeigt am nächsten Morgen wieder die gleiche Stundensumme wie bei Arbeitsschluß. Wenn weder ein Kreis noch ein Kreuz neben den Stempelungen steht, ist die Wochenstundenzahl normal und benötigt keine Ausrechnung. Diese Art bietet manche Vorteile, ist aber nur in solchen Betrieben anwendbar, in denen die Belegschaft ausnahmslos die gleiche Arbeitszeit hat.

In dem Abschnitt Kreisschreiber ist schon auf die registrierenden Wächterkontrolluhren hingewiesen worden. Bei diesen Uhren handelt es sich um eine Anwesenheitskontrolle, besonders unter dem Gesichtspunkt des Zeitpunktes. Diese Kontrolle erfolgt auch vielfach durch Zeitdrucker, die in gleicherweise, wie vorher beschrieben, bedient werden. Durch Einführung eines Schlüssels wird neben der Zeit auch die Nummer der zu kontrollierenden Stelle auf einen Papierstreifen gedruckt, der bei jeder Markierung ein entsprechendes Stück vorrückt (Abb. 68).

Ein weit größeres Anwendungsgebiet für die nach Art der Abb. 68 arbeitenden Zeitdrucker ist die auftragsweise Arbeitszeitkontrolle.

Da es sich hier um die Erfassung der Zeitdauer handelt, während der Zeitpunkt nur untergeordnete Bedeutung hat, werden hierzu durchweg

Zeitdrucker verwendet, die für bestimmte Perioden (Lohnperioden, Wochen usw.) die Arbeitszeiten, mit 0 beginnend, unter Abzug der Pausen fortlaufend drucken, so daß die Dauer der Arbeitszeiten durch eine einfache Subtraktion der Anfangszeit von der Endzeit ermittelt werden kann. Bei einzelnen Konstruktionen ist durch eine besondere Anordnung diese Differenz sofort dadurch ablesbar, daß zu Beginn der Arbeit nur die Skalenkreise, die sich mit dem Uhrwerk in gleicher Weise wie die

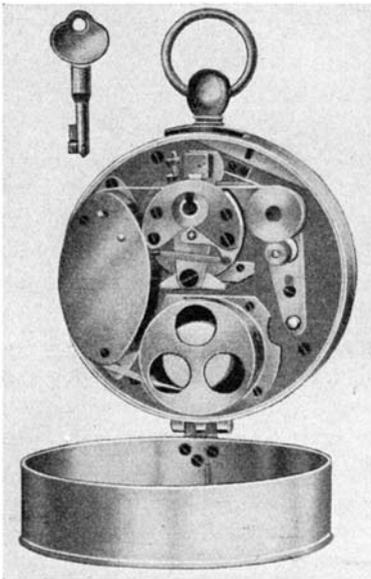


Abb. 68 a. Wächter-Kontrolluhr  
(Bandsystem).

7 18 63
7 04 62
6 42 61
6 28 60
5 54 59
5 00 58
4 15 57
3 40 56
3 10 55
2 56 54
2 20 53
2 10 52
2 00 51
1 32 50
13
12 22 12
11 28 11
11 08 10
11 06 9
10 36 8
10 16 7
9 46 6
9 10 5
8 50 4
8 22 3
7 48 2
7 16 1

Abb. 68 b. Aufnahmestreifen zu  
Abb. 68 a.

Zeiger drehen, nach Beendigung der Arbeit nur die Zeiger eingestempelt werden, die dann auf dem Skalenkreis die verbrauchte Zeit direkt angeben.

Neben dem Datum und der Periodenzeit stempeln einige Zeitdrucker auch noch die Uhrzeit, entweder Anfangszeit oder Anfang- und Ende-Uhrzeit.

Die bei der Zählung der Normalstunden erforderliche Stillsetzung der Uhr in den Pausen erfolgt selbsttätig oder von Hand. In letzterem Falle ist eine besondere Kontrolle für das rechtzeitige Stillsetzen durch eine Abstempelung erforderlich. Die Zählung der Überstunden erfolgt auf verschiedene Weise: und zwar einmal durch ein von Periodenbeginn mit

der Uhr durchlaufendes Zählwerk oder besonderen Zeitstempel oder besonderen Zeitrechner. Es können ferner die Überstunden vom Ende der Normalzeit ab mehrere (meist 10) Stunden weitergezählt werden. Nach Ablauf der Überstunden schaltet die Uhr sich dann selbsttätig auf das Ende der Normalzeit zurück. Ferner können die Überstunden jeden Tag vom Ende der Normalzeit ab, mit 0 beginnend, gezählt werden. Der Antrieb der Zeitrechner kann durch ein Einzeluhrwerk oder durch eine Zentraluhr mit elektrischer Übertragung erfolgen. Einige der gebräuchlichsten Konstruktionen seien nachstehend kurz beschrieben.

Der Benzing-Zeitrechner Abb. 69 hat Einzeluhrwerk oder Zentraluhrwerk und druckt Periodenzeiten fortlaufend unter selbsttätiger Ausschaltung der Pausen, die Überstunden werden selbsttätig bis zu 10 Stunden täglich vom Ende der normalen Arbeitszeit aus weitergeschaltet und durch ein + gekennzeichnet. Die Rückstellung auf das Ende der normalen Arbeitszeit erfolgt ebenfalls automatisch. Bei den neueren Ausführungen wird auch die Uhrzeit aufgedruckt. In ähnlicher Weise arbeitet der Isguszeitrechner, nur daß die Überstunden bei Beginn der Perioden, mit 0 beginnend, durch ein besonderes Zählwerk fortlaufend in einer besonderen Spalte gedruckt werden. Hingegen ist der Siemenszeitstempel nur für Zentraluhrwerk eingerichtet und druckt keine Uhrzeiten. Er schaltet selbsttätig die Pausen aus, aber für Überstunden ist ein zweites Typenwerk vorhanden, das, von 0 ausgehend, dann weitergeschaltet wird, wenn die normalen Arbeitszeiten abgelaufen sind.

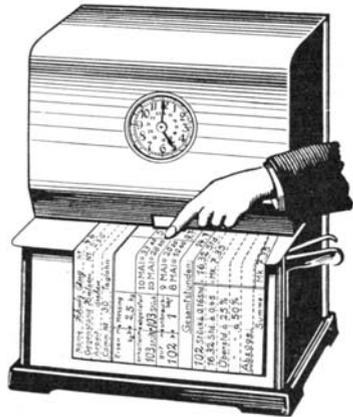


Abb. 69. Benzing-Zeitrechner.

Von den Uhren, bei denen die Arbeitszeit durch Skalenkreise und Zeiger direkt ablesbar ist, aber die Überstunden nicht ohne weiteres erfaßbar sind, seien Kalkulagraph und Horograph genannt. Der erstere erfordert eine besondere Bedienung zur Stillsetzung bei Pausen. Er druckt Uhrzeit und Datum des Arbeitsbeginns mit ein. Der Horograph dagegen zieht selbsttätig Pausen der normalen Arbeitszeit ab. Datum und Uhrzeit von Beginn und Ende der Arbeit werden aufgestempelt.

Zusammenfassend läßt sich über Zeitdrucker sagen, daß außer der größeren Genauigkeit gegenüber handschriftlichen Aufzeichnungen noch eine erhebliche Zeitersparnis erreicht wird. Falsches Eintragen von Arbeitszeiten wird wesentlich erschwert, aber je nach der Fertigung nicht immer mit Sicherheit verhindert, besonders dann nicht, wenn nicht die nötige Aufsicht vorhanden ist.

## 7. Aufschreibungen und Aufzeichnungen von Hand.

Aufschreibungen und Aufzeichnungen von Hand erfolgen im allgemeinen im Betrieb zur Schaffung irgendwelcher Betriebsbelege.

Im Rahmen dieser Ausführungen kann nicht näher auf die verschiedenen Aufschreibeverfahren eingegangen werden, zumal dieselben den Besonderheiten des einzelnen Betriebes und der betreffenden Organisation anzupassen sind.

Hingegen hat diese Art eine größere Bedeutung für die durch die Betriebs- und Arbeitsbüros vorzunehmenden Zeitkontrollen. Diesen muß allerdings eine Übertragung und Ordnung der Zeitzahlen in bestimmte Gruppen, z. B. nach Auftragsnummern oder Betriebsabteilungen vorausgehen.

Diese Zeitkontrollen erfolgen entweder unter dem Gesichtspunkt der Zeitdauer oder des Zeitpunktes. Bei der Kontrolle der Zeitdauer handelt es sich in der Hauptsache um den Vergleich von Soll- und Ist-Zeiten oder um den Vergleich zweier Ist-Zeiten, wie etwa die Anwesenheitszeit mit den auftragsweise aufgeschriebenen Ist-Stunden, oder aber um den Vergleich der vorgegebenen (Soll-) Zeit mit der angefallenen Istzeit. Diese Kontrolle erfolgt nach Aufträgen geordnet durch die Nachrechnung. Das Auftreten in der Vorrechnung nicht vorgesehener Zeiten im Betriebe, das ja gleichbedeutend ist mit dem Auftreten von Kosten, die bei der Preisabgabe nicht berücksichtigt sind, läßt sich dadurch besonders schnell erfassen, daß man diese Zeiten auf besonders kenntlich (Farbe usw.) gemachten Arbeitszetteln (vom Betriebsleiter unterschrieben) aufschreiben und bei der Lohnabrechnung besonders erscheinen läßt. Es kann auch hier nicht näher auf die verschiedenen Aufschreibungsmöglichkeiten für derartige Kontrollen eingegangen werden.

Die Vorbestimmung des Zeitpunktes (Soll) setzt die genaue Kenntnis der Zeitdauer voraus. Aus der Kenntnis der Zeitdauer kann man den zeitlichen Ablauf der einzelnen Fertigungsvorgänge bzw. der einzelnen Aufträge bestimmen. Hiermit ist der Zeitpunkt gegeben. Es folgt weiter daraus, daß eine genaue Arbeitszeitermittlung mit den in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Hilfsmitteln und Verfahren nicht nur für die Festsetzung der Löhne von größter Wichtigkeit ist. Die Vorbestimmung des zeitlichen Ablaufs der Fertigung ergibt im voraus ein Bild des Beschäftigungsgrades für die einzelnen Betriebsabteilungen. Zur Bestimmung des zeitlichen Ablaufs aus der Zeitdauer bedient man sich zweckmäßig einer übersichtlichen Zusammenfassung der bekannten Fertigungszeiten in Fristenplänen des Einzelauftrages und Beschäftigungsübersichten über die Werkstätten<sup>1</sup>. Der Fristenplan des Einzelauftrages soll die Zwischenfrist aller Fertigungsstufen erkennen

<sup>1</sup> Freund: Maschinenbau 8, H. 3 (1929).

lassen und dient in der Hauptsache dazu, den Werkstätten die von ihnen einzuhaltenden Fristen vorzugeben. Entgegen der Stückzeitvorgabe für den Akkordarbeiter müssen die hier vorgegebenen Zeiten größere — den besonderen Betriebsverhältnissen entsprechende — Toleranzen erhalten, um Störungen, mit denen normalerweise gerechnet werden muß, zu berücksichtigen (Ausschuß, Fehlen von Material, Betriebsstörungen usw.). Durch Betriebsverbesserungen wird diese Toleranz naturgemäß allmählich verringert werden können.

Die Beschäftigungsübersicht muß nach Möglichkeit erkennen lassen, wieviel Arbeiterstunden (Arbeiter  $\times$  Arbeitsstunden) zur Bewältigung der vorliegenden Aufträge erforderlich sind, und wie sich die Beschäftigung auf die einzelnen Zeitabschnitte (Wochen oder besser 10-Tage-Abschnitte) und Arbeitsplätze verteilt.

Die Kontrolle des Zeitpunktes: die Fristenverfolgung erfolgt durch den Vergleich des „Ist“ mit dem „Soll“.

Die Darstellung von Fristenplänen und Beschäftigungsübersichten kann nach verschiedenen Verfahren erfolgen. Grundsätzlich sind zwei Verfahren zu unterscheiden, bei denen entweder die Fertigungszeiten durch Linienzüge oder andere Symbole in einem festen Kalender eingetragen werden — die graphische Übersicht gibt also über die tatsächlichen Mengen der zu leistenden Arbeit nichts bekannt —, oder Pläne, bei denen die in einem Kalender eingetragenen Linien nicht nur Zeiten, sondern auch Mengen bedeuten (Gantt). Dieses Verfahren hat in der letzten Zeit wegen seiner Übersichtlichkeit eine größere Bedeutung erlangt. Es muß auch hier auf die einschlägige Literatur verwiesen werden<sup>1</sup>.

Wie weit diese Ermittlungen zur Fristenfestsetzung und zur Fristenverfolgung für die einzelnen Fertigungsstufen zu erfolgen haben, hängt von den örtlichen Bedingungen ab. Die Aufgabe jeder Fristengestaltung besteht darin, in die Arbeitsvorbereitung die Sicherheit hineinzutragen, welche die Fertigstellung der Erzeugnisse zu bestimmten Zeiten gewährleistet.

Zusammenfassend läßt sich über Aufzeichnungen und Aufschreibungen sagen, daß sie bezüglich der Kontrolle der Zeitdauer auch gleichzeitig die Erfassung der Kosten darstellen und somit die Unterlagen für einen Teil des Abrechnungswesens ergeben, daß sie andererseits bezüglich des Zeitpunktes und dessen Kontrolle die Unterlagen für die Arbeitsvorbereitung und das Fristenwesen darstellen.

<sup>1</sup> Handbuch für Industrielle Werkleitung. VDI-Verlag 1930. — Clark, W.: Leistungs- und Materialkontrolle nach dem Gantt-Verfahren. Berlin-München: R. Oldenbourg 1925.

# Die Kontrolle der Wertumsätze.

Von Dr.-Ing. Otto Kienzle.

## 1. Die Wirtschaftsgleichung.

Die Arbeit des industriellen Betriebes, die rohe von der Natur gegebene Stoffe gewinnt, sie veredelt, zu Zwischenerzeugnissen formt und schließlich in bunter Zusammenfügung in Gebrauchsgüter wandelt, schafft, volkswirtschaftlich gesehen, neue Werte. Zu dem Wert der verbrauchten Stoffe (Aufbaustoffe und Hilfsstoffe) tritt der Wert menschlicher Dienstleistungen; ihre Summe gibt den neuen Wert, den der Verbraucher dem Hersteller in Gestalt des Erlöses vergütet. Wir können dies in einer Gleichung ausdrücken (s. Abb. 1):

$$\begin{aligned} \text{Stoff + Dienstleistung} &= \text{Erlös} \\ S + D &= E \\ D &= E - S \\ D_a + D_f + U &= E - S \end{aligned}$$

Stoffe + Dienstleistung = Erlös  
 $S + D = E$  (1)

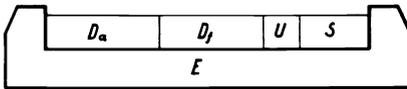


Abb. 1. Die Wirtschaftsgleichung.

Stoffe + Dienstleistung = Erlös  
 $S + D = E$  (1)

Diese Gleichung galt noch allgemein zu einer Zeit, wo es nur handwerkliche Arbeit gab, die nach dem (auf der linken Seite stehenden) Aufwand bezahlt wurde; sie gilt heute im industriellen Leben nur noch bei Reparaturen und in gewissen Fällen bei Sonderanfertigungen.

Grundsätzlich ist es aber heute anders. Außerhalb des Unternehmens, nämlich im freien Markt, werden die Werte  $S$  und  $E$  bestimmt, und es ist nun Sache des Unternehmers, mit dem Betrag

$$D = E - S$$

die Dienstleistungen von Arbeitern, Angestellten, fremden Arbeitspersonen und schließlich seine eigene Arbeitsleistung ( $D_a$ ), sowie andere fremde Dienstleistungen durch Fremdkapital, Versicherung, Staat und Gemeinde ( $D_f$ ) zu decken. Was nun noch als Unterschied ( $U$ ) zwischen den beiden Seiten der Gleichung übrigbleibt, ist dann ein Überschuß (Gewinn) oder ein Fehlbetrag (Verlust).

Die Gleichung lautet:

$$D_a + D_f + U = E - S \quad (2)$$

In Worten kann man diese Gleichung so ausdrücken:

Unternehmerseite		Marktseite
Veredlungskosten + Gewinn = Überschuß des vom Markt gebotenen Erlöses über den vom Markt verlangten Stoffpreis.		

Auf der Unternehmerseite sind nun wiederum zwei Glieder dem Einfluß des Unternehmers entzogen, nämlich  $D_a$  in bezug auf Lohnhöhe und Gehaltshöhe sowie  $D_f$  in bezug auf Zinsen, Steuern, Versicherungen u. dgl. Den Ausgleich in der Gleichung schafft nur das einzige Glied  $U$ , d. h. der Unternehmer besieht sich nach einem Jahr die Gleichung, die Bilanz bzw. Gewinn- und Verlustrechnung heißt; je nachdem findet er dann den Wert  $U$  groß oder klein oder gar negativ.

Ein solches Risiko kann heute die Wirtschaft nicht mehr laufen. Sie hat deshalb viele Wege gesucht, um die obige Gleichung zu beherrschen, anstatt sich zwischen die fremdbeeinflußten Faktoren einquetschen zu lassen (Abb. 1). Zum Teil geht die Industrie gemeinsam vor, z. B. um den Güterwert günstig zu halten, wirkt sie bei der Zollgesetzgebung und beim Abschluß von Handelsverträgen mit; sie betreibt gemeinsame Werbung, z. B. „Stahl überall“. In bezug auf die Entschädigung von Dienstleistungen schließt sie Tarifverträge mit den Arbeitnehmerorganisationen ab. Die einzelne Firma hat hierbei natürlich nach Kräften mitzuwirken, aber schließlich hat sie doch selbst darüber zu wachen, daß in dieser Gleichung  $U$  übrig bleibt, das ihren Bestand sichert. Dazu bedient sie sich in größtem Umfange der Kontrolle der Wertumsätze.

Wir verfolgen hierbei wieder am besten die einzelnen Glieder unserer Wirtschaftsgleichung. Allgemein sei vorausgeschickt, daß sie sowohl für die Gesamtumsätze der verschiedenen Wertarten in einem Rechnungsabschnitt, wie auch für das einzelne Erzeugnis gelten.

## 2. Die Kontrolle des Erlöses.

Die Kontrolle des Erlöses soll den Gesamterlös, d. h. den Umsatz, ins Auge fassen.

$$E = \text{Einzelpreis} \times \text{Liefermenge} \times \text{Gütefaktor des Kunden.}$$

Das Soll des Einzelpreises ergibt sich aus der Marktanalyse, die feststellt, von welcher Kundschaft, zu welchen Zeiten, unter welchen Bedingungen die günstigsten Preise zu erzielen sind. Vergleichsmaßstäbe bieten teils öffentliche, teils vom eigenen Wirtschaftsverband zusammengestellte Marktberichte.

Das Soll der Liefermenge kann auf zweierlei Weise ermittelt werden, einmal als Lieferfähigkeit des eigenen Werkes, zum andern aber

als der natürliche Anteil, den man kraft seiner Lieferfähigkeit im Verhältnis zur Gesamtlieferfähigkeit des gesamten Industriezweiges unter Berücksichtigung seiner eigenen Qualität erwarten darf. Ein Beispiel zeigt Abb. 2.

Soll		Ist	
	Werk		Werk
Eigene Kapazität	80	Eigene Leistung Beschäft.-Grad = 75%	60
Inlands-Kapazität = 1600	5% = 80	Inlandsleistung = 1000 Beschäft.-Grad = 62,5%	6% = 60
Welt-Kapazität = 8000	1% = 80	Weltleistung = 7500 Beschäft.-Grad = 93%	0,8% = 60

Abb. 2. Umsatzkontrolle im Verhältnis zum Industriezweig.

Beträgt die Lieferfähigkeit eines Werkes 1% der Gesamtleistungsfähigkeit des Industriezweiges der ganzen Welt und 5% der Leistungsfähigkeit des Industriezweiges im eigenen Lande, und beträgt der Umsatz 6% des Inlandsumsatzes, aber nur 0,8% der Weltleistung und nur 70% der eigenen Leistungsfähigkeit, so hat man allen Grund, zu untersuchen, warum man hinter den ausländischen Wettbewerber zurückbleibt, und darf sich nicht damit begnügen, daß man immer noch besser dasteht, als die Inlandswettbewerber. Selbstverständlich sind dabei Inlandsumsätze und Ausfuhr getrennt zu betrachten und auch zur Einfuhr in Vergleich zu setzen. Außerdem ist die allgemeine Entwicklung des betreffenden Marktes daraufhin zu beobachten, ob sich Erzeugung und Verbrauch in der Ausdehnung befinden (die Amerikaner bezeichnen dies mit „trend“). Solche Kontrollen sind dringend nötig; eine dauernde Zusammenarbeit mit unseren Konsulaten im Ausland, den dortigen Handelskammern und anderen Wirtschaftsstellen kann nur dringend empfohlen werden. Die Ergebnisse solcher Kontrollen sind in erster Linie, daß man an die Analyse der eigenen Selbstkosten geht und ihre Teile mit den Kostenteilen der Wettbewerber soweit als möglich vergleicht; in zweiter Linie ist die Wirkung häufig eine Verständigung innerhalb des Industriezweiges über die Zusammenfassung einzelner Fertigungen bei bestimmten Firmen; ferner bewahrt sich die einzelne Firma im Besitze solchen Zahlenmaterials davor, etwa infolge einer Umsatzsteigerung fälschlicherweise eine Betriebsvergrößerung vorzunehmen.

Was das Soll des Einzelpreises anbelangt, so begegnen wir noch häufig der Tatsache, daß zwar das Gesamtsoll erzielt wird, aber ein Teil der Einzelpreise unter Selbstkosten liegen und von den guten Preisen der anderen Teile ausgeglichen werden. Die Kontrolle darf sich also nicht mit der Erreichung des Gesamtsolls begnügen; wir fordern deshalb

in der Buchhaltung eine Einrichtung, die für jede Warengattung nachweist, ob die Erlöse den Aufwand decken. Da dies in sehr vielen Unternehmungen noch fehlt, so kommt es vor, daß ganze Industriezweige falsch rechnen und somit ein Vergleich mit Erlösen und Selbstkosten anderer Firmen ein völlig falsches Bild gibt. Wie oft sieht man, daß innerhalb eines Industriezweiges nur die Kilopreise verglichen werden, und was noch schlimmer ist, daß sich die Abnehmer an diesen falschen Maßstab gewöhnt haben, so daß es einer einzelnen Firma, die richtig rechnet, oft gar nicht möglich ist, differenzierte Preise auszudrücken. Es gibt nur wenige Fälle, wo die gleiche Kundschaft sowohl die gewinnbringenden wie die verlustbringenden Erzeugnisse eines Werkes abnimmt, wo sie also selbst den Ausgleich schafft. In den meisten Fällen findet aber ein Wettbewerber, der richtig rechnet, sehr rasch den guten Artikel heraus, den er wirksam unterbieten kann, und man selbst bleibt mit dem anderen Artikel auf dem verlustbringenden Preisniveau sitzen. Nur wo richtig gerechnet wird, ergibt sich letzten Endes ein vernünftiges Preisniveau. Daher müssen alle Bestrebungen, innerhalb der einzelnen Industriezweige gute und vergleichbare Einheitsbuchführungen zu schaffen, aufs Nachdrücklichste unterstützt werden.

Als dritten Faktor im Erlös sehen wir den Gütefaktor des Kunden. Es ist nun einmal so, daß die Rechnungen nicht zu 100% bezahlt werden, wiewohl dies das ideale Soll ist. Hier spielt das Auskunfts Wesen durch Auskunfteien, Verbände, befreundete Firmen herein, dazu ist auf der eigenen Seite ein Festhalten der „Kundengüte“ etwa in Karteiform unbedingt nötig; dort nimmt man auch auf, was man sonst über die Solidität des Kunden, z. B. aus Zeitungsnachrichten, erfährt. Eine sehr große Rolle spielt bei diesem Faktor die Frage, ob eine industrielle Firma unmittelbar an den Kleinkäufer herangeht, z. B. an den Landwirt im eigenen Land oder an die Einzelfirma im Ausland, oder ob er nur mit dem Händler arbeitet. Die Sicherheit des Geldeinganges ist im allgemeinen größer, wenn man mit der soliden Händlerschaft, insbesondere mit den führenden Exportfirmen, arbeitet. Schließlich sind noch die Kredit- und Exportversicherungen zu erwähnen, die zwar den Erlös um ein bestimmtes Maß schmälern, aber den Gütefaktor erhöhen. Aus all dem ergibt sich ein praktisches Soll, das unter 100% liegt; dessen Einhaltung zu beobachten, ist eine der Kontrollaufgaben der Buchhaltung.

Nun wollen wir aber auch den Erlös in seiner Gliederung nach Warengattungen (1,2...n) kontrollieren.

Es ist

$$E = e_1 + e_2 + \dots + e_n \quad (3)$$

d. h. die Summe der Einzelerlöse macht den Gesamterlös aus. In der Buchhaltung ist der Gesamterlös gleich dem gesamten Rechnungsbetrag, oder wie man in der Sprache der Buchhaltung sagt, gleich dem Zugang

auf das Konto der Schuldner (Summe der Sollbuchungen auf Debitorenkonto); die Einzelerlöse sind in den meisten Buchhaltungen nicht sichtbar, es ist aber leicht, sie wenigstens für jede Warengattung sichtbar zu machen, wenn man für diese je ein Verkaufskonto führt. Innerhalb jeder Warengattung ist eine weitere Kontrolle des Erlöses noch insoweit nötig, als jeder sich nach Abrechnung aller Rabatte, selbstzutragenden Frachten, Versicherungen, Provisionen ergebende Erlös mit dem Soll-Erlös verglichen wird.

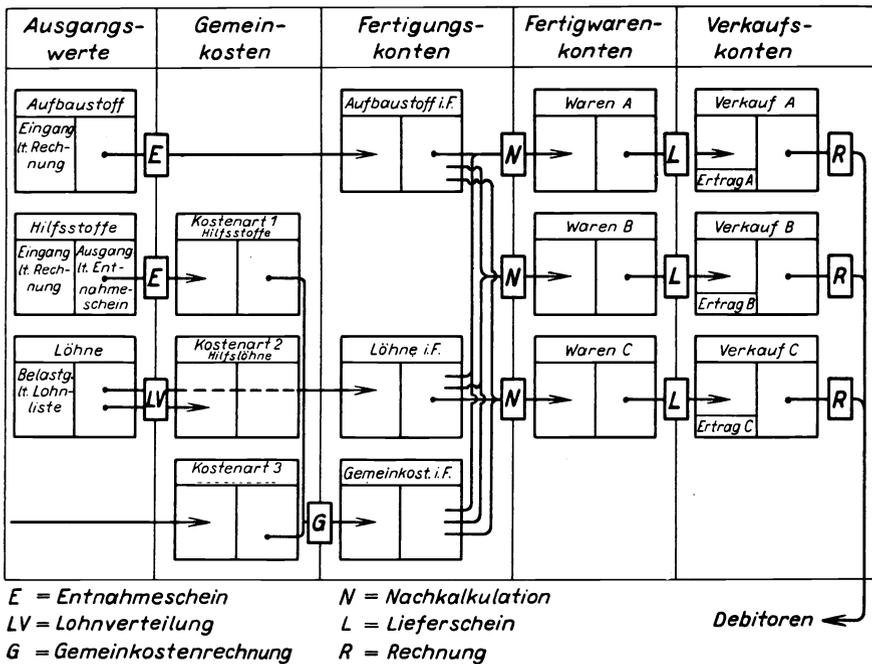


Abb. 3. Verbuchung gleichlaufend mit Fertigung.

Wir haben bereits gesehen, wie sehr wir für die Kontrolle der Wertumsätze der Wechselwirkung zwischen Buchhaltung und anderen Aufschreibungen bedürfen. Daher sei an dieser Stelle ein Ausschnitt aus einem industriellen Kontenplan gezeigt, der diejenigen Konten enthält, die für diese Betrachtung wichtig sind.

Die Gliederung des Kontenplanes nach Abb. 3 entspricht dem Ablauf der Fertigung. Dementsprechend befinden sich in der 1. Klasse die Konten der Ausgangswerte, auf die die Gemeinkostenkonten folgen. Die nächste Klasse bilden die Fertigungskonten, die die in der Fertigung steckenden Werte aufnehmen. Den Schluß bilden die Klassen der Fertigwarenkonten, aus denen die Lagerwerte ersichtlich sind, und die Verkaufskonten.

Mit dem Wert der eingehenden Aufbaustoffe wird das Konto „Aufbaustoffe“ belastet. In vielen Fällen wird dieses Konto natürlich noch weiter unterteilt sein. Mit der Entnahme aus dem Lager gehen die Aufbaustoffe in die Fertigung ein, und dementsprechend wird auf Grund der Entnahmescheine, Entnahmelisten, Mischungsrezepte u. dgl. das Konto „Aufbaustoffe“ erkannt und das Konto „Aufbaustoffe in Fertigung“ belastet. Letzteres wird alsdann mit dem Materialwert der fertiggestellten Erzeugnisse erkannt, die ihrerseits dem Fertigwarenkonto belastet werden. Beim Verkauf wird das Fertigwarenkonto mit dem Selbstkostenwert erkannt und das Verkaufskonto mit demselben Wert belastet. In ähnlicher Weise vollzieht sich die Verbuchung der Hilfsstoffe, der Löhne und der Gemeinkosten, wie dies die Pfeile in Abb. 3 andeuten. Diese Abbildung ist nur als Schema aufzufassen, die darin angedeuteten Buchungsbelege sind nur beispielsweise gewählt.

### 3. Die Überwachung der Selbstkosten.

Wir kommen nunmehr zur Selbstkostenseite. Hier erfaßt man im allgemeinen das einzelne Erzeugnis. Im Maschinen- und Apparatebau ermittelt man dessen Selbstkosten einzeln oder durch Division der Selbstkosten eines ganzen Loses oder bei Massenfertigung durch Division der Selbstkosten einer gewissen Zeit durch die entsprechende Stückzahl. Dagegen ist dies noch bei vielen Arten der Halbzeugfertigung nicht der Fall, wo oft recht verschiedene Erzeugnisse mit einem gemeinsamen Maßstab, wie Kilopreis oder Kubikmeterpreis, abgerechnet werden. Eine Kontrolle, ob die Selbstkosten im richtigen Verhältnis zum Erlös stehen, ist aber nur möglich, wenn auf beiden Seiten einen wirtschaftlichen Aufwand berücksichtigende Differenzierung vorgenommen wird. Ein Beispiel: In einem keramischen Werk wurden die Steine einer Qualität je Kilogramm gleich berechnet, gleichgültig, ob sie Quaderform, Trapezform oder gebogene Form hatten, und gleichgültig, ob sie klein oder groß waren, und doch verursachten sie verschiedenen Aufwand an Arbeit, Maschinenbenutzung, Förderung, Trocknung usw. Wir fordern grundsätzlich, daß jedes Erzeugnis so kalkuliert wird, als ob es allein hergestellt würde, ohne die Fälle zu vergessen, in denen Ausnahmen von dieser Regel nötig sind.

Wir setzen nun unsere Betrachtung in der mathematischen Form fort, denn sie ist für die Kontrolle der Wertumsätze unbedingt nötig, ja sie ist eigentlich sogar das Wesen dieser Kontrolle.

Wir schreiben Gleichung (2) in der Form:

$$S + D_a + D_f + U = E \quad (4)$$

oder auf einzelne Erzeugnisse 1, 2 . . . n bezogen

$$s_1 + d_{a1} + d_{f1} + (u_1) = e_1 \quad (5a)$$

$$s_2 + d_{a2} + d_{f2} + (u_2) = e_2 \quad (5b)$$

$$s_3 + d_{a3} + d_{f3} + (u_n) = e_n. \quad (5c)$$

Diese Gleichungen 5a—c stellen eigentlich nichts anderes dar als die bekannte Kalkulationsgleichung:

Baustoffe + Einzellöhne + Gemeinkosten + Gewinn = Erlös.

Sie sind nur etwas anders gruppiert.

Aus den obigen Gleichungen erhalten wir neue Kontrollgleichungen. Es muß nicht nur sein

$$e_1 + e_2 + \dots + e_n = E \text{ (siehe S. 355),} \quad (3)$$

sondern auch

$$s_1 + s_2 + \dots + s_n = S, \quad (6)$$

$$d_{a1} + d_{a2} + \dots + d_{an} = D_a, \quad (7)$$

$$d_{f1} + d_{f2} + \dots + d_{fn} = D_f, \quad (8)$$

$$u_1 + u_2 + \dots + u_n = U. \quad (9)$$

Davon sind uns zunächst die Kontrollgleichungen (6) und (7) wichtig (Stoffe und Löhne).

### a) Der Stoffaufwand.

Gleichung (6) stellt den Gesamtaufwand an Stoff der Summe der Einzelaufwände gegenüber.

Hier liegt eine echte Kontrolle vor, weil jede Seite der Gleichung anders und unabhängig ermittelt wird. Die Einzelaufwände werden aus den Stoffentnahmescheinen errechnet oder durch Rückrechnung aus den Fertigergebnissen ermittelt und in die Nachkalkulation aufgenommen.

Ihre Summe muß mit dem sich aus der Buchhaltung ergebenden Gesamtstoffaufwand übereinstimmen. Diesen finden wir als

$$\begin{aligned} & \text{Zugang} + \text{Anfangsbestand} - \text{Endbestand} \\ & \text{auf dem Konto: Stoffe in Fertigung,} \end{aligned}$$

wobei Anfangs- und Endbestand ihrerseits entweder durch die Jahresinventur oder durch andere regelmäßige Bestandaufnahmen kontrolliert werden.

Da der Stoffaufwand in der Buchhaltung und in der Kalkulation getrennt nach Aufbaustoffen (sonst auch nach unserer Ansicht weniger treffend — als Fertigungsstoffe oder produktive Stoffe bezeichnet) und Hilfsstoffen verrechnet wird, so ist natürlich Voraussetzung für diese Kontrolle, daß Buchhaltung und Kalkulation die gleiche Trennung zwischen beiden Klassen vornehmen. Dies ist durchaus nicht immer der Fall; es kommt vor, daß z. B. Nickel für Vernickelung, Schachtelpackungen, Ölfüllungen bald als Aufbaustoffe, bald unter Gemeinkosten verrechnet werden.

In bezug auf den Verbrauch an Aufbaustoffen liegt die zweite Kontrolle im Vergleich der Nachkalkulation mit der Vorkalkulation bzw. der Stückliste oder dem Mischrezept, und zwar sowohl bezüglich der Mengen als auch der Werte. Die dritte Kontrolle liegt in der Mengenkontrolle selbst, wie wir sie in Abschnitt 3 und 4 kennengelernt haben.

Die Kontrolle des Stoffwertanteils in den Herstellkosten<sup>1</sup> ist eine noch umstrittene Frage. Sie spielt eine Rolle, weil das Verhältnis Stoff:Lohn:Gemeinkosten für so viele betriebliche Maßnahmen wichtig ist. Die Anhänger der Normalkostenrechnung rechnen mit gleichen Stoffpreisen, üben also in der Rechnung nur eine Mengenkontrolle aus; dafür sehen sie bei Vergleichen von Nachkalkulationen verschiedener Zeitpunkte schon aus der „Wert“-Rechnung, ob der Stoffaufwand sich geändert hat. Dies hat dann eine praktische Bedeutung, wenn man bei chemisch-physikalischen Mischungen die Aufbaustoffe nach Art oder Menge wechselt; im Maschinen- und Apparatebau hat aber eine Stoffänderung fast stets eine Änderung in der Arbeit zur Folge, z. B. ändert sich beim Ersatz von Stahl durch Messing die Schnittzeit, beim Ersatz eines Messingteils durch ein Spritzgußteil die ganze Bearbeitungszeit. In solchem Fall ist der Vergleich früherer und jetziger Stoffnormalkosten ohne gleichzeitigen Vergleich der Lohnkosten und Gemeinkosten, die in diesem Falle auch Normalkosten sein müßten, wertlos; damit kommen wir aber zu nichts anderem als zum Vergleich von Vorkalkulationen verschiedener Zeitpunkte, die man ohnehin vornimmt. Und daneben müssen mit oder ohne Normalkostenrechnung die wirklichen Selbstkosten doch verglichen werden.

In jedem Fall ist bei Vergleichen, die man ab und zu zur Kontrolle der Entwicklung vornimmt, beides nötig; Vergleich der Stoffmenge und des Stoffwertes. Der letztere Vergleich findet noch eine Stütze in der Einkaufskartei, die dauernd darüber zu wachen hat, daß von dem unter Berücksichtigung der Güte jeweils günstigsten Einkaufspreis Gebrauch gemacht wird.

Ähnliche Kontrollen wachen über den Umsätzen an Hilfsstoffen; auch hier ist es nötig, eine Kontrolle des Gesamtaufwandes in der Buchhaltung zu schaffen, indem man Hilfsstoffe für sich über bestimmte Gemeinkostenkonten leitet und sie in keinem Fall mit anderen Gemeinkosten vermengt. Dies hat auch insofern eine Bedeutung, als die Summe von Aufbau- und Hilfsstoffen für die Marktabhängigkeit des Unternehmens maßgebend ist. Auf den Einzelverbrauch an Hilfsstoffen werden wir im Abschnitt Gemeinkosten noch näher eingehen. Wir wollen hier aber versuchen die Grenzlinie zwischen Bau- und Hilfsstoffen zu ziehen:

<sup>1</sup> Mit diesen Bezeichnungen schließen wir uns an die Festlegungen des Vereins Deutscher Maschinenbauanstalten an. (Gliederung und Zusammensetzung der Selbstkosten im Maschinenbau. VDMA-Druckschrift vom Juli 1925.)

dies kann nach unserer Ansicht nicht allgemein festgelegt werden. Beide der folgenden Möglichkeiten erscheinen als brauchbar:

1. Möglichkeit: Baustoffe sind alle Stoffe, die im Erzeugnis (unter Umständen einschließlich Verpackung, wenn diese je Einheit eindeutig festliegt) enthalten sind (also z. B. auch Lötzinn, Schweißdraht, Nickel, Ölfüllung) oder während der Herstellung enthalten waren.

2. Möglichkeit: Als Baustoffe werden rechnerisch alle Stoffe betrachtet, welche proportional zur Fertigungsmenge verbraucht werden (das wären außer den gewöhnlichen und oben erwähnten unter gewissen Umständen, besonders bei Massenfertigung, auch Schweißdraht, Kohlen beim Brennen von keramischen Erzeugnissen, Flüssigkeiten zum Tränken anderer Stoffe). Diese Möglichkeit steht in Parallele zu der rechnerischen Erfassung der Einzellöhne, bei denen nicht gefragt wird, ob sie „produktiv“, sondern ob sie unmittelbar anrechenbar sind. In diesem Sinne wäre die Bezeichnung „Anrechenbare Stoffe“ statt Aufbaustoffe am Platze.

### b) Der Lohnaufwand.

Für den Lohnaufwand haben wir wie beim Stoffaufwand gemäß Gleichung (7) eine Hauptkontrolle, indem wir die auf dem Lohnkonto verausgabte Lohnsumme mit der Summe der in den Nachkalkulationen eingesetzten Einzellöhne zuzüglich aller in die Gemeinkostenrechnung übernommenen Hilfslohne vergleichen. Im einzelnen sind wieder die Bestandteile des Lohnes, nämlich Zeit und Zeitlohn bzw. Arbeitsmenge und Leistungslohn zu kontrollieren.

Beim Zeitlohn handelt es sich meist um Gemeinkosten, die wir weiter unten behandeln. Soweit es sich um „produktive“ Zeitlöhne handelt, wird man häufig Leistungsmaßstäbe finden, mittels derer sich grobe Zeitüberschreitungen feststellen lassen. Die Lohnhöhe kann bei Vorliegen eines Tarifvertrages nur dadurch beeinflußt werden, daß man kontrolliert, ob kein zu hoher Tarifsatz für eine Arbeit aufgewandt wird, und daß man in Auswertung des Kontrollergebnisses versucht, die Arbeit so leicht und einfach zu machen, daß man mit einer niedrigeren Tarifklasse auskommt.

Das letztere gilt auch für den Leistungslohn, sofern er auf der Zeit aufgebaut ist. Die Hauptaufgabe der Kontrolle der Einzellöhne bleibt der Zeitakkord selbst. Zunächst verfolgt man die Akkordverdienste; hierzu hat Liske<sup>1</sup> einen Vorschlag gemacht, der sich als praktisch erwiesen hat. Liske ermittelt die „Leistungsfaktoren“ der einzelnen Arbeiter und der Werkabteilungen oder Arbeitergruppen. Als Leistungsfaktor bezeichnet er „das Verhältnis zwischen der für eine Arbeit vor-

<sup>1</sup> Der Leistungsfaktor des Stücklohnarbeiters. Werksleiter 8 (1927) S. 220/22.

kalkulierten Zeit und der von dem Stücklohnarbeiter wirklich gebrauchten Zeit“, d. h. also

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Zeitvorgabe}}{\text{Zeitaufwand}} \cdot$$

Hinsichtlich der Arbeitsvorgabe in Zeit sei hier auf die umfassenden Arbeiten des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung (Refa) verwiesen.

Bei Vergebung der Arbeit in die Werkstatt sollte jedesmal kontrolliert werden, ob noch die gleichen Arbeitsbedingungen vorliegen, wie bei Aufstellung des Akkordes. Dieses „Soll“, die Vorkalkulation, sollte daher die Arbeitsbedingungen, insbesondere die vorgesehenen Maschinen, Vorrichtungen, Werkzeuge und Lehren genau angeben. Änderungen an den drei letzteren sind durch Übertragung des Änderungsindex der betreffenden Zeichnungen in die Akkordkartei zu kennzeichnen, so daß beim Ausschreiben des nächsten Werkstattauftrages bereits ein Hinweis auf diesem einzigen Blatt vorliegt, das der Beamte zur Eintragung der vorgegebenen Zeit braucht. Darauf, daß bei Benutzung einer anderen, vielleicht inzwischen neubeschafften Maschine diese Zeit geändert werden muß, ist dadurch hinzuweisen, daß mit der Akkordzeit angegeben wird etwa: „Vorgegebene Zeit gilt für Maschine Nr . . .“.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der, daß Lohnverschiebungen unmöglich gemacht werden, indem man dem Arbeiter jeweils nur einen Arbeitszettel in die Hand gibt, in den er Beginn und Ende der Arbeit durch Stempeln mit einer Uhr fehlerfrei einträgt. Des weiteren sei auf die Gefahr hingewiesen, daß die Meister Überschreitungen der vorgegebenen Zeit besonders bezahlen, indem sie hierfür Zusatzzettel ausgeben. Diese Zusatzzettel nur statistisch zu erfassen bzw. ihre Gültigkeit von der vorherigen Unterschrift des Betriebsleiters abhängig zu machen, genügt nicht, sie müssen als besondere Kostenart in der Betriebsbuchhaltung verbucht werden, damit sie auch von dieser Seite wirksam kontrolliert werden.

Als sehr zweckmäßig wurde es befunden, alle Nachkalkulationen einzelner Teile auf sogenannten Sachkarten festzuhalten, aus denen etwa folgendes zu entnehmen ist (Abb. 4):

Teil:		Benennung: <i>Wendehobel</i>			Nummer: <i>3 A 1704</i>	
Ausgeführt im	Baustoff			Lohn		
	Gew. kg	je kg	Mark	Min.	Mark	
<i>Januar 1929</i>	<i>4,2</i>	<i>0,30</i>	<i>1,26</i>	<i>18</i>	<i>0,27</i>	
<i>Mai 1929</i>	<i>4,2</i>	<i>0,31</i>	<i>1,39</i>	<i>18</i>	<i>0,30</i>	
<i>November 1929</i>	<i>4,2</i>	<i>0,32</i>	<i>1,34</i>	<i>16<sup>1)</sup></i>	<i>0,28</i>	
<i>Februar 1930</i>	<i>2,8</i>	<i>0,50</i>	<i>1,40</i>	<i>4<sup>2)</sup></i>	<i>0,08</i>	

Abb. 4. Kontrolle des Stoff- und Lohnaufwandes.

1) Höhere Schnittgeschwindigkeit. 2) Schmiedestück.

Natürlich gehören zu diesen Eintragungen auch die Gemeinkosten; diese sind hier jedoch nicht angegeben, weil man hierbei in recht verschiedener Weise vorgehen kann.

Diese Kartei gibt die beste Grundlage für die Nachkalkulation ganzer Erzeugnisse und für die Kontrolle ihrer Selbstkostenentwicklung. Wir sehen also zwei Kontrollfunktionen: die eine, die feststellt, ob alles so abgerechnet ist, wie es wirklich abgelaufen ist, und ob das Ergebnis mit dem Soll übereinstimmt, und die andere, die feststellt, ob die Entwicklung der Kosten eine für das Unternehmen günstige Entwicklung nimmt oder nicht. Daraus sehen wir, daß die Nachkalkulation nicht nur stumpfsinnig Material- und Lohnzettel abrechnen und eintragen darf, sondern mit stets lebhaftem Geist darüber wachen muß, ob nicht plötzlich eine gefährliche Entwicklung eintritt oder ob eine Möglichkeit zu einer Kostenverringerung besteht. In letzterer Hinsicht kann die Nachkalkulation wirken, indem sie dafür sorgt, daß eine bei einem Teil gelungene Verbilligung auch auf alle ähnlichen Teile übertragen wird.

Zu allen müssen aber Maßstäbe vorliegen; darum gebe man der Nachkalkulation die Entwicklungskurve der Verkaufspreise; wenn diese den Lohn- und Stoffkostenerhöhungen folgen, ist es gut, wenn das aber nicht der Fall ist, dann muß billiger gearbeitet werden.

Fähige Werksleiter stellen in solcher Lage der Vorkalkulation und dem Werkzeugbüro die Aufgabe, ein Erzeugnis um ...% zu verbilligen; sie setzen ihnen damit ein Soll vor, das zu erreichen alle unter Kontrolle der Nachkalkulation zusammenzuwirken haben.

### c) Die Gemeinkosten.

Die Kontrolle der Gemeinkosten ist in der Industrie bis heute weit weniger entwickelt als die der Aufbaustoffe und Einzellöhne. Wie die Kontrolle der unter Gemeinkosten verrechneten Stoffe und Löhne zwischen Buchhaltung (Stoffkonten und Lohnkonten) und Betriebskostenrechnung erfolgt, wurde oben erwähnt. Zu ergänzen bleibt aber — und das gilt nun für die gesamte Gemeinkostenkontrolle — wie deren Soll aufgestellt wird.

Soll-Werte können nur für jede Gemeinkostenart für sich gewonnen werden; nötig ist hierzu eine Bemessungsgrundlage, eine Bezugseinheit. Wir erinnern uns, daß man Stoffaufwand und Einzellöhne auf die Fertigungseinheit bezieht. Welches aber sind die Bezugseinheiten für die Gemeinkosten? Zunächst finden wir, daß dafür zahlreiche verschiedener Bezugseinheiten in Betracht kommen; hierbei haben wir zu unterscheiden zwischen der Einheit, auf die wir das Soll der Gesamtsumme einer Kostenart beziehen und der Einheit, auf die wir bei ihrer Aufteilung auf

die verschiedenen Kostenstellen zurückgehen (Einheit für den Verteilungsschlüssel). In jedem Falle muß man auf die Ursache<sup>1</sup> zurückgehen, der eine Kostenart ihre Änderungen verdankt.

Im Rahmen dieser Abhandlung beschränken wir uns auf die wichtigsten Punkte, indem wir die Leser allgemein auf das reichhaltige Schrifttum über Kostenrechnung hinweisen.

Die verschiedenen Kostenarten — in ihren Gesamtsummen betrachtet — lassen sich im wesentlichen in zwei Klassen einteilen. Die einen entstehen dadurch, daß man eine Fabrik hat und betriebsbereit hält, und die anderen dadurch, daß man darin fertigt. Die ersten Gemeinkosten laufen proportional mit der Zeit auf, die anderen proportional mit der Arbeitsmenge (von den sogenannten progressiven und degressiven Gemeinkosten sehen wir hier bewußt ab). Die ersteren — Zeitkosten<sup>2</sup> genannt — werden wir also je Zeiteinheit feststellen, die anderen — die Mengenkosten<sup>2</sup> — je Arbeitseinheit.

In der Praxis führt eine absolut genaue Trennung zwischen Zeit- und Mengenkosten — sofern sie überhaupt möglich ist — leicht zu einer unnötigen Erschwerung der Abrechnung. Ebenso wie man bei der Unterscheidung einzelner Kostenarten nur so weit gehen darf, daß die Höhe der Aufwendungen je Kostenart noch eine Kontrolle vom Standpunkt der Wirtschaftlichkeit rechtfertigt, muß man auch bei der Unterteilung in Mengen- und Zeitkosten eine Genauigkeitsgrenze ziehen. Eine besondere Aufgabe der Kontrolle ist es dann darüber, zu wachen, daß die unvermeidlichen Abweichungen sich innerhalb dieser Grenze bewegen.

### Zeitgemeinkosten.

Wie so oft bei den Betrachtungen über Kontrolle stoßen wir auf die ersten Schwierigkeiten bei der Aufstellung des Soll, und das ist gut so, denn wir werden dadurch gezwungen, unsere Überlegungen anzustellen, bevor Kosten verrechnet sind, anstatt die Ergebnisse betrübten Auges nur hinterher zu betrachten. Wir sollen die Zeitkosten auf die Zeiteinheit beziehen; schon hier tritt die erste Schwierigkeit auf. Die Woche und der Monat sind ungeeignet, weil sie eine verschiedene Anzahl von Arbeitstagen haben. In Betracht kommen gleichgemachte Monate, z. B. nach folgendem „korrigierten“ Kalender für 1931 (Abb. 5) oder die Arbeitsstunde<sup>1</sup>. Beide Einheiten müssen im Arbeitsjahr aufgehen, denn das ist die gesamtkontrollierende Abrechnungsperiode. Dies erfordert eine Schätzung; bei den Arbeitstagen laut Abb. 5 z. B. wird ge-

<sup>1</sup> Vgl. Lorch-Sommer: Rechnungswesen und technischer Betrieb — Die Grundlagen der Plankostenrechnung. Berlin: VDI-Verlag G. m. b. H. 1929.

<sup>2</sup> Die Begriffe „Zeitkosten“ und „Mengenkosten“ wurden von Schmalenbach geprägt. Vgl. Schmalenbach: Der Kontenrahmen. Leipzig: G. A. Gloeckner 1927.

Korrigierter Monat	Dauer	Zahl der Arbeitstage	Korrigierter Monat	Dauer	Zahl der Arbeitstage
Januar	2. 1.—30. 1.	25	Juli	1. 7.—29. 7.	25
Februar	31. 1.—28. 2.	25	August	30. 7.—28. 8.	26
März	2. 3.—30. 3.	25	September	29. 8.—28. 9.	26
April	31. 3.—30. 4.	25	Oktober	29. 9.—28. 10.	26
Mai	1. 5.— 1. 6.	25	November	29. 10.—28. 11.	26
Juni	2. 6.—30. 6.	25	Dezember	30. 11.—31. 12.	26

Abb. 5. Korrigierter Kalender für 1931.

schätzt, daß keine Arbeitstage durch Streik oder höhere Gewalten ausfallen; bei der Arbeitsstunde als Bezugseinheit für die Zeitkosten muß man überdies Überarbeit bzw. Kurzarbeit schätzen.

Bleiben wir beim „korrigierten“ Monat, so können wir auf diese Einheit leicht folgende Gemeinkostenarten beziehen:

Zinsen,  
Abschreibungen,  
verschiedene Versicherungen,  
Miete.

Nun folgen Kostenarten, die wir zwar in der Kostenrechnung auf alle Monate gleichmäßig verteilen, die aber ungleichmäßig anfallen. Für die Heizung sei das Jahressoll z. B. 12000 RM., also das Monatsoll 1000 RM., der Aufwand (wohl zu unterscheiden von dem Einkauf des Heizungsmaterials, der vielleicht auf einmal erfolgt) aber wird nach jährlichen Durchschnittserfahrungen so geschätzt:

Oktober . . . . .	450 RM.
November . . . . .	1800 „
Dezember . . . . .	2650 „
Januar . . . . .	2650 „
Februar . . . . .	2200 „
März . . . . .	1800 „
April . . . . .	450 „
Sonstige Monate . . . .	—
	12000 RM.

Will man dem genau nachgehen, so müßte man einen genaueren Bezugsmaßstab suchen, das ist für den Heizer die Zeit, für den Heizstoffverbrauch der Verlauf der Außentemperatur. Wir sehen also, daß die Wahl der Bezugseinheit auch von der gewünschten Genauigkeit der Kontrolle abhängt.

Bei einem Soll nach dieser Aufstellung sind wir nun in der Lage, jeden Monat das Ist zu kontrollieren; wir erinnern uns hierbei einerseits der Zustandskontrolle der Einrichtungen, das sind in diesem Falle die Heizkessel, Leitungen, Heizkörper und andererseits der Mengenkontrolle des Heizstoffverbrauches.

Ähnlich behandelt man die Beleuchtung; auch Instandsetzungsarbeiten an Gebäuden, Hof, Geleisen sind zweckmäßigerweise zunächst für das ganze Jahr und dann für die einzelnen Monate zu veranschlagen und zu kontrollieren, wenngleich man auch sie in der Betriebsrechnung gleichmäßig über das ganze Jahr verteilt.

Als Zeitkosten, die gleichmäßig mit jedem Monat auflaufen, werden gewöhnlich auch die Gehälter angesehen. Wohl sind die Gehaltsaufwendungen z. B. für Buchhaltung, Betriebsleitung und anderes gleichmäßig, soweit man sich innerhalb gewöhnlicher Beschäftigungsschwankungen befindet. Hier ist also das Monatsoll  $\frac{1}{12}$  des Jahressolls. Es gibt aber auch andere Fälle, von denen wir zwei Beispiele herausgreifen:

a) Man beabsichtigt eine umfassende Neukonstruktion, für die man außer den laufenden monatlichen Gehältern in Höhe von 4000 RM. noch insgesamt 30000 RM. schätzt. Dann müssen, wie oben, die Einzelmonate veranschlagt werden, z. B.

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
4000	4000	5000	6000	7000	8000
Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
8000	8000	8000	8000	6000	6000

Damit haben wir wieder die Kontrollmöglichkeit; in der Kostenrechnung werden wir allerdings die 30000 RM. nicht als Zeitkosten des laufenden Jahres ansehen, sondern sie aktivieren und auf die ganze Zeit verteilen, für die sie nutzbar sein sollen.

b) Die Beschäftigung des Lohnbüros, des Arbeitsvorbereitungsbüros und der Nachkalkulation schwankt mit der Arbeitsmenge der Werkstatt. Wir können feststellen, bei welchem Mehr an Arbeitern im Lohnbüro eine weitere Arbeitskraft nötig ist und bei welchem Mehr an Werkstattaufträgen die Nachkalkulation verstärkt werden muß. Innerhalb gewisser Grenzen haben wir also neben den gleichmäßig auflaufenden Grundgehältern dieser Büros Gehaltssummen, die zu den Mengengemeinkosten zählen, und deren Soll wir daher auf die Arbeitsmenge beziehen müßten. Praktisch wird man dies natürlich nur dann tun, wenn die in Frage kommenden Beträge außerhalb der Genauigkeitsgrenze liegen.

Soziale Abgaben sind leicht zu veranschlagen, wenn man vorher Gehälter und Löhne veranschlagt hat; sie gehören zu den Zeitgemeinkosten natürlich nur insoweit, als ihre Bezugseinheit, nämlich das Gehalt oder der Lohn, hierunter zählt; im übrigen gehören sie zu den Mengengemeinkosten.

Recht schwierig ist die Feststellung des Soll-Verbrauchs von Hilfsstoffen, soweit diese nicht proportional mit der Fertigungsmenge verbraucht werden, wie z. B. Gas für Härten von Zahnrädern, Benzin und Öl für Probelauf von Motoren. Hier bleibt nichts anderes übrig,

als den Verbrauch während längerer Zeit zu beobachten und die günstigste Bezugseinheit zu suchen.

Nehmen wir als Beispiel den Verbrauch an Brenngas<sup>1</sup> in einer Werkstatt, die Gas für einige kleinere Apparate und für einen Trockenofen verbraucht. Der Verbrauch wird unserer Vermutung nach stark von der Menge der zu verdampfenden Feuchtigkeit und damit von der Fertigungsmenge abhängen. Wir beobachten nun während längerer Zeit Fertigungsmenge und Gasverbrauch und finden ein Verhältnis gemäß Abb. 6.

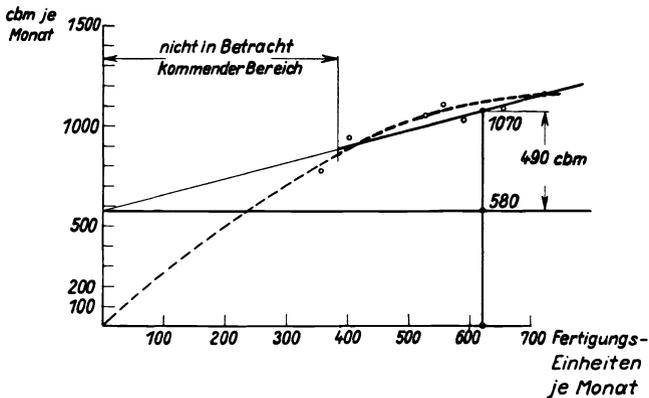


Abb. 6. Hilfsstoffverbrauch, teils fest, teils proportional.

Die gestrichelte Kurve deckt am besten die Erfahrungspunkte, sie verläuft degressiv und könnte ihrem Verlauf nach im Nullpunkt endigen. Aus dieser Kurve könnte man nun das Soll für jede Fertigungsmenge ablesen. Wir ziehen aber, wenn möglich, vor, für den praktisch in Betracht kommenden Bereich von 400—700 Fertigungseinheiten einen gradlinigen Verlauf zu haben. Damit wäre der Grundverbrauch 580 m<sup>3</sup> je Monat = Zeitgemeinkosten und der zusätzliche Verbrauch je Fertigungseinheit =  $\frac{490}{620} = 0,79 \text{ m}^3 =$  Mengengemeinkosten. Hierdurch ist die Kontrolle zwar nicht graphisch, aber doch rechnerisch erleichtert, vor allem ist aber die Kalkulation vereinfacht. So kommen wir zu den

### Mengengemeinkosten.

Wir haben diese oben als solche bezeichnet, die proportional zu der Arbeitsmenge verlaufen. Also haben wir bei der Aufstellung des Soll wieder nach der Bezugseinheit zu suchen. Einfach ist dies bei reiner

<sup>1</sup> Ein sehr wertvolles Beispiel einer Energiekostenkontrolle bringt Seyderhelm (s. Werksleiter 6 (1930) S. 144/46); er hat den Durchschnittsverlauf der elektrischen Stromkosten in Abhängigkeit von der Beschäftigung für ganze Industriezweige festgestellt und gibt damit dem einzelnen Werk eine sehr wichtige Kontrollgrundlage.

Massenfertigung eines einzigen Erzeugnisses; aber wie selten ist dieser Fall in der Praxis? Im allgemeinen benutzt man die Summe der Einzel-löhne, der „produktiven“ Arbeitsstunden, der Arbeiterzahlen, der Fertigungsgewichte, der Stückzahlen. Diese Bezugseinheiten müssen meist nebeneinander benutzt werden; so können Kosten

für Ausglühen . . . . . proportional dem Gewicht  
 „ Kontrolle . . . . . „ der Stückzahl  
 „ soziale Ausgaben . . . . . „ der Lohnsumme  
 „ Berufsgenossenschaft . . . . . „ den Arbeitertagen  
 „ Schneidwerkzeuge . . . . . „ der produktiven Stundenzahl  
 sein.

Wie schwierig es manchmal ist, die richtige Bezugseinheit zu finden, zeigt in Abb. 7 ein Beispiel für Packstoff in einer Maschinenfabrik,

Monat	Packstoffwert	Pack-löhne	Arbeitsstunden	Verpackte Maschinen	Versandgew. kg	Zahl der Verhältnis-Maschinen
1	2	3	4	5	6	7
Januar	1700,—	480,—	600	280	25 000	283
Februar	1800,—	480,—	600	300	31 200	300
März	2000,—	560,—	700	320	44 000	333
April	2240,—	640,—	800	340	65 000	375
Mai	2000,—	680,—	800	320	39 000	333
Juni	2180,—	640,—	750	402	24 000	364
Kleine Masch.	6,—		2		40	
Mittl. Masch.	4,—		1,5		100	
Große Masch.	10,—		3		400	

Abb. 7. Bezugseinheit für Packstoff.

die kleine, mittlere und große Maschinen herstellt. Spalte 2 zeigt den Wert des Verbrauchs, Spalten 3—6 nennen verschiedene Bezugsgrößen. In jeder Spalte sind gleiche Werte durch eine Klammer bezeichnet. Wir sehen, daß jeweils in allen anderen Spalten die zugehörigen Werte nicht gleich sind. Also ist es nicht möglich, in einem späteren Monat aus irgendeiner Zahl, z. B. dem Gewicht der verpackten Maschinen, auf den Soll-Verbrauch des Packstoffs zu schließen. Da keine der Bezugsgrößen geeignet ist, bleibt nun nichts anderes übrig, als auf die letzte Ursache, nämlich den Packstoffbedarf der einzelnen Maschine zurückzugehen. Wir finden bei einer genaueren Untersuchung:

1 mittlere Maschine entspricht in dieser Hinsicht 0,67 kleinen,

1 große Maschine entspricht 1,67 kleinen Maschinen,

da die kleineren Maschinen in Kisten und Holzwolle, die mittleren und

großen in Gestellen verpackt werden. So rechnen wir alle Maschinen auf die eine Klasse um, die hiermit zur Bezugseinheit geworden ist. Wenn nun in einem späteren Monat 150 kleine, 90 mittlere und 36 große Maschinen verpackt wurden, so rechnet sich das Soll des Packstoffverbrauchs sehr leicht aus:

150 kleine Maschinen	× 1 . . . . .	150 Einheiten	
90 mittlere Maschinen	× 0,67 . . . . .	60	,,
36 große Maschinen	× 1,67 . . . . .	60	,,
		270 Einheiten	je 6 RM. = 1620 M.

Ähnlich kann man bei den Packlöhnen vorgehen; wir sehen zunächst in Spalte 4 unten etwas Überraschendes, nämlich daß die Packzeit fast proportional zum Packstoffwert ist; es kommen auf eine Arbeitsstunde 3 bzw. 2,67 bzw. 3,33 RM. Packstoffwert. Wenn wir nun, anstatt in der Packerei gemäß Spalte 3 und 4 den ganzen Tag im Zeitlohn packen zu lassen, den Packern Leistungslohn zahlen, den Zeitlohn für Wartezeit auf Zeitgemeinkosten nehmen und dessen Gesamtbetrag auf 100 Stunden begrenzen (anderenfalls muß ein Packer weniger in der Packerei beschäftigt werden), so haben wir mit einem Schlag den Packlohn kontrollierbar gemacht und eine angenäherte Bezugseinheit für den Packstoffverbrauch gewonnen.

Dieses Beispiel wurde so ausführlich behandelt, weil es zeigt, wie man oft suchen muß, und wie das Ergebnis in verschiedenen Unternehmungen ganz verschieden sein kann, z. B. läßt sich bisweilen das Versandgewicht als Bezugseinheit benutzen. Etwas zweites Typisches zeigt uns das Beispiel, nämlich die Umrechnung verschiedener Erzeugnisse auf eines unter irgendeinem Vergleichsgesichtspunkt. Diese Umrechnung ist in sehr vielen Fällen nötig, z. B. bei der Mengengemeinkostenart „Maschinenkosten“. Es mag eine Maschine in der Stunde 9 RM. Kosten verursachen; leistet sie in 8 Stunden (72 RM. Kosten) vom

Erzeugnis A	80 Stück	
„ B	110	,,
„ C	135	,,
„ D	160	,,

so ergeben sich die folgenden Verhältniszahlen:

Erzeugnis A	1,0
„ B	0,726
„ C	0,593
„ D	0,5

Das Erzeugnis A, das wir als Bezugseinheit wählen, verbraucht in 8 Stunden an Maschinenkosten also 0,90 RM. je Stück. Sind nun in einer bestimmten Zeit die nachstehend genannten Mengen erzeugt, so errechnet sich das Soll der Maschinenkosten wie folgt:

Erzeugnis A	1400 Stück	× 1,0	. .	1400
„ B	500 „	× 0,726	. .	363
„ C	2000 „	× 0,593	. .	1186
„ D	2500 „	× 0,5	. .	1250
				4199 × 0,90 = 3780 RM.

Für die Kontrolle der Gemeinkosten haben wir in den Bezugseinheiten und im Beobachten der entsprechenden Aufwände je Bezugseinheit das nötige Werkzeug gefunden. Wir sind nun in der Lage, an Hand der Monatsstatistik für Arbeiterzahl, Arbeitsstunden, Lohnhöhe, Fertigungsmenge usw. zu sagen, wie hoch sich die einzelnen Kostenarten planmäßig belaufen dürfen. Diese Zahlen kann man auch den einzelnen Dienststellen (Betrieben, Meistereien) „vorgeben“ und ihnen z. B. sagen: Der Gasverbrauch des Betriebes X wird mit  $580 \text{ m}^3 + 0,79 \text{ m}^3/\text{Fertigungseinheit}$  veranschlagt.

#### 4. Haushaltplanung.

Damit ist von unten her die nötige Unterlage für eine vollständige Haushaltplanung<sup>1</sup> geschaffen, die im voraus schon die absoluten Ziffern zu bestimmen hat. Sie muß vom Verkaufsprogramm ausgehen, das sie durch Marktanalyse ermittelt; darnach stellt sie das Fertigungsprogramm für jeden Monat auf. Jeder Betrieb, der in der Lage ist, für die nächsten Monate das Fertigungsprogramm aufzustellen, ist auch in der Lage, nach den oben gegebenen Richtlinien die Beträge der einzelnen Kostenarten zu planen.

Aus den Stücklisten bzw. Mischrezepten entnimmt man den Stoffverbrauch, aus der Akkordkartei die Leistungslöhne, weiter errechnet man die Arbeitsstundenzahlen von Menschen und Maschinen, die Kopffzahlen von Arbeitern und Angestellten und nach obigen Ausführungen die Summen der verschiedenen Kostenarten — alles im voraus.

Diese Sollsummen werden Betriebsleitern und Meistern vorgegeben; Überschreitungen müssen sie verantworten. Bei Einhaltung können Prämien gewährt werden.

#### Methoden der Überwachung.

Soll- und Ist-Zahlen müssen laufend in lebendiger Weise dargestellt und miteinander verglichen werden. Die erste Methode ist die Zahlensammenstellung.

Um nie die Anlehnung an die Wirklichkeit zu verlieren und den Vergleich mit anderen Monaten zu haben, setzt man bei solchen Kostenplanungen zum Vergleich der Ist-Summe des letzten Rechnungsabschnittes die Summe des gleichen Abschnittes des Vorjahrs oder die Durchschnittssumme der letzten 3, 4, 6 oder 12 Monate oder mehrere

<sup>1</sup> Z. f. Organisation 9 (1927) S. 227/32.

dieser Vergleichswerte ein. In denselben Bogen werden dann die neuen Ist-Werte eingetragen; dabei ist es wichtig, nicht nur die Totalabweichung zu kennen, sondern auch zu wissen, wieviel an einzelnen Positionen zuviel aufgewandt und wieviel an anderen gespart wurde; oft erkennt man dabei, daß die Ersparnis nur künstlich ist und der „ersparte“ Betrag im nächsten Monat doch aufgegeben werden muß. Diese Aufstellungen dürfen natürlich nicht Geheimnis der Abrechnung bleiben, sondern müssen in Durchschriften den Abteilungs-, Büro- und Werkstättenleitern zugehen. Abb. 8 zeigt ein Beispiel, wie man bestimmte Gemeinkosten kontrolliert, und zwar die Überwachung der Gesamtsumme. Daß dabei etwas viel Spalten auftauchen, ist kein Nachteil, denn sie interessieren alle, und die letzte Spalte gestattet die glatte Fortsetzung auf dem Plan des nächsten Monats. Außerdem pflegt man in solchen Zahlentafeln sehr leicht und fehlerfrei zu rechnen, da man keine Nebenzettel braucht. Über diesem steht natürlich ein entsprechender Jahresplan, unter ihm ein Kostenstellenplan.

Eine zweite Methode für die Kostenüberwachung besteht in der graphischen Verfolgung nach dem Gantt-Verfahren. Ein Beispiel zeigt Abb. 9. Es ist hier angenommen, daß das Soll der Gemeinkosten für ein halbes Jahr im voraus festgelegt wurde. Die Abbildung zeigt den Stand am 1. April. Man erkennt, daß das Ist für die Gesamtsumme etwa dem Soll entspricht. Dagegen weichen die Einzelbeträge der Gemeinkosten für Betrieb, Vertrieb und Verwaltung so erheblich von dem festgelegten Soll ab, daß man sich entschlossen hat, die Sollwerte für das zweite Vierteljahr zu ändern. Der graphischen Darstellung tritt dadurch eine kleine Schwierigkeit entgegen, daß der absolute Wert des hundertprozentigen Solls nachträglich geändert wurde. Am einfachsten trägt man diesem Umstand Rechnung, indem man den absoluten Maßstab als solchen unverändert läßt und den Endwert des Solls nach rechts bzw. links verschiebt. In Abb. 9 kommt diese Änderung in den eingezeichneten Dreiecken zum Ausdruck. Die vollen Dreiecke nennen das Soll, wie es zu Beginn des Jahres festgelegt wurde, während die leeren Dreiecke die durch die Soll-Änderung bedingte Berichtigung der Feldbreite (bei gleichem Maßstab) darstellen.

Eine dritte Methode ist die graphische Verfolgung der einzelnen Kostenarten, denn die Verfolgung der gesamten Gemeinkosten oder der zwei Klassen Zeit- und Mengengemeinkosten allein ist völlig ungenügend, wenn man den Dingen auf den Grund gehen will. Bei dieser Einzelverfügung benutzen wir natürlich die jeweils günstigste Bezugseinheit als Abszisse. So kommen wir zu den verschiedenen Arten laut Abb. 10 a bis d.

a) Die Darstellung der Summen über den Monaten ist die leider häufig noch übliche, aber völlig unbrauchbare Art. Die Darstellung der

Gruppe: *Zeitgemeinkosten*

Haushaltplan									Monat: <i>Juli</i>	
Kostenart	Mittel-Vorjahr	Soll Durchschn.	Ist Vormonat	Jahresrest	Verfügb. Monatsrest	Soll lfd. Monat	Ist + und -	Ist Summe	Ist ± %	Neuer Jahresrest
Nr	Bezeichnung									
11	<i>Reisen</i>	1930,—	1800,—	1280,—	9900,—	1650,—	+ 250,— — 165,—	1185,—	+ 7,8 %	8715,—

Gruppe: *Zeitgemeinkosten*  
Untergruppe: *Reisekosten*

Haushaltplan — Kostenstellen									Monat: <i>Juli</i>	
Kostenstelle	Mittel-Vorjahr	Soll Durchschn.	Ist Vormonat	Jahresrest	Verfügb. Monatsrest	Soll lfd. Monat	Ist + und -	Ist Summe	Ist ± %	Neuer Jahresrest
Nr	Bezeichnung									
1101	<i>Direktion</i>	440,—	400,—	180,—	1260,—	210,—	— 165,—	—	— 100 %	1260,—
1107	<i>Verkauf</i>	1400,—	1325,—	990,—	7800,—	1300,—	+ 180,—	+ 1115,—	+ 19 %	6685,—
1121	<i>Betrieb</i>	90,—	75,—	110,—	840,—	140,—	+ 70,—	+ 70,—		770,—
		1930,—	1800,—	1280,—	9900,—	1650,—	+ 250,— — 165,—	1185,—	+ 7,8 %	8715,—

Abb. 8. Planung und Kontrolle von Gemeinkosten.

Gesamtsumme über der Gesamtleistung ergibt eine Beschäftigungskurve.

b) Besser ist schon die Darstellung der Kosten je Einheit über den Monaten.

Kostenart	Soll für Jan. & Juni	Maßstab 1mm =	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli
Gemeinkosten									
gesamt	384 000-	3 200-	54 000	64 000	64 000	64 000	64 000	64 000	
Betrieb	240 000-	2 000-	40 000	40 000	40 000	36 000	36 000	36 000	
Vertrieb	120 000-	1 000-	20 000	20 000	20 000	23 000	23 000	23 000	
Verwaltung	24 000-	200-	40 000	40 000	40 000	50 000	50 000	50 000	

Abb. 9. Gemeinkostenüberwachung nach dem Gantt-Verfahren (Original auf  $\frac{1}{10}$  verkleinert).

c) Ein einwandfreies Bild der Kostenentwicklung erlangt man jedoch nur bei der Berücksichtigung der Beschäftigungsziffer. Unter c) sind die absoluten monatlichen Beträge einer bestimmten Kostenart in

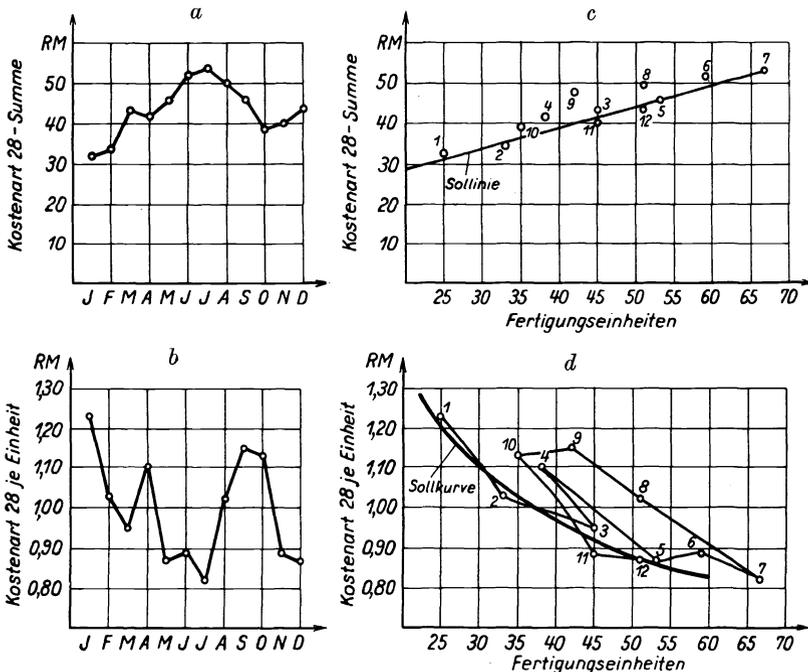


Abb. 10. Graphische Verfolgung einer Kostenart.

Abhängigkeit von der erzeugten Menge dargestellt. Durch Einzeichnen der Soll-Kurve ist der unmittelbare Vergleich zwischen Soll- und Ist-Werten ermöglicht<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Siehe auch Elten: Betriebsüberwachung. Werksleiter 7 (1928) S. 216.

d) Denselben Erfolg wie bei c) erzielt man mit der Darstellung der Kosten je Einheit über der Beschäftigungsziffer.

Ob man im Einzelfall c oder d vorzieht, hängt vom Standpunkt des Betrachters ab; der Betriebsbuchhalter wird c, der Kalkulator d vorziehen. Der Wert dieser Darstellungen liegt darin, daß sie sofort den sachlichen Zusammenhang zeigen. Nach Abb.10c sind im August (8) die Kosten je Einheit hoch, man sieht, die Gesamtkosten sind fast geblieben, aber die Beschäftigung fiel. Auch im September (9) ist die Summe noch nicht so gefallen, wie es die sinkende Beschäftigungsziffer verlangt hätte; aber im Oktober (10) hat man sie genügend heruntergebracht und hat sie im November (11) um weniger als dem Beschäftigungszuwachs entspräche, wachsen lassen. An Abb.10d ist gezeigt, wie man die zeitliche Folge der verschiedenen Kostensätze durch einen Linienzug hervorheben kann.

Für Zeitkosten ist die Art nach Abb.10a natürlich durchaus geeignet, denn diese sind ja in dieser Darstellung auf die richtige Einheit, den Monat, bezogen.

Damit haben wir das Gebiet der Selbstkosten: Stoffkosten, Lohnkosten, Gemeinkosten umrissen, und wir kehren nun zur Kontrolle der Selbstkosten je Stück zurück.

Hierfür wäre es zu verwickelt, alle die verschiedenen Bezugseinheiten zu benutzen. Nun kommt uns die Zweiteilung in Zeit- und Mengenkosten zustatten. Wir haben jetzt grundsätzlich zu entscheiden, ob wir bei den Mengenkosten Stückzahl, Gewicht, Raum oder produktive Arbeitsstunden oder vielleicht mehrere dieser Bezugseinheiten zugrunde legen. Dabei finden wir uns mit der Ungenauigkeit ab, die in der Annahme besteht, als ob nun alle Mengengemeinkosten genau proportional zu der gewählten Mengeneinheit verliefen.

Verschiedene Kalkulationen können also unter Benutzung verschiedener Bezugseinheiten wie die folgenden Beispiele 1 und 2 aussehen, wobei Beispiel 2 für die Mengengemeinkosten zwei Bezugseinheiten benutzt.

I. Aufbaustoff je Stück . . . . .	6,00 RM.
Einzellohn 3,2 Std. je Stück . . . . .	3,20 „
Mengengemeinkosten je Einzellohnstunde 0,90 . . . . .	2,88 „
Proportionaler Teil der Herstellkosten . . . . .	<u>12,08 RM.</u>
Zeitgemeinkosten je Monat 19500 RM.	
Geschätzte Stückzahl: 12000	
Je Stück . . . . .	<u>1,63 „</u>
Herstellkosten . . . . .	13,71 „
Verkaufsmengenkosten <sup>1</sup> 4,5% der Herstellkosten . . . . .	0,62 „
Verkaufszeitkosten <sup>1</sup> je Monat 18000 . . . . .	1,50 „
Selbstkosten Soll . . . . .	<u><u>15,83 RM.</u></u>

<sup>1</sup> Die Verkaufskosten, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, sind natürlich genau so zu behandeln wie die Betriebskosten.



Einheiten sei gemäß Spalte 2 geschätzt. Diese Soll-Werte werden in den Anfangsmonaten überschritten, dann aber läßt das Geschäft nach, und man ist aus einer Voreilung von 300 Einheiten im Februar Ende Mai in eine Nacheilung von 500 Einheiten hineingeraten. Das Geschäft sieht flau aus und man macht neue Monatsschätzungen laut Spalte 5, in die man das bisherige Ist überträgt, um zum Jahressoll, wie man es nun schätzt, zu kommen. Dieses ergibt nur noch einen Monatsdurchschnitt von 850 Einheiten statt 1000. So kontrollieren wir unseren Verkauf, und in unserer Kalkulation haben wir nun rechtzeitig Gelegenheit, den Zeitkostenanteil entsprechend zu erhöhen und zu kontrollieren, ob nun die Verkaufspreise noch genügen. Dabei kann es sein, daß man zwecks erhöhter Werbung die Gemeinkosten sogar in ihrer absoluten Höhe steigert, so daß in der Kalkulation eine doppelte Steigerung auftritt.

Damit sind wir zu dem Punkt zurückgekehrt, von dem die Betrachtung der verschiedenen Kostenarten ausging, nämlich zum Unterschied zwischen Erlös und Selbstkosten.

## 5. Zusammenfassung.

Die Kontrolle der Wertumsätze eines Unternehmens krönt die ganze Kontrollorganisation; die Wertkontrolle hat zwei große Beobachtungsfelder: auf der einen Seite den Markt, auf der anderen Seite das Unternehmen. Aus der Marktbeobachtung entwickelt man den Umsatzplan, daraus leitet man den Fertigungsplan samt dem Plan aller einzelnen Kostenarten ab. Nun ist man in der Lage, einen Gesamthaushaltplan aufzustellen, auf den näher einzugehen hier kein Raum ist<sup>1</sup>. Für die Brauchbarkeit der Kontrolle ist die Wahl richtiger Bezugseinheiten von ausschlaggebender Bedeutung; in stofflicher Beziehung aber — und das sei hier zum Schlusse besonders betont — steht das Gebäude der Wertumsatzkontrolle ganz auf den Sachkontrollen, wie sie in den vorausgegangenen Abschnitten entwickelt sind. Wo der Betrieb falsche Zahlen meldet, muß die beste Kostenverrechnung versagen. Grundsätzlich ist aber die Kostenkontrolle ein Werkzeug, das man dauernd handhaben sollte; mit ihm wird man Schritt für Schritt alle die Schätze heben, die in den Betrieben und den darin tätigen geistigen Kräften enthalten sind.

<sup>1</sup> Siehe Z. f. Organisation 9 (1927) S. 227/32.

## Sach- und Namenverzeichnis.

- Abfüllwaage 94.  
Abnahmekontrolle 12, 195, 226, 237, 257.  
Absackwaage 131, 140.  
ADB 242.  
AEG 80, 88, 89, 115, 160, 237 ff., 295, 305, 330, 341, 342.  
Amperemeter 343.  
Anwesenheitskontrolle 347.  
Arbeitsschauuhr, 324, 333, 342, 346.  
Arbeitszeitkontrolle 347.  
Ardometer 169.  
Ashdown 162.  
Askaniawerke 191.  
Aufstellung von Waagen 129.  
Ausschuß 29, 39, 41, 109.  
Austauschbau 39, 279.  
Autograph 333, 345.  
AWF (Ausschuß f. wirtschaftl. Fertigung) 157, 234, 244, 298, 300.
- Bach, C. von 208.  
Balkenwaage 134.  
Bandschreiber 304, 329.  
Bauplan 36.  
Baurmann 301.  
Beanstandung 221.  
Bedarfwirtschaft 52, 67.  
Benzingzeitrechner 349.  
Berling 301.  
Betriebsbuchhaltung 53, 352.  
Betriebskapital 45, 353.  
Betriebskontrolle 223, 239, 264.  
Bickel, E. Th. 45.  
Blindleistung 158.  
Böhmer u. Co., A., Oberschl. Waagen-fabrik 118, 138, 143, 146.  
Brauer, P. 7, 270.  
Brinell 260.  
Bruhn 332, 336.  
Bruhn-Recorder 336.  
Büchting, M. U. 167.  
Busse, W., u. J. Perl & Co. 90.  
Buxbaum, B., Dr.-Ing. 224, 321.
- Chronodograph (ITG) 333.  
Chronos 141.  
Clark, W. 351.  
Continente Toledo G. m. b. H. 94, 95, 120, 124, 126, 127, 128.  
Cumulus-Werke 168.
- Dampfkesselüberwachung 182.  
Debro (Paul de Bruyn G. m. b. H.) 308, 329, 331, 338.  
Debro-Zeitschreiber 308.  
Deutagraph 336.  
Dezentralisierte Lagerorganisation 46.  
Dezimalwaage 123, 132, 134.  
Diagnostiker (Peiseler) 301, 307, 313, 328, 340, 343, 344.  
Dienstanweisungen 38, 248, 268.  
DIN 13, 16, 276.  
Dinse-Maschinenbau AG. 117, 120, 132.  
Dortmunder Union 215.  
Dosiermaschinen 106, 108.  
Drehzahlmessung 161.  
Dresdner, A. (Merseburger Waagen-fabrik) 95.  
Durchflußmesser 103, 104.
- Eckardt, I. C., AG. 331, 342.  
Eckenberg, W. 293.  
Eichfehlergrenze 147, 148.  
Eignungskontrolle 5, 297.  
Einheiten 12.  
Einkauf 264.  
Einzelgewichtskontrolle 128.  
Elten, G. 372.  
Energiekontrolle 36, 152.  
Eßmann & Co., A. 133, 139.  
Explosionskalorimeter 181.
- Falz, E. 234.  
Federwaage 134, 139.  
Fehler 109, 142.  
Fehlerquellen 9, 30, 44, 147.  
Fehlerstatistik 39.  
Feuchtigkeitsmessung 181.  
Flüssigkeitswaagen 141.  
Fraenkel, K. H., Dr.-Ing. 7, 293.

- Freund, H., Dr.-Ing. 301, 305, 350.  
 Friedrich 301.  
 Friedrich, A., Prof. Dr. 268.  
**Gantt, H. L.** 20, 351, 370, 372.  
 Gasanalyse 172, 176.  
 Gasmengenmessung 182.  
 Gefahrenketten 10.  
 Gefügeuntersuchung 211.  
 Gegenkontrolle 38, 111.  
 Gemeinkosten 362, 366.  
 Genauigkeit 21, 82, 147, 229, 283.  
 Generlich, F. 178.  
 Geschwindigkeitsmessung 161.  
 Gewichtskontrolle 108.  
 Gewichtstoleranz 93.  
 Giesecke, P. Dr. 103.  
 Gilbreth, F. B. 320.  
 Gmelin, G. 155  
 Goerens, P., Prof. Dr.-Ing. 207.  
 Gottwein, K., Prof. Dr.-Ing. 305.  
 Grässler, H. † 7, 78.  
 Grefe, L., Maschfbk. 103.  
 Grenzmaß 17.  
 Greven 311.  
 Großzahlforschung 28, 263.  
 Grull, W., Dr.-Ing. 1.  
 Grüß 182.  
 Gütekontrolle 4, 43.  
 Gütevorschriften 200, 226, 257.  
**Hartmann & Braun AG.** 183, 188, 300.  
 Hase (Zählschreiber) 329.  
 Häufigkeitskurven 204, 207.  
 Haushälter-Rezsny 341.  
 Haushaltplanung 369.  
 Hennefer Maschinenfabrik C. Reuther  
 & Reisert m. b. H. 131, 132, 141.  
 Hesser, Fr., AG. 106, 107.  
 Hoerschelmann, H. 93, 101, 115.  
 Horn, Th., Dr. 164, 301.  
 Horograph 349.  
**Illgen** 220.  
 Instandhaltung 240, 241.  
 Instrumente mit Maximal- und Mini-  
 malkontakten 155.  
 Internationale Taxametergesellschaft  
 (ITG) 333.  
 Isgus (J. Schlenker-Grusen) 337, 349.  
 Ist-Zustand 1, 12, 67, 79, 115, 122.  
**Junkers Kaloriferwerk, H.** 179, 180.  
**Kalender, korrigierter** 363.  
 Kalkhoff 331.  
 Kalkulograph 349.  
 Kalorimeter 179, 181.  
 Kapital 4, 8, 9, 10, 352.  
 Kartendruckapparate 142.  
 Keep 301.  
 Keinath, G., Prof. Dr.-Ing. 152.  
 Kesselregelung 190.  
 Kesselüberwachung 182.  
 Kessner, A., Prof. Dr.-Ing. 301.  
 Kettenmaße 275.  
 Kienzle Apparatebau 96, 295, 314, 332,  
 342.  
 Kienzle-Autograph 345.  
 Kienzle, O., Dr.-Ing. 1, 105, 278, 279,  
 312, 352.  
 Kienzle Recorder 335, 336.  
 Kirner-Recorder 336.  
 Klingenberg, W. Ferd. Söhne 272.  
 Klinghoff Apparatebau 106.  
 Koch & Kienzle, Dr.-Ing. 53, 55, 81.  
 Kohlenscheidungs-Gesellschaft m. b. H.  
 (KSG) 102, 103.  
 Kontenplan 356.  
 Kontenrahmen 363.  
 Kontrollaufzeichnungen 28, 112, 130,  
 322, 325.  
 Kontrollechef 40, 209, 218.  
 Kontrollketten 36.  
 Kontrollkonto 43.  
 Kontrollkosten 41, 43, 112, 151, 193,  
 218, 289.  
 Kontrollmittel 23, 38.  
 Kontrollorganisation 34, 40, 213, 287.  
 Kontrollpersonen 30, 32, 34, 38, 39,  
 40, 42, 53, 207, 209, 218, 213, 270,  
 271, 291, 320.  
 Kontrollpläne 36.  
 Kontrollstellen 37, 111, 196.  
 Kontrollterminkartei 38.  
 Kontrolluhren 348.  
 Kontrollverfahren 24, 25, 84.  
 Kopp & Haberland, Maschfbk. 135, 136.  
 Korrigierter Kalender 363.  
 Krafft 328.  
 Kranspielzähler 330.  
 Kranwaage 132.  
 Kreisschreiber 331, 332, 338.  
 Krekeler 301.  
 Kretschmar, F., Dr.-Ing. 182, 193.  
 Krönert, J., Dr. 167.  
 Kronenberg, M., Dr.-Ing. 249.  
 Kubikmeterzähler 104.  
 Kurrein, M., Prof. Dr. 301.

- Lagereinrichtungen 71.  
 Lagerergänzung 68.  
 Lagerkontrolle 45.  
 Lagerlisten 50, 58, 62.  
 Lagerordnung 72.  
 Lagerstatistik 66.  
 Lagerverminderung 69.  
 Laue 314.  
 Laufgewichtsgattierungswaage 135, 144.  
 Laufgewichtswaage 134, 145.  
 Leerlaufverbrauch 156, 228.  
 Leicht-Schwer-Waage 140.  
 Leistungskontrolle 160, 229, 360, 361.  
 Leistungsmesser 158.  
 Lieferbedingungen (RAL) 13, 83.  
 Lieferfristen 8, 50, 255.  
 Liesegang, W., Dr.-Ing. 177.  
 Liske, H. 360.  
 Litermesser 106.  
 Litz, V., Dr.-Ing. 80.  
 Loewe-Gesfüle AG. 157.  
 Lorch, W. 363.  
 Losgröße 53, 69, 71.  
 Ludwig, F. 97, 329, 341.  
 Lumograph 331.  
 Marey, E. J. 301.  
 Maschinenkarten 244.  
 Maschinenkontrolle 224.  
 Maßketten 275.  
 Maßkontrolle 7, 270.  
 Materialprüfung 52, 195.  
 Maul, A., Maschfbk. 100.  
 Mehrfachschreiber 188.  
 Mehrfachzeitschreiber 306.  
 Mengendurchsatzplan 81.  
 Mengengemeinkosten 366.  
 Mengenkontrolle 8, 20, 78, 114.  
 Mengenkosten 363.  
 Mengenverluste 112.  
 Mensch 4, 9, 30, 31, 268, 280, 291.  
 Meßgenauigkeit 283.  
 Meßverfahren 22, 85.  
 Meßgeräte 193, 264, 279.  
 Mikrolux (F. Werner AG.) 280.  
 Mindestbestände 65.  
 Mix & Genest AG. 329.  
 Moeller, M., Dr.-Ing. 173, 190.  
 Moisescu 297, 299.  
 Mosso 301.  
 Nachkalkulation 8.  
 Neigungswaage 134, 136, 137, 143, 145.  
 Normung 13, 16, 276.  
 Oberhoff, Dr. 303, 326.  
 Oberschlesische Waagenfabrik, A. Böhm-  
 mer & Co. 118, 138, 143, 146.  
 Organisation 25, 34, 40, 46, 48, 108,  
 213, 287.  
 Orsatapparat 172.  
 Peiseler-Diagnostiker 301, 307, 313, 328,  
 340, 343, 344.  
 Peiseler, G., Dr. 111, 307, 313, 343, 345.  
 Photographische Verfahren 320.  
 Poppelreuter, W., Prof. Dr. 295, 297,  
 303, 307, 314, 338, 339, 342.  
 Prätorius, E. 155  
 Prüfvorschriften 16, 41, 226.  
 Pyrometer 166.  
 Pyro-Werke (Dr. R. Hase) 329 331.  
 RAL (Reichsausschuß für Lieferbe-  
 dingungen) 13, 83.  
 Rauminhalt 101.  
 Rechnungswesen 20, 352.  
 Recorder 335.  
 Refa (Reichsausschuß für Lieferbedin-  
 gungen) 295, 298, 300, 322, 325.  
 Registrierinstrumente 154.  
 Regler 156.  
 Reißmann, A., AG. 149.  
 Reparatur 251, 256, 266.  
 Republic flow meter Co. 189.  
 Reuther & Reisert m. b. H. 131, 132, 141.  
 Rezsny 341.  
 RKW (Reichskuratorium für Wirt-  
 schaftlichkeit) 234.  
 Rockwell 260.  
 Rollgewichtswaage 134, 136, 144.  
 Rotoskop 162.  
 Rütteluhren 334, 337.  
 Sachsenberg, E., Prof. Dr.-Ing. 32.  
 Salomon, C., Dr.-Ing. † 157.  
 Schaltgewichtswaage 134, 136.  
 Schaltneigungswaage 138.  
 Schenck, C., AG. 119, 133, 138.  
 Schlenker-Grusen, J. (Isgus) 337.  
 Schlesinger, G., Prof. Dr.-Ing. 16, 226.  
 Schmalenbach, E., Prof. Dr. 363.  
 Schneidenprüfung 260.  
 Schneider-Arnoldi, Dr. 346.  
 Schnellwaage 134.  
 Schnittgeschwindigkeit 163.  
 Schubert, E. 32.  
 Schüttwaagen 141.  
 Schulz, E. H., Prof. Dr.-Ing. 195.

- Seilzugwaagen 134, 140.  
 Selbstkontrolle 216.  
 Selbstkosten 352.  
 Selbsttätige Feststellung 23.  
 Service-Recorder 336.  
 Seyderhelm, K., Dr.-Ing. 366.  
 Shore, S. 260.  
 Sicherstellung der Wägung 142.  
 Sicherungsmaßnahmen 109, 110.  
 Siegert 178.  
 Siemens & Halske AG. 96, 97, 98, 162,  
 167, 175, 182, 191, 193, 300, 331, 341.  
 Siemens-Banddrucker 97.  
 Siemens-Zeitschreiber 308, 309, 329.  
 Soll-Zustand 1, 2, 12, 67, 79, 115, 122,  
 200, 226, 239, 273, 289, 294.  
 Sommer 301.  
 Sommer, Fr., Dr.-Ing. 363.  
 Standanzeiger 102.  
 Stapelordnung 73.  
 Stichproben 6, 7, 27, 200, 273.  
 Stichwägungen 129.  
 Stoffmengenlisten 79.  
 Stoppuhren 296.  
 Strache-Löffler 181.  
 Strahlungspyrometer 166.  
 Strommesser 156, 157.  
 Stückzahlkontrolle 41, 86, 108.  
 Stückzahlkontrolle nach dem Gewicht  
 92.  
 Stückzählwaagen 93.  
  
 Tacho-Schnellwaagenfabrik G. m. b. H.  
 116, 125, 131, 139, 140, 144, 145.  
 Temperaturmessungen 164, 329.  
 Termine 38, 50, 255.  
 Thermolemente 165.  
 Toleranzen 39, 93, 204, 270.  
 Toussaint, E., Prof. Dr.-Ing. 242.  
 Thun, R. 321.  
  
 Überkontrolle 58.  
 Umbau 244.  
 Unfallschutz 235.  
  
 VDMA (Verein Deutscher Maschinen-  
 bauanstalten) 359.  
 Verbuchung 356.  
 Vereinigte Elektrochem. Fabriken Dr.  
 O. Hahn 110.  
 Vereinigte Stahlwerke AG. 195.  
 Vergleichseinheit für Gewichte 93.  
 Vibrations-Tachometer 162.  
  
 Vielfachmessung 170.  
 Vollproben 6, 7, 27.  
  
 Waagentypen 134.  
 Wächterkontrolluhren 337.  
 Wägefehler 142.  
 Wägevorrichtungen 108.  
 Wägezeit 151.  
 Wärmewarte 185.  
 Wärmewirtschaft 164.  
 Wallichs, A., Prof. 343.  
 Was-War-Wann 332, 334.  
 Werkstoffkontrolle 195.  
 Werkzeuge 256.  
 Werkzeugmaschinen 16, 224, 242.  
 Werner, Fritz, AG. 280.  
 Werzner 343.  
 Widerstandsthermometer 166.  
 Wirkleistung 158.  
 Wirtschaftlichkeit 41, 43, 112, 151, 193,  
 218, 289.  
 Wirtschaftsgleichung 352.  
 Witte, J. M. 297.  
 Wüstehube, E., Dr.-Ing. 301, 305.  
  
 Zählbehälter 71, 72, 89, 91.  
 Zählheiten 90.  
 Zähler 153, 154.  
 Zählerschrank 98.  
 Zählfehler 109.  
 Zählerschreiber 329, 340.  
 Zählstapel 74, 75, 89.  
 Zähl- und Abfüllmaschine 100.  
 Zähluhren 102.  
 Zählwaagen 93, 120.  
 Zählwerk 95, 97, 98, 99, 102.  
 Zeigermeßinstrumente 279.  
 Zeitdauer 5, 20, 293.  
 Zeitdrucker 347, 349.  
 Zeitgemeinkosten 363.  
 Zeitkontrolle 5, 293.  
 Zeitkosten 363.  
 Zeitnehmer 297.  
 Zeitpunktkontrolle 5, 293.  
 Zeitrechner 349.  
 Zeitsäulenschreiber 312.  
 Zeitschreiber (Debro) 308.  
 Zeitstudien 296, 321.  
 Zeitverlustuhr 341.  
 Zeitzähler 342.  
 Zentesimalwaage 134.  
 Zentralisierte Lagerorganisation 47.  
 Zschacke, F. H., Dr. 7, 114.

## Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure

Al letzter Band der Sammlung erschien:

- Bd. VII: Der Mensch im Fabrikbetrieb.** Beiträge zur Arbeitskunde. Bearbeitet von Prof. Dr. med. E. Atzler, Dr. H. Hildebrandt, Prof. Dr. E. Horneffer, Dir. G. Leifer, Dr.-Ing. R. Meldau, Prof. Dr.-Ing. P. Rieppel, Dr.-Ing. e. h. F. Rosenberg, Dr. W. Ruffer, Dr. R. W. Schulte. Herausgegeben von F. Ludwig, Direktor der Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin-Siemensstadt. Mit 147 Textabbildungen und 22 Zahlentafeln. V, 204 Seiten. 1930. Gebunden RM 16.50
- Band I: Der Austauschbau** und seine praktische Durchführung. Bearbeitet von Prof. Dr. G. Berndt, Obering. Th. Damm, Obering. C. W. Drescher, Obering. G. Frenz, Obering. M. Gohlke, Prof. K. Gottwein, Obering. K. Gramenz, Direktor Dr.-Ing. e. h. E. Huhn, Dr.-Ing. O. Kienzle, Obering. G. Leifer, Dir. Dr.-Ing. e. h. J. Reindl. Herausgegeben von Dr.-Ing. Otto Kienzle. Mit 319 Textabbildungen und 24 Zahlentafeln. VIII, 320 Seiten. 1923. Gebunden RM 8.50
- Band II: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten.** Von Kurt Hegner, Direktor der Ludwig Loewe & Co. A.-G., Berlin. Erster Band: **Systematische Einführung.** Zweite, verbesserte Auflage. Mit 107 Bildern. XII, 188 Seiten. 1927. Gebunden RM 15.—
- Band III: Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung** und ihre Hilfseinrichtungen. Bearbeitet von Direktor R. Bussien, Obering. A. Cochius, Prokurist K. Guldenstein, Ing. E. Herbst, Direktor W. Hippler, Dr.-Ing. R. Koch, Ing. H. Mauck, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Prof. Dr.-Ing. O. Schmitz, Dipl.-Ing. E. Simon, Prof. E. Toussaint. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Techn. Direktor der Schuchardt & Schütte A.-G. Mit 574 Textabbildungen und 7 Zahlentafeln. XI, 455 Seiten. 1925. Gebunden RM 28.50
- Band IV: Spanlose Formung.** Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen. Bearbeitet von Dipl.-Ing. M. Evers, Dipl.-Ing. F. Großmann, Direktor M. Lebeis, Direktor Dr.-Ing. V. Litz, Dr.-Ing. A. Peter. Herausgegeben von Dr.-Ing. V. Litz, Betriebsdirektor bei A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel. Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.60
- Band V: Schlosserei- und Montage-Arbeitszeitermittlung** und Zeitbedarf verwandter Handarbeiten. Bearbeitet von Kalkulator M. Belke, Abteilungsvorsteher P. Bothe, Obering. O. Flacker, Dr.-Ing. H. Freund, Prof. K. Gottwein, Direktor K. Hegner, Betriebsdirektor G. Laufs, Ing. Fr. Schleif, Kalkulator W. Schulz, Kalkulator A. Wartus, Dr.-Ing. A. Winkel, Dr.-Ing. E. Wüsthube. Herausgegeben von K. Gottwein, o. Professor an der Techn. Hochschule zu Breslau. Mit 139 Textabb. u. 106 Zahlentaf. VII, 312 S. 1928. Gebunden RM 26.—
- Band VI: Was muß der Maschineningenieur von der Eisen-gießerei wissen?** Bearbeitet von Dipl.-Ing. A. Blotenberg, Obering. H. R. Henning, Dipl.-Ing. F. Janssen, Dr.-Ing. H. Jungbluth, Obering. R. Lehmann, Prof. Dipl.-Ing. U. Lohse. Herausgegeben von Dr.-Ing. A. Lischka †, Mitglied der Geschäftsführung des Vereins Deutscher Eisen-gießereien, Gießereiverbands in Düsseldorf. Mit 243 Abbildungen im Text und auf 8 Tafeln sowie 38 Tabellen. VI, 272 Seiten. 1929. Gebunden RM 25.50

**Die Kontrolle in gewerblichen Unternehmungen.** Grundzüge der Kontrolltechnik. Von Dr.-Ing. **Werner Grull**, München. Mit 89 Textfiguren. X, 226 Seiten. 1921. Gebunden RM 7.—

---

**Die Platzkostenrechnung im Dienste der Betriebskontrolle und Preiskalkulation.** An Hand eines Beispiels aus der Praxis erläutert von Dr.-Ing. **Gottfried Kritzer**, Marine-Ingenieur a. D. (Betriebswirtschaftliche Zeitfragen, Heft IX.) Mit zahlreichen Formularen und einem vollständig durchgeführten praktischen Beispiel. IV, 60 Seiten. 1928. RM 4.50

---

**Hilfsbuch für Betriebsberechnungen.** Mit besonderer Berücksichtigung nomographischer Methoden. Von Ing. **B. M. Konorski**. Mit 46 Nomogramm- und 13 Kurventafeln und einem Linial sowie mit 71 Zahlentafeln und 35 Textabbildungen. IV, 137 Seiten. 1930. In Mappe RM 28.50

---

**Grundlagen der Betriebsrechnung in Maschinenbauanstalten.** Von **Herbert Peiser**, Direktor der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau A.-G. Zweite, erheblich erweiterte Auflage. Mit 5 Textabbildungen. VI, 216 Seiten. 1923. RM 6.60; gebunden RM 8.—

---

**Anwendungen der mathematischen Statistik auf Probleme der Massenfabrikation.** Von Prof. Dr. **R. Becker**, Dr. **H. Plaut** und Dr. **J. Runge**. Mit 24 Abbildungen im Text. VI, 119 Seiten. 1927. Berichtigter Manuldruck 1930. RM 12.—

---

**Technik der Maschinen-Buchhaltung.** Grundsätze und Anwendungsbeispiele. Von **F. Grüner**, beratendem Organisator. Mit 92 Textabbildungen. VI, 198 Seiten. 1928. Gebunden RM 15.—

---

**Wirtschaftlichkeit von Buchungsmaschinen** in der Fabriklohn-, Material- und Auftragsrechnung. Von Dr.-Ing. **Heinz Wegener**. Mit 33 Abbildungen und 31 Tabellen im Text. VII, 96 Seiten. 1930. RM 10.50

---

**Industriebetriebslehre.** Die wirtschaftlich-technische Organisation des Industriebetriebes mit besonderer Berücksichtigung der Maschinenindustrie. Von Prof. Dr.-Ing. **E. Heidebroek**, Darmstadt. Mit 91 Textabbildungen und 3 Tafeln. VI, 285 Seiten. 1923. Gebunden RM 17.50

---

**Betriebswirtschaftslehre der Industrie.** Von Dr.-Ing. **Karl Wilhelm Hennig**, a. o. Professor der Betriebswirtschaftslehre an der Technischen Hochschule Hannover. Mit 57 Textabbildungen und 6 Anlagen. VII, 167 Seiten. 1928. RM 11.—; gebunden RM 12.50

**Lehrbuch der Psychotechnik.** Von Professor Dr. **W. Moede**, Technische Hochschule zu Berlin, Handelshochschule Berlin.

Band I: Mit 320 Textabbildungen. X, 448 Seiten. 1930. Gebunden RM 48.—

---

**Bücher der industriellen Psychotechnik.** Herausgegeben von Professor Dr. **W. Moede**, Technische Hochschule zu Berlin, Handelshochschule Berlin.

Band I: **Richtige Reklame.** Von **Harry Tipper**, **Harry L. Hollingworth** Ph. D., **G. B. Hotchkiss** M. A., **F. A. Parsons** B. S. Autorisierte Übersetzung der 2. Auflage von „Principles of advertising“ von Dr. phil. **H. Hahn**, Nürnberg. Mit einem Vorwort von Professor Dr. **W. Moede**. Mit 122 Abbildungen im Text und 4 mehrfarbigen Tafeln. IX, 468 Seiten. 1928. Gebunden RM 22.50

Band II: **Rationalisierung der Schreibmaschine und ihrer Bedienung.** Psychotechnische Arbeitsstudien. Von Dr.-Ing. **E. A. Klockenberg**. Mit 70 Textabbildungen und 40 Tabellen. VIII, 202 Seiten. 1926.

RM 12.—; gebunden RM 12.90

Band III: **Psychotechnik der Buchführung.** Von **Hugo Meyerheim**. Mit 36 Textabbildungen. IV, 99 Seiten. 1927. RM 7.50; gebunden RM 8.40

Band IV: **Psychotechnische Berufseignungsprüfung von Gießereifacharbeitern.** Von Dr.-Ing. **Wilhelm Bültmann**. Mit 32 Textabbildungen. III, 78 Seiten. 1928. RM 7.50; gebunden RM 8.25

---

**Die psychologischen Probleme der Industrie.** Von **Frank Watts**, M. A., Dozent der Psychologie an der Universität Manchester und an der Abteilung für industrielle Verwaltung der Gewerbeakademie von Manchester. Deutsch von **Herbert Frhr. Grote**. Mit 4 Textabbildungen. VIII, 221 Seiten. 1922. RM 5.50; gebunden RM 7.—

---

**Probleme der sozialen Betriebspolitik.** Vorträge, veranstaltet vom Außeninstitut und vom Institut für Betriebssoziologie und soziale Betriebslehre der Technischen Hochschule zu Berlin vom 10. bis 14. Februar 1930. Herausgegeben von Dr. **Goetz Briefs**, o. Professor der Nationalökonomie. IV, 153 Seiten. 1930. RM 6.60

---

**Das Problem der Industriearbeit.** Mechanisierte Industriearbeit, muß sie im Gegensatz zu freier Arbeit Mensch und Kultur gefährden? Von **Hugo Borst**, Kaufm. Leiter der **Robert Bosch A.-G.** — Die Erziehung der Arbeit. Von Dr. **W. Hellpach**, Staatspräsident und Professor, Karlsruhe. Zwei Vorträge, gehalten auf der Sommertagung 1924 des Deutschen Werkbundes. V, 70 Seiten. 1925. RM 2.—

---

**Licht und Arbeit.** Betrachtungen über Qualität und Quantität des Lichtes und seinen Einfluß auf wirkungsvolles Sehen und rationelle Arbeit von **M. Luckiesh**, Direktor des Forschungslaboratoriums für Beleuchtung der National Lamp Works der General Electric Co. Deutsche Bearbeitung von Ing. **Rudolf Lellek**, Witkowitz, C. S. R. Mit 65 Abbildungen im Text und auf zwei Tafeln sowie einer Farbmustertafel. X, 212 Seiten. 1926. Gebunden RM 15.—

**Richtige Akkorde.** Zugleich ein praktischer Weg zur Rationalisierung der Fertigung besonders im Maschinenbau. Von Dr.-Ing. G. Peiseler. Mit 64 Textabbildungen. VII, 157 Seiten. 1929. RM 9.—; gebunden RM 10.50

---

**Zeitsparende Vorrichtungen** im Maschinen- und Apparatebau. Von O. M. Müller, beratendem Ingenieur, Berlin. Mit 987 Abbildungen. VIII, 357 Seiten. 1926. Gebunden RM 27.90

---

**Kalkulationstabellen zur Bestimmung von Stückzeiten für Handschmiedeformung.** Von Bernhard Preuß, Technischem Kalkulator. V, 73 Seiten. 1929. RM 7.—

---

**Arbeiten aus dem Michel-Institut für Fabrikwirtschaft,** Berlin-Wilmersdorf. Herausgegeben von Ed. Michel, Berat. Ing. **Die Steuerung der Materialbewegung in Fabriken mit Einzel- und Massen-Fertigung.** Praktische Anwendung der Grundsätze von Taylor und Ford. Von Dr.-Ing. M. Ahlburg, Chefassistent. Mit 7 Abbildungen im Text. Mit einem Begleitwort von Ed. Michel. VIII, 110 Seiten. 1929. RM 4.50

---

**Über die Eingliederung der Normungsarbeit in die Organisation einer Maschinenfabrik.** Von Dipl.-Ing. Friedrich Meyenberg, Berlin. V, 67 Seiten. 1924. RM 3.30

---

**Fabrikorganisation, Fabrikbuchführung und Selbstkostenberechnung der Ludw. Loewe & Co. A.-G., Berlin.** Mit Genehmigung der Direktion zusammengestellt von J. Lillenthal. Dritte, von Wilhelm Müller revidierte und ergänzte Auflage. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr.-Ing. G. Schlesinger, Berlin. Mit 133 Formularen. X, 200 Seiten. 1925. Gebunden RM 18.—

---

**Betriebsorganisation in Buchdruckereien.** Von Josef Heilmayer. (Bildet Band 1 der Sammlung: „Technisch-gewerbliche Bücher.“) Mit 66 Beispielen. VIII, 202 Seiten. 1928. Gebunden RM 9.—

---

**Mathematisch-graphische Untersuchungen über die Rentabilitätsverhältnisse des Fabrikbetriebes.** Von Ingenieur Reinhard Hildebrandt. Mit 31 Abbildungen im Text und auf 7 Tafeln. VII, 79 Seiten. 1925. RM 5.10; gebunden RM 6.60

---

**Der Einfluß des Beschäftigungsgrades auf die industrielle Kostenentwicklung.** Von Herbert Peiser, Vorstandsmitglied der Bamag-Meguín A.-G., Berlin. Zweite, neubearbeitete Auflage. (Betriebswirtschaftliche Zeitfragen, Heft 7.) Mit 11 Abbildungen. IV, 51 Seiten. 1929. RM 3.—

---

**Taschenbuch für den Fabrikbetrieb.** Bearbeitet von zahlreichen Fachleuten. Herausgegeben von Prof. H. Dubbel, Ingenieur, Berlin. Mit 933 Textfiguren und 8 Tafeln. VII, 883 Seiten. 1923. Gebunden RM 12.—