

Hans Freund · Ernst Wüsthube

Beitrag zur Frage der
Zeitermittlung und zur
planmäßig-wissenschaftlichen
Arbeitszuweisung bzw.
Gruppenzusammensetzung bei
reinen Handarbeiten auf Grund
arbeitswissenschaftlicher
Untersuchungen besonders an
Schlosserarbeiten

**Beitrag zur Frage der Zeitermittlung
und zur planmäßig-wissenschaftlichen Arbeits-
zuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung bei
reinen Handarbeiten auf Grund arbeits-
wissenschaftlicher Untersuchungen
besonders an Schlosserarbeiten**

Von der
Technischen Hochschule Darmstadt
zur
Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs
genehmigte

D i s s e r t a t i o n

von
Dipl.-Ing. **Hans Freund**
und
Dipl.-Ing. **Ernst Wüstehube**

Tag der Einreichung: 18. 8. 1925
Tag der mündlichen Prüfung: 20. 1. 1926

Referent: Professor Dr.-Ing. E. Heidebroek
Korreferent: Privatdozent Dr.-Ing. E. Bramesfeld

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1927

ISBN 978-3-642-89701-6

ISBN 978-3-642-91558-1 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-91558-1

Dem Gedächtnis unserer Väter:

Herrn Fabrikbesitzer

Eugen Freund

Herrn Fabrikdirektor

Richard Wüstehube

Vorbemerkung.

Die vorliegende Arbeit ist aus der Zusammenfassung zweier Dissertationen entstanden, von denen sich die eine mit der Vorausbestimmung der Arbeitszeit, die andere mit dem Problem der Organisation reiner Handarbeiten befaßt. Beiden Dissertationen liegt in der Hauptsache eine gemeinsame Arbeitsuntersuchung an 1600 Stunden Schlosserarbeit zugrunde. Anregung zur Beschäftigung mit der vorliegenden Materie gaben ursprünglich die unter der Bezeichnung „Kalkulation“ zusammengefaßten Vorlesungen über Industriebetriebslehre von Professor Dr.-Ing. Heidebroek an der Technischen Hochschule zu Darmstadt. Die Gelegenheit zur Durchführung einer arbeitswissenschaftlichen Untersuchung fanden wir in unserer gemeinsamen Tätigkeit als Zeitstudieningenieure in einer größeren Maschinenfabrik. Herrn Professor Dr.-Ing. Heidebroek gebührt unser Dank für sein reges Interesse, das er von Anfang an unserer Arbeit entgegenbrachte. Er hat durch seinen Einfluß äußere Schwierigkeiten, welche die Beendigung der Arbeit zu verhindern drohten, aus dem Wege geräumt und uns durch seinen Rat in wissenschaftlicher Hinsicht kräftig unterstützt. Wertvolle Anregungen bei der Zusammenlegung der ursprünglichen Dissertationen verdanken wir Herrn Privatdozenten Dr.-Ing. Bramesfeld, ebenfalls an der Technischen Hochschule zu Darmstadt.

Die Durchführung der Werkstattuntersuchung ist uns von seiten unserer Direktion in dankenswerter Weise ermöglicht worden. Hierbei gewährte uns die Betriebsleitung jede Unterstützung und stellte uns zur Mitarbeit zwei Meister zur Verfügung, deren praktische Erfahrungen uns wertvolle Dienste leisteten. Es sei besonders darauf hingewiesen, daß die Schlosser, deren Arbeit untersucht wurde, durch ihr verständnisvolles Eingehen auf das für die Untersuchung Nötige zu ihrem Gelingen beitrugen. Man bedenke allein, was es bedeutet, in einem Zeitraum von über $\frac{3}{4}$ Jahren bei jeder Bewegung beobachtet zu werden. Vielfach Rat und Anregung gewährte uns Herr Dipl.-Ing. Flacker, Oberingenieur und Chef der Akkordkalkulation. Allen diesen Herren sei an dieser Stelle bestens gedankt.

Breslau, im Januar 1926.

Hans Freund, Ernst Wüsthube,
Diplom-Ingenieure.

Inhaltsübersicht.

Vorbemerkung	V
Quellenverzeichnis	VII
Berichtigungen	VIII
Einleitung	1
Das Problem der Untersuchung menschlicher Arbeit	1
I. Die Zeitstudie in ihrer Anwendung auf reine Handarbeiten	5
1. Grundsätzliches	5
2. Die Zeitaufnahme an drei Beispielen für zusammenhängende Handarbeiten, die in Verbindung mit Maschinenarbeiten auftreten	9
a) ein Beispiel aus der Federschmiede	9
b) Beispiel an Bohrarbeiten mit Preßlufthandbohrmaschinen	14
c) Beispiele an Nietarbeiten mit einer elektrischen Nietmaschine	16
3. Zeitaufnahme an einer Lokomotivmontage unter besonderer Berücksichtigung reiner Handarbeiten	18
a) Die besonderen Bedingungen für das Zeitstudium in der Zusammenbauwerkstatt und die Gliederung der Untersuchung einer Lokomotivmontage	18
b) Der Untersuchung erster Teil	20
c) Der Untersuchung zweiter Teil (das Zeitstudium der Elementarzeiten)	33
II. Die psycho-physiologischen Bedingungen der Schlosserarbeiten und die Feststellung des Durchschnittsarbeiters auf Grund psychotechnischer Eignungsprüfung	54
1. Grundsätzliches	54
2. Die Physiologie der beruflichen Arbeit	57
3. Die Eignungsprüfung zur Feststellung des Durchschnittsarbeiters	64
III. Technologische Ermittlungen bei spanabnehmenden Schlosserarbeiten zur Ermittlung des Arbeitsbetrages und der sächlichen Einflüsse auf die Arbeitszeit	73
1. Analogie zwischen mechanischer Spanabnahme und Spanabnahme von Hand	73
2. Feststellung der abgespannten Materialmenge an den Bearbeitungsstellen der Achsgabeln von Lokomotiv-Barrenrahmen	77
3. Feilversuch zur Feststellung des Einflusses von Materialfestigkeit und Feilenabnutzung auf die Arbeitszeit und zur Ermittlung der zur Zerspannung der Volumeneinheit benötigten mechanischen Arbeit	92
IV. Der Aufbau einer Zeitermittlungsformel für das Abrichten von Flächen unter Berücksichtigung der technologischen und psycho-physiologischen Bedingungen	107
1. Die Grundlagen für den Aufbau der Zeitermittlungsformel	107
2. Ableitung und Anwendung der Zeitermittlungsformel	112
V. Die planmäßig-wissenschaftliche Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung bei Handarbeiten mit dem Ziele, die richtig bestimmten Akkorde im Betriebe durchzusetzen	118
1. Das Problem der planmäßig-wissenschaftlichen Arbeitszuweisung	118
2. Aufgaben der Arbeitszuweisung, nachgewiesen an einem Beispiel	123
3. Durchführung der Zuweisung einer Schlosser-Gruppenarbeit	130
Schlußbemerkung	145
Anlagen: Arbeiterlebensläufe und 2 Tafeln.	

Quellenverzeichnis.

- Brinell: Ein neues Verfahren zur Feststellung des Abnutzungswiderstandes. Jernkontorets Annaler 1921. Deutsch in Stahleisen 1922 und Präzision 1922.
- Bücher: Arbeit und Rhythmus. Leipzig 1909.
- Cheauveau: Physiologie générale du travail musculaire et de la chaleur animale. Paris 1909.
- Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik Nr. 74: Prüfungsverfahren für Verschleißwiderstand.
- Eisenbahnzentralamt: Merkbuch zum Gedingeverfahren in den Werkstätten (11. März 1921, Januar 1922). Vorläufige Anweisung für die Ausführung von Zeitaufnahmen in Eisenbahnwerken, Eisenbahnzentralamt 7. März 1923.
- Friedrich, Adolf: Die Analyse des Schlosserberufes. Prakt. Psychol., Jg. 1921/22. — Menschenwirtschaft. Z. V. D. I. 1924.
- Gastew: Die Entstehung der Kultur (Wosstanje Kultury, Charkow 1923) zitiert aus Dr. F. Baumgarten. Berlin: Verlag Oldenburg 1924.
- Hegner: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. Berlin: Julius Springer 1924.
- Heidebroek: Industriebetriebslehre. Berlin: Julius Springer 1923.
- Illies: Bearbeitungshärte verschiedener Metalle. Z. Metallkunde 1924.
- Kessner: Die Prüfung der Bearbeitbarkeit der Metalle und Legierungen unter besonderer Berücksichtigung des Bohrverfahrens. Berlin 1918. Forsch.-Arb. Ing.
- Kresta: Über die Berechnung von Handarbeitszeiten. Werkst.-Techn. 1923.
- Lahy-Waldsburger: Taylor-System und Physiologie der beruflichen Arbeit. Berlin: Julius Springer.
- Michel: Wie macht man Zeitstudien? Berlin: VDI-Verlag 1920.
- Münsterberg: Grundzüge der Psychotechnik. Leipzig: J. A. Barth 1920.
- Redens: Verschleißversuche mit Kugellagerchromstahl. Solingen. Stahleisen 1924.
- Resow: Wie komme ich zu einer einheitlichen Gießereikalkulation? Stahleisen 30. Oktober 1924.
- Saniter: Härteprüfung und Widerstand gegen mechanische Abnutzung. Bericht aus dem VI. Kongreß des internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. New York 1912.
- Scheibe: Widerstand der Schienen gegen seitliche Abnutzung. Organ Fortschr. Eisenbahnwes. 1921.
- Serog, Max: Die Suggestibilität, ihr Wesen und ihre experimentelle Untersuchung nebst einer neuen Methode der Suggestibilitätsprüfung. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie.
- Tramm: Psychotechnik und Taylorsystem. Berlin 1921.
- Weiß, G.: Die Muskelarbeit. Ergebn. d. Physiol. Bd. 9.
- Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure: Der Herbertsche Pendelhärteprüfer. 1923.

Einleitung.

Handzeiten als Nebenzeiten. Unser Thema beschäftigt sich mit einem bisher noch wenig durchforschten Gebiete der Arbeitswissenschaft. Die Ermittlung des zeitlichen Ablaufes reiner Handarbeiten begegnet, soweit es sich nicht um einfache rhythmische Vorgänge handelt, erheblichen Schwierigkeiten, die mit der Größe der Zeitkomplexe wachsen. Deshalb beschränken sich die meisten bisherigen Untersuchungen auf die verhältnismäßig kleinen Griffzeiten zur Einrichtung und Bedienung der Werkzeugmaschinen. Gleiche und ähnliche Vorgänge werden zusammengefaßt und ihre Zeiten genormt. Die bei Anwendung solcher Zeitnormen auftretenden Vernachlässigungen bleiben im allgemeinen innerhalb zulässiger Grenzen, denn die Griffzeiten treten ja nur als Teile eines Arbeitsvorganges auf, und zwar stets in Verbindung mit den genau zu berechnenden Maschinenzeiten, so daß die Gesamtzeit allgemein der Wirklichkeit nahe kommt.

Handzeiten als Hauptzeiten. Ganz anders jedoch liegen die Verhältnisse dort, wo die Handzeit unmittelbar zum Fertigungsvorgang gebraucht wird, und zwar derart, daß am Werkstück Bearbeitungsmerkmale auftreten. Hier handelt es sich gewöhnlich um bedeutend größere Zeitkomplexe, deren rechnerische Ermittlung mit Hilfe von Zeitnormen nicht mehr durchführbar ist. Entsprechend der größeren Zahl der anzuwendenden Normen würden sich die Ungenauigkeiten summieren und diese die zulässigen Grenzen überschreiten. Außerdem stellt eine Norm — mathematisch gesprochen — eine Konstante dar. In Wirklichkeit aber ist die Fertigungszeit eine Funktion vieler veränderlicher Größen.

Diese in Gesetze zu kleiden, stellt das Problem der Erforschung menschlicher Arbeit dar.

Problem der Untersuchung menschlicher Arbeit.

Art der Arbeitsuntersuchung an Handarbeiten. Natürlich kann eine einfache Beobachtung mit der Stoppuhr allein — und sei sie auch noch so sorgfältig angestellt — nicht zum Ziele führen. Die Untersuchung menschlicher Arbeit verlangt die Berücksichtigung der verschiedensten Einflüsse, die, soweit sie den Menschen betreffen, mit den Methoden der Psychotechnik und, soweit sie sächlicher Natur sind, auf Grund technologi- scher Erwägungen behandelt werden müssen. Die Ergebnisse

solcher Ermittlungen können einer wissenschaftlichen Betriebsführung nach zwei Richtungen hin nutzbar gemacht werden.

1. **Ergebnis der Arbeitsuntersuchung: Möglichkeit der Akkordbestimmung.** Zunächst einmal handelt es sich um die Vorherbestimmung der Arbeitszeit für die Akkordfestlegung. Diese prognostische Feststellung muß der Forderung einer hinreichenden objektiven Richtigkeit auf der Grundlage des Möglichen, das erreicht werden kann, genügen. Es entspricht keineswegs dem Geiste einer neuzeitlichen Betriebsführung, die Akkorde einem unerreichbaren Ideal entsprechend niedrig zu halten, in der Hoffnung, das Möglichste zu erzielen, wenn Unmögliches gefordert wird. Gewöhnlich kommt dieses Verfahren der „vorsichtigen“ Akkordfestlegung zur Anwendung aus der Angst des Akkordkalkulators heraus, sich nach oben hin zu verschätzen. Die Akkorde müssen dann meistens nachträglich erhöht werden, oft nicht ohne vorangehende unerquickliche Verhandlungen. Beim Schätzen reiner Handzeiten ist die Gefahr von Fehlern aus Mangel an Anhaltspunkten besonders groß. Aus der Zeichnung lassen sich die Einflüsse, welche die Arbeitszeit bestimmen, nicht ablesen. Deshalb gestalten sich die Akkordverhältnisse der Schmiede, Montage, Gießerei usw. besonders schwierig. Hier hinein Klarheit zu bringen und dem Akkordbeamten verlässliche Methoden an die Hand zu geben, ist die erste Aufgabe, die sich aus der Arbeitszeituntersuchung ableiten läßt.

2. **Ergebnis der Arbeitsuntersuchung: Möglichkeit der Organisierung menschlicher Arbeit.** Ein auf der Grundlage des Erreichbaren aufgebauter Akkord legt der Werkstattleitung die Pflicht auf, dafür zu sorgen, daß die Zeit, die der Akkord für einen Fertigungsvorgang vorsieht, auch eingehalten werden kann. Die Organisation der Arbeit, die Verteilung und Vorbereitung muß die Ausnutzung aller bei der Akkordbestimmung vorausgesetzten Möglichkeiten vorsehen. Die Ausnutzung aller Möglichkeiten, die Wirtschaftlichkeit der Fertigung einem Optimum zuzuführen, ist nun das zweite Problem, dessen Lösung der arbeitswissenschaftlichen Untersuchung obliegt.

Problemscheidung bei Verarbeitung der Arbeitsuntersuchung. Der grundsätzliche Unterschied, der jedes der beiden erwähnten Probleme charakterisiert, ist folgender: Der Ingenieur im Betriebe hat es mit bestimmten Personen zu tun, deren individuelle Eigenheiten berücksichtigt werden müssen, wohingegen der Akkordbeamte diejenigen, welche die Arbeit ausführen, nicht kennt und daher einen bestimmten Typ, den Durchschnittsarbeiter, annehmen und seinen Betrachtungen unterstellen muß.

Engeres Problem der Organisierung menschlicher Arbeit. Die Arbeitszeitermittlung findet praktisch ihren Niederschlag in der Akkordbestimmung. Die Forderung, die im Akkord vorgegebene Zeit einhalten

zu können, bedingt eine Arbeitszuweisung an den für die Arbeit besonders geeigneten Mann, oder bei Gruppenarbeit eine geeignete Zu-

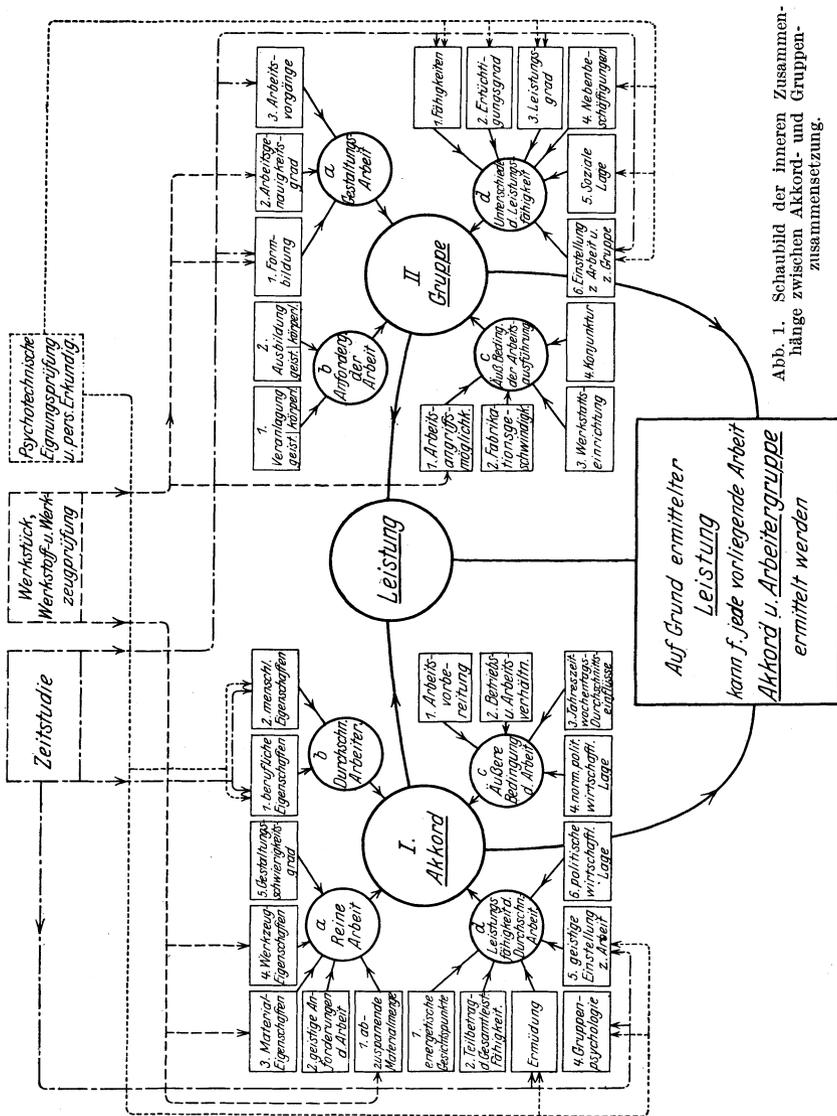


Abb. 1. Schaubild der inneren Zusammenhänge zwischen Akkord- und Gruppenzusammensetzung.

sammenstellung der Gruppe. Die richtige Zusammensetzung der Gruppe bildet somit den Brennpunkt der Organisierung menschlicher Arbeit.

Aufbau von Akkord und Gruppe. Wie man zum Aufbau von Akkord und Gruppe gelangt, zeigt die schematische Darstellung Abb. 1. Am

Kopf dieser Übersicht sind die drei Grunduntersuchungen angeführt, die nach Maßgabe der Linienzüge zur Ermittlung der Faktoren führen, die den Akkord und die Gruppe bestimmen. Diese Faktoren sehen wir in Gruppen zusammengefaßt um die beiden Hauptbegriffe „I Akkord“ und „II Gruppe“ angeordnet.

Arbeitsgebiete von Akkordbüro und Betrieb. Der Plan Abb. I stellt aber auch einerseits durch seine Zweiteilung (Akkord—Gruppe) die Trennung der wissenschaftlichen Probleme des Akkordbureaus und Betriebes dar. Andererseits wird jedoch auch ersichtlich, daß durch die gemeinsamen Interessen an den gleichen Untersuchungsgrundlagen ein innerer Zusammenhang zwischen Akkordbureau und Betrieb besteht.

Gliederung vorliegender Abhandlung. Die folgende Abhandlung ist in fünf Hauptteile gegliedert:

- I. Die Zeitstudie und ihre Anwendung auf reine Handarbeit.
- II. Die psycho-physiologischen Bedingungen der Schlosserarbeit.
- III. Technologische Ermittlungen bei spanabhebender Schlosserarbeit.
- IV. Aufbau der Kalkulationsformel unter Berücksichtigung der technologischen und physiologischen Bedingungen.
- V. Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung unter dem Ziel, im Betriebe den nach IV ermittelten Akkorden zur Existenz zu verhelfen.

Inhaltsübersicht vorliegender Abhandlung. In Kapitel I wird die Anwendung des Zeitstudiums auf reine Handarbeiten nach zwei Richtungen hin erörtert, und zwar soll einmal gezeigt werden, daß eine Zeituntersuchung in rohen Umrissen, die in der Hauptsache im Auge hat, die einzelnen Zusammenhänge untereinander zu studieren, oft schon zu brauchbaren Erfolgen führt. Dieser Aufgabe sind drei einzelne Beispiele (I, 2a—c) sowie der erste Teil der Montageuntersuchung (I, 3b) gewidmet. Der zweite Teil der Montageuntersuchung (I, 3c) befaßt sich hingegen mit dem Studium der Elemente reiner Schlosserarbeiten und soll in Verbindung mit der psychotechnischen Untersuchung (Kap. II) und der technologischen (Kap. III) schließlich dazu führen, das Problem der Vorherbestimmung der Zeiten für reine Schlosserarbeiten (Kap. IV) zu lösen. Ein Vorschlag, wie die auf der Grundlage des Erreichbaren aufgebauten Akkordzeiten für Handarbeiten vom Betriebe eingehalten werden können, soll die Abhandlung beschließen (Kap. V).

I. Die Zeitstudie in ihrer Anwendung auf reine Handarbeiten.

1. Grundsätzliches.

Methodik des Zeitstudiums. Die Praxis des Zeitstudiums hat eine Methodik herausgebildet, nach der eine Zeituntersuchung in mehreren Etappen vonstatten geht¹⁾ ²⁾. — Zunächst einmal werden die einzelnen Vorgänge eines Fertigungsauftrages der Reihe nach festgestellt und mit Zeitangaben versehen. Der erste Schritt besteht also lediglich in einer Aufzeichnung des Arbeitsganges, wie er in der Werkstatt ausgeführt wird. Daran schließt sich zweitens eine kritische Betrachtung, die die Aufgabe hat, Fehler zu erkennen, um drittens die Durchführung eines verbesserten Arbeitsganges einzuleiten, bei der die ermittelten Fehler vermieden werden. Die vierte Stufe ist abermals eine Zeitstudie zur Feststellung der Herstellungszeiten der neuen Arbeitsweise. Die hierbei ermittelten Werte werden sodann fünftens zur Bildung von Kalkulationsunterlagen ausgewertet.

Prinzip der Zerlegung und Zusammensetzung. Wir erkennen, daß dem Zeitstudium das Prinzip der Zerlegung und Zusammensetzung zugrunde liegt. Wie weit man in der Unterteilung der einzelnen Vorgänge eines Fertigungsauftrages zu gehen hat, ist von der Art des zu untersuchenden Gegenstandes abhängig. Man wird dementsprechend entweder das Studium der elementaren Einzelheiten in den Vordergrund stellen oder sich mit der Zeitangabe mehr oder weniger zusammenhängender Vorgänge begnügen.

Zerlegung der Arbeit in Griffelemente. Zur Ermittlung von Zeitnormen — etwa für die Griffzeiten zur Einrichtung und Bedienung der Werkzeugmaschinen — ist es erforderlich, eine genügend große Anzahl Messungen kleinster Griffelemente zugrunde zu legen, um allgemein gültige, von der Zufälligkeit des Einzelfalles unabhängige Werte zu erhalten. Zur Aufstellung der Zeitnormen werden dann die Zeiten gleicher und ähnlicher Arbeitsvorgänge auf ein Mittel abgestimmt (Mittelwertsmethode, Durchschnittsminimamethode).

¹⁾ Hegner: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. S. 70. Berlin: Julius Springer 1924.

²⁾ Michel: Wie macht man Zeitstudien? Berlin: VDI-Verlag 1920.

Griffgruppen und Zeitnormen. Für gewisse Zusammenbauarbeiten, wie überhaupt für jede Verrichtung, die aus einer in sich geschlossenen — im allgemeinen kleineren — Gruppe von Griffen in wiederkehrender, stets gleichbleibender Zusammensetzung besteht, ist die Bildung von Zeitnormen ebenfalls möglich. Dieses Verfahren kommt in den Reparaturwerkstätten der Reichsbahn zur Anwendung¹⁾ ²⁾ und ist ein Beispiel der Bildung von Zeitnormen für Arbeitskomplexe.

Grenzen der Zeitnormen. Der Bereich der Normen ist jedoch, wie eingangs ausführlich dargetan (S. 1), begrenzt, und daher werden wir, sofern es sich um Handarbeiten in größerem Zusammenhang handelt, andere Wege einschlagen müssen. Solche zusammenhängende Arbeitsvorgänge kommen im allgemeinen bei den reinen Handarbeiten vor, das sind solche Arbeiten, die ohne Verbindung mit Maschinenarbeiten geleistet werden.

Das Studium zusammenhängender Handzeiten. Hier muß zunächst unser Hauptaugenmerk auf den Zusammenhang der Vorgänge untereinander und erst in zweiter Linie auf ihre Elemente gerichtet sein. — Wo die Handzeit in enger Verbindung mit der Laufzeit einer Maschine steht, ist eine gewisse Zwangsläufigkeit des Arbeitslaufes gegeben, die bei reiner Handarbeit nicht gewährleistet ist. Die Willkür, sowie auch verschiedene unwillkürliche subjektive Momente der am Vorgang selbst beteiligten Arbeiter als auch derjenigen, mit denen sie Hand in Hand arbeiten, beeinflussen den Arbeitsverlauf in der verschiedensten Weise. Die erste Zeitaufnahme wird sich dann in der Hauptsache damit zu befassen haben, den Zusammenhang der Teile eines längeren Arbeitsverlaufes zu studieren. Ist die Feststellung der Elementarzeiten erforderlich, so wird man sie der zweiten Aufnahme zuweisen.

Zusammenhängende Handzeiten in Verbindung mit Maschinenzeiten. Aber auch in Verbindung mit Maschinenarbeiten treten Handarbeiten in großen Zusammenhängen auf. Je nachdem die Zeiten der Hand- oder Maschinenarbeiten überwiegen, ist auch der Grad der Zwangsläufigkeit verschieden. Ist die Handzeit vorherrschend, dann wird der Vorgang dem reiner Handarbeit nahe kommen. — Zur besseren Übersicht über die verschiedene Handhabung des Zeitstudiums an den hier besprochenen Arbeitsgruppen diene die tabellarische Zusammenstellung (Tabelle 1).

Erläuterung der tabellarischen Übersicht (Tabelle 1) über die verschiedenen Handhabungen des Zeitstudiums. Aus dieser Zusammenstellung erkennen wir, daß die Gruppen III und IV grundsätzlich die

¹⁾ Merkbuch zum Gedingeverfahren in den Werkstätten (11. März 1921, Januar 1922).

²⁾ Vorläufige Anweisung für die Ausführung von Zeitaufnahmen in Eisenbahnen. Eisenbahnzentralamt 7. März 1923.

Tabelle 1.
Gliederung der Handzeiten in 4 Gruppen hinsichtlich der anzuwendenden Methode für eine Zeituntersuchung.

Stufen der Zeitstudie	Zeitaufnahmen zur Ermittlung der Zeitnormen		Zeitaufnahmen zur Ermittlung der Zeiten zusammenhängender Handarbeiten
	für Griffzeiten zur Einrichtung und Bedienung der Werkzeugmasch. Diese Griffzeiten treten in enger Verbindung mit genau feststellbaren Maschinenzeiten auf	für geschlossene Gruppen von Griffen (Komplexe) bei gleichbleibender Zusammensetzung	
1. Zeitaufnahme	I Feststellung der Elemente und ihrer Zeiten	II Feststellung der Arbeitskomplexe und ihrer Zeiten	III Feststellung der Zusammenhänge aller Teile über den ganzen Arbeitsverlauf hin
2. Zeitaufnahme	Wahl der Maschine und des Werkzeuges, Fertigungsweise, Arbeitsvorbereitung, Arbeitsorganisation, Arbeitsausführung		
3. Verbesserungsmaßnahme hinsichtl. der	unter 2 festgestellten Fehler		
4. Zeitaufnahme	Feststellung der Elemente des verbesserten Vorganges und ihrer Zeiten	Feststellung der Arbeitskomplexe des verbesserten Vorganges und ihrer Zeiten	Feststellung der Zusammenhänge aller Teile über den ganzen Arbeitsverlauf hin bei verbessertem Arbeitsvorgang, gegebenenfalls Untersuchung der Elemente und ihrer Zeiten
5. Auswertung d. 2. Zeitaufnahme z. Akkordbildung	Anwendung der Minimalmethode oder d. Durchschnittsmethode	Anwendung der Durchschnittsmethode	Graphische Zusammenstellung der in 4 ermittelten Werte

gleiche Untersuchungsmethode verlangen. Handarbeiten also, die nur in loser Verbindung mit den Maschinenarbeiten stehen, können allgemein wie reine Handarbeiten behandelt werden. Eine scharfe Trennung zwischen Gruppe I und III ist jedoch nicht immer möglich. Zwischen ihnen besteht nur ein gradueller Unterschied, der dadurch bedingt ist, wie weit die Maschinenzeit die Zwangsläufigkeit des Arbeitsfortschritts gewährleistet. Eine Sonderstellung nimmt Gruppe II ein. Obgleich es sich hier meistens auch um reine Handarbeiten handelt, unterliegen die Vorgänge doch einer gewissen gesetzmäßigen Zwangsläufigkeit. Bei der Wiederholung einer sich stets gleichbleibenden Reihenfolge von — im allgemeinen nur wenigen — Griffen tritt eine gewisse Automatisierung der Bewegungen in Erscheinung, so daß der Ablauf des Arbeitsganges immer derselbe ist. — Mitunter sind die Bewegungen an sich nicht einfach genug, um zu einer Automatisierung zu führen, z. B. immer dann, wenn hohe Anforderungen an das Gelenkempfinden, das Augenmaß, den Tastsinn und dgl. gestellt werden. Es tritt dann jedoch eine gewisse Automatisierung der Bewußtseinsvorgänge auf, derzufolge alle Bewegungen in richtiger, einmal befestigter Reihenfolge und bei zeitlich einigermaßen gleichem Einsatz erfolgen.

Die Arbeitsvorgänge der Gruppe I fallen nicht in den Rahmen unserer Betrachtung. Auch die Bildung der Zeitnormen entsprechend der Gruppe II braucht nicht näher erörtert zu werden, weil es sich hier lediglich um die Errechnung von Mittelwerten aus einer genügend großen Zahl einzelner Beobachtungen handelt. Ein jeweiliger Hinweis auf die Arbeitsgänge, die für diese Gruppe charakteristisch sind, möge den Unterschied klarstellen, der zwischen ihnen und den Handarbeiten der Gruppen III und IV besteht.

Wahl der Beispiele für das Zeitstudium an Handzeiten. Die nachfolgenden Betrachtungen sind in der Hauptsache den Zeitaufnahmen der Gruppen III und IV gewidmet. An drei einzelnen Beispielen soll zunächst das Zeitstudium an Handarbeiten der Gruppen IIIa, b und c erläutert werden. Im Vordergrund des Interesses steht hier die Untersuchung der Zusammenhänge der Teile eines Arbeitsverlaufes miteinander. Das gleiche gilt auch zunächst für die daran anschließende Untersuchung aus einer Lokomotivmontage, die in der Hauptsache Gelegenheit bietet, die Zeituntersuchung reiner Handarbeiten (Gruppe IV) kennenzulernen. Auch hier wird zunächst das Ineinandergreifen der einzelnen Stufen studiert und die Organisation der Arbeit einer Kritik unterzogen. Darauf werden einzelne, dafür besonders geeignete spezielle Schlosserarbeiten auch auf ihre Elemente hin untersucht, wodurch Aufschluß über die eigentliche Zusammensetzung der Arbeitsweise der einzelnen Arbeiter erhalten und Unterlagen für die Vorherbestimmung der Arbeitszeit gewonnen werden.

Zweck der Abhandlung über Zeitstudien. Der Zweck dieser Abhandlung über Zeitstudien möge sein, ihre Möglichkeiten, aber auch ihre Grenzen darzutun. Wie aus der Darstellung Abb. 1 (S. 3) zu ersehen ist, bildet die Zeitstudie nur eine der drei Quellen, aus denen die Arbeitswissenschaft schöpfen muß, um das Problem der Arbeitszeitermittlung zu lösen.

2. Die Zeitaufnahme an drei Beispielen für zusammenhängende Handarbeiten, die in Verbindung mit Maschinenarbeiten auftreten (Gruppe III, Tabelle 1).

a) Ein Beispiel aus der Federschmiede.

Handarbeiten, die nur in loser Verbindung mit Maschinenarbeiten stehen, also zur Gruppe IV unseres Schemas (Tabelle I, Seite 7) gehören, können in der Regel wie reine Handarbeiten behandelt werden. Besondere Beachtung verdient lediglich der Umstand, daß die Fertigungsgeschwindigkeit der Maschine mit der der Menschen vollkommen übereinstimmen muß.

Notwendigkeit der Übereinstimmung der Fertigungsgeschwindigkeit von Maschinen und Menschen. In der Praxis trifft das nur sehr selten zu, denn die Maschine — als der zeitlich konstante Faktor — ist gewissermaßen tonangebend und zwingt den arbeitenden Menschen ihr Tempo auf. Dabei kommt die Handarbeit allgemein zu kurz. Sie geht langsamer vonstatten, als es der Leistungsfähigkeit der Arbeiter entspricht, und diese werden deshalb nicht voll ausgenützt. Ein Beispiel aus der Federschmiede soll dies näher veranschaulichen.

Fertigungsstufen bei der Herstellung von Lokomotivpufferfedern. Die Herstellung von Lokomotivpufferfedern geht folgendermaßen vor sich:

1. Auf Länge schneiden.
2. Enden auswalzen.
3. Wickeln.
4. Härten.
5. Anlassen.

Entsprechend diesen fünf Fertigungsstufen wird der Fertigungsauftrag in Form von fünf Gruppenakkorden der Werkstatt übergeben. Eine Akkordreklamation der Wicklerkolonne gab Anlaß, eine Zeituntersuchung einzuleiten. Da die fünf Kolonnen Hand in Hand arbeiten, besteht für alle die gleiche Fertigungsgeschwindigkeit, d. h. durch jede Kolonne muß in gleicher Zeit die gleiche Stückzahl geleitet werden. Es entsteht zunächst die Frage, ob die fünf Kolonnen derart aufeinander abgestimmt sind, daß die von allen gleichmäßig einzuhaltende Zeit auch durch die Arbeit jeder einzelnen ausgefüllt ist, oder ob die eine oder andere durch Warten auf Anlieferung der Stücke von der vorhergehenden Gruppe Zeitverluste erleidet. Eine Zeitbeobachtung in groben Umrissen zeigte, daß die Fertigungsgeschwindigkeit von der

Gruppe II abhängt, d. h. daß nur diese ununterbrochen arbeiten kann, während die nachfolgenden mehr oder weniger auf Anlieferung warten müssen. Daraus ergab sich die Forderung, die Leistung dieser Kolonne zu steigern. Die Arbeitsweise der Gruppe II sei durch Schema, Abb. 2, dargestellt.

Arbeitsweise der Fertigungsstufe 2. Die Arbeitsgänge 1 bis 5 werden für das eine, 6 bis 9 für das andere Stück verwendet. Im Ofen können gleichzeitig 6 Stück eingehalten werden. Die Anwärmezeit für das erste Ende beträgt etwa 21 Min., für das zweite nur 13 Min. Die Bearbeitung der ersten Enden an 6 Stück hintereinander (Arbeitsgang 2 bis 5) dauert ungefähr 11 Min., die der zweiten Enden (6 bis 9) ungefähr 9 Min. Die Arbeitszeit ist demnach geringer, als die Zeit der Erwärmung. Den Verlauf der dadurch entstehenden Fertigungsweise zeigt Abb. 3.

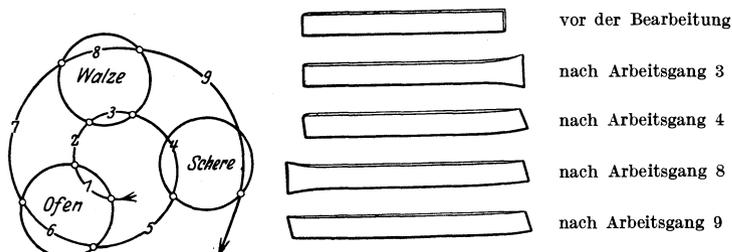


Abb. 2. Schema einer Teilfertigung in der Federschmiede (Lokomotiv-Puffer-Federn: Federn auswalzen.)

Arbeitsgänge.

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Einlegen in den Ofen. | 6. Einlegen in den Ofen. |
| 2. Weg: Ofen → Walze. | 7. Weg: Ofen → Walze. |
| 3. Auswalzen. | 8. Auswalzen. |
| 4. Weg: Walze → Schere und Schneiden. | 9. Weg: Walze → Schere und Schneiden. |
| 5. Weg: Schere → Ofen. | |

Erläuterung der graphischen Darstellung, Abb. 3: „Bisherige Arbeitsweise“. Auf der Abszissenachse ist die Zeit in Minuten eingetragen. Die Ordinatenachse erhält eine gleichmäßige Einteilung, bei der jede Teilung einem Arbeitsstück entspricht. Die treppenförmig zusammengesetzten gekreuzt schraffierten und geschwärzten Rechtecke stellen die Vorgänge 2 bis 6 und 7 bis 9 und 1 (1 für ein Stück der nächsten Serie) dar. Diese Bearbeitung geht an 6 Stück in einer Reihe hintereinander vor sich. Die Darstellung beginnt mit dem Vorgang 7 am Stück 1 nach erfolgter zweiter Erwärmung. Man sieht, daß das Stück 7, also das erste Stück der nächsten Serie, fast gleichzeitig mit dem Vorgang 5 des ersten Stückes in den Ofen gelegt wird. Der kleine zeitliche Unterschied d zwischen dem Einlegen des 7. Stückes und der Inangriffnahme von Vorgang 7 am ersten ist dadurch bedingt, daß das 7. Stück erst eingelegt werden kann, nachdem Stück 1 aus dem Ofen genommen worden ist. Nach Erledigung des Vorganges 9 am

6. und 1 am 12. Stück tritt die Wartezeit V_1 auf, bis Stück 7 auf die nötige Wärme gebracht ist. Dann beginnt der Arbeitsvorgang 2 bis 5 am 7. Stück und daran anschließend am 8., während das 7. zur zweiten Erwärmung wieder eingelegt wird — und so fort bis zum Stück 12, wo dann die Wartezeit V_2 bis zur Erwärmung auf die richtige Temperatur des 7. Stückes folgt. Darauf beginnt das Spiel von neuem.

Fertigungszeit je Stück. Dieses ist also der Vorgang, wie er in der Werkstatt durch die erste Zeitaufnahme ermittelt wurde. Die Zeit zur Fertigung von 6 Stück einschließlich der Verluste beträgt 0,74 Stunden, je 1 Stück $0,74 : 6 = 0,123$ Stunden, und da der Walzer und sein Helfer daran beteiligt sind, muß der Akkordzeit $2 \cdot 0,123 = 0,25$ Stunden als reine Arbeitszeit zugrunde gelegt werden.

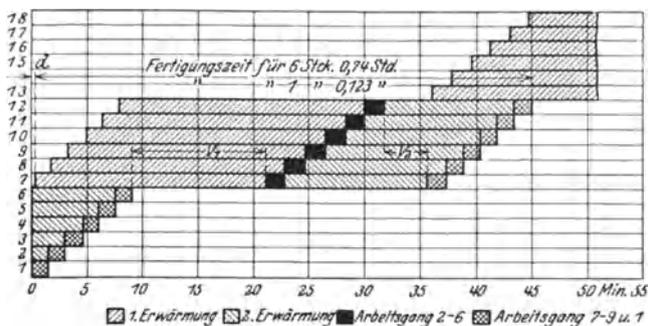


Abb. 3. I. Bisherige Arbeitsweise: 2 Mann ohne Arbeitsstellung und gleichzeitiges Einhalten von 6 Stück in den Ofen.

Kritik des Verfahrens und Verbesserung desselben. Die Kritik des Verfahrens hat sich in der Hauptsache damit zu befassen, ob die Verlustzeiten V_1 und V_2 nicht zu vermeiden sind, da während dieser Zeit weder die Leute noch die Maschine ausgenutzt werden können. Es gilt daher, die Leistung des Ofens zu erhöhen, z. B. durch gleichzeitiges Einhalten einer größeren Anzahl Stücke. — Durch eine Vorrichtung ist es möglich, die Federn nicht flach, sondern hochkant in den Ofen einzulegen, wodurch 12 Stück nebeneinander Platz haben. Diese Vorrichtung besteht im Anbringen vertikaler Löcher in der Ofentür. — Der Verlauf der Fertigung würde dann entsprechend der graphischen Darstellung, Abb. 4, vonstatten gehen.

Erläuterung der graphischen Darstellung (Abb. 4) der verbesserten Arbeitsweise. Die Verlustzeit, die vorher durch die zweite Erwärmung entstanden war, ist hierbei ganz vermieden. Nur durch die erste Erwärmung entsteht noch eine Wartezeit V , die jedoch erheblich kleiner als die entsprechende Wartezeit V_1 der vorhergehenden Arbeitsweise

ist, und die sich außerdem nicht auf 6, sondern auf 12 Stück verteilt.

Fertigungszeit je Stück. Danach beträgt die Fertigungszeit für 12 Stück 0,99 Stunden, je Stück 0,0825, und die Akkordgrundlage (reine Arbeitszeit für 2 Mann) 0,165 Stunden gegenüber 0,25 vorher.

Kritik des verbesserten Verfahrens und weitere Verbesserungsmaßnahmen. Auch der bei dieser Einteilung noch auftretende Verlust V läßt sich bei Anwendung noch höherer Ofenleistung und einer entsprechenden Gruppenzusammensetzung vermeiden. Bei den bisher besprochenen Arbeitsweisen vollführen Walzer und Helfer alle Arbeitsvorgänge gemeinsam. Der Walzer ist also auch an der Transportarbeit beteiligt. Der Helfer seinerseits steht müßig neben dem Vorgang des Auswalzens. Es soll nunmehr eine Arbeitsteilung vorgenommen werden

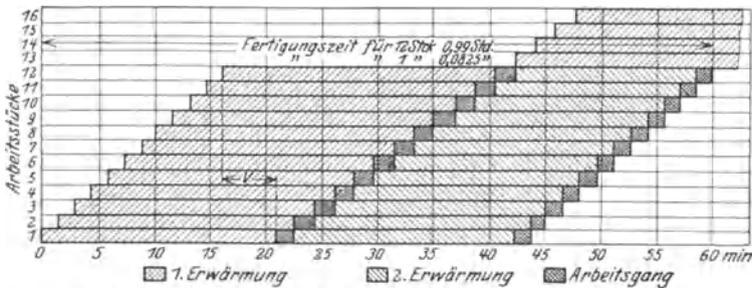


Abb. 4. II. Wie bei I, aber bei gleichzeitigem Einhalten von 12 Stck.

derart, daß der Walzer nur walzt, hingegen der Transport, das Schneiden an der Schere und das Einlegen und Herausnehmen aus dem Ofen zwei Hilfskräften übertragen werden. Dadurch ergibt sich zunächst der Vorteil, daß die Arbeitsvorgänge 1, 2, 4 und 5 zum Teil mit dem Vorgang 3 und 6, 7 und 9 mit dem Vorgang 8 zeitlich zusammenfallen. Dem Walzer wird ein neues Stück hingelegt, und das vorhergehende Stück wird gleich zur Schere mitgenommen. Setzt man nun die Arbeitsvorgänge an den einzelnen Stücken nach Maßgabe ihrer Überdeckung graphisch zusammen und zwar zu einer Reihe so vieler Stücke, daß die Gesamtzeit der Arbeitsvorgänge 2 bis 6 gerade der ersten Erwärmung entspricht, dann erhält man einen verlustlosen Ablauf des Vorganges (Abb. 5, Seite 13); lediglich eine ganz geringfügige Verlustzeit tritt dadurch auf, daß die Vorgänge 7 bis 9 an sich etwas weniger Zeit beanspruchen als 2 bis 6.

Fertigungszeit je Stück. Die Fertigungszeit für 20 Stück beträgt 1,05 Stunden, je Stück danach 0,053, und die reine Arbeitszeit bei 3 Mann 0,159. Freilich liegen bei dieser Einteilung die Stücke zur zweiten Erwärmung länger als nötig im Ofen. Da jedoch ein Ölfeuerofen

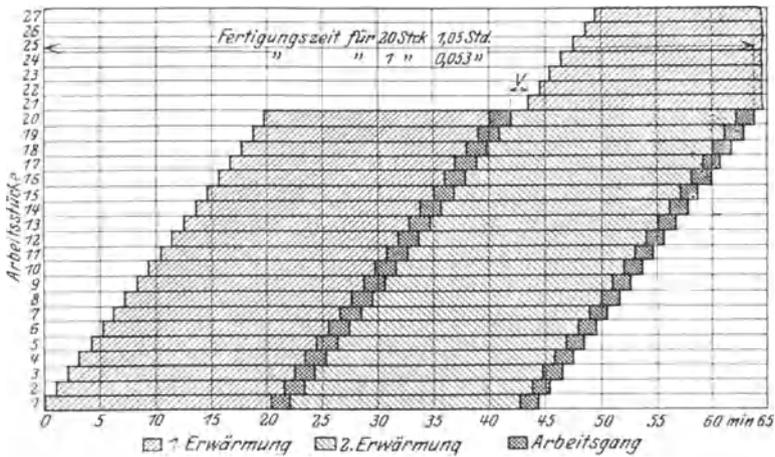


Abb. 5. III. Abtrennung der Arbeitsgänge 3 und 8 (1 Mann) von den übrigen Arbeitsgängen (2 Mann) und gleichzeitiges Einhalten von 20 Stück.

auf konstanter Temperatur gehalten werden kann, tritt ein Verbrennen der Stücke nicht ein. Folgende tabellarische Übersicht, Tabelle 2, läßt die Unterschiede der besprochenen 3 Fertigungsmethoden erkennen:

Tabelle 2. Akkord- und Fertigungszeiten eines Fertigungsauftrages bei verschiedener Arbeitsweise.

Arbeitsweise	Fertigungszeit je Stück 1	Akkord-Grundzeit 2
I Bisherige Arbeitsweise: 2 Mann ohne Arbeitsteilung unter Benutzung eines Ofens, der 6 Stück gleichzeitig einzuhalten gestattet	0,123 Std. = 7,38 Min.	0,25 Std.
II Wie bei I aber bei gleichzeitigem Einhalten von 12 Stück	0,0825 Std. = 4,95 Min.	0,165 Std.
III Abtrennung der Arbeitsgänge 3 u. 8 (1 Mann) von den übrigen Arbeitsgängen (2 Mann) und gleichzeitiges Einhalten von 20 Stück	0,053 Std. = 3,18 Min.	0,159 Std.

Dieses Beispiel aus der Federschmiede bildet einen Beitrag zur Untersuchung solcher Handarbeiten, die in loser Verbindung mit Maschinenarbeit (IIIb des Schemas Tabelle 1, S. 7) stehen, und zwar ist hier der Ofen als Maschine anzusehen. Der Erwärmungsvorgang ist durch die Ofenleistung, durch die zur Verfügung stehenden Ka-

lorien bedingt und, wie die Leistung einer Maschine, gewissermaßen zwangsläufig. Das Auswalzen jedoch ist ein solcher Maschinenvorgang, der nicht selbständig und zwangsläufig vor sich geht (IIIc des Schemas Tabelle 1, S. 7), sondern mit Handarbeit verbunden ist.

b) Beispiel an Bohrarbeiten mit Preßluft- oder Elektro-

Vorschub und Bohrzeit. Das Arbeiten mit Preßluft- oder Elektrowerkzeugen bietet ein typisches Beispiel für Gruppe IIIc unserer Einteilung (Tabelle 1, S. 7). Beim Bohren mit Handbohrmaschinen ist der Vorschub und somit die Bohrzeit vom Druck abhängig, mit dem der Bohrer gegen das zu bohrende Material gedrückt wird. Soll die Maschinenleistung stets voll ausgenützt werden, so ist dieser Punkt durch die technologischen Bedingungen, die uns aus der Schnitttheorie bekannt sind, bestimmt. Wir müssen also versuchen, die Bohrzeit für stets volle Maschinenausnutzung zu berechnen, und verlangen von dem Arbeiter, daß er auf Grund seiner guten Erfahrung stets die optimale Möglichkeit anwendet, auf der unsere Rechnung aufgebaut ist.

Technologische Betrachtung. Den Ausgangspunkt für diese Betrachtung bildet die Zerspanungstheorie von Friedrich-Hippler. Danach ist

$$W = k \cdot (q)^{3/4}, \quad (1)$$

wobei W der Schnittdruck in kg, q der Spanquerschnitt in mm^2 und k eine Materialkonstante bedeutet. Beim Bohren ist

$$q = s \cdot \frac{d}{2}, \quad (2)$$

wenn d der Bohrdurchmesser und s der Vorschub je Umdrehung in mm sind. Die Gleichung für die Leistung L lautet:

$$L = \frac{W \cdot \pi \cdot d \cdot n}{1000}, \quad (3)$$

worin n Umdrehung je Minute darstellt. Aus 1, 2 und 3 erhält man:

$$L = \frac{k \cdot \left(\frac{sd}{2}\right)^{3/4} \cdot \pi \cdot d \cdot n}{1000}. \quad (4)$$

Faßt man die Konstanten zusammen und setzt $s = c \frac{t}{1}$ ($t = \text{Zeit}$ in Sek.), dann erhält man

$$t^{3/4} = d^{7/4} \cdot c' \quad (5)$$

$$t = d^{7/3} \cdot c'' \quad (6)$$

Erfahrungsgemäß (nach Akkordberechnungen) steigt die Zeit mit wachsendem Durchmesser nicht in diesem hohen Maße (der $7/3$ Potenz). Die entwickelte Gleichung muß infolgedessen entsprechend der Erfah-

zung korrigiert werden. Das geschieht dadurch, daß der Exponent $\frac{7}{3}$ durch $\frac{4,5}{3}$ ersetzt wird, so daß unsere Gleichung nunmehr lautet:

$$t = d^{1,5} \cdot c'''.$$

Zur Ermittlung der Konstanten c''' (bezogen auf eine bestimmte Lochtiefe) wurden Schnittversuche gemacht. Im logarithmischen Liniennetz mit gleichem Maßstab für Ordinate und Abszisse erscheint die Funktion als gerade Linie unter $\text{tg } \alpha = 1,5$.

Handzeiten. Zwischen den reinen Bohrzeiten liegen aber auch die Zeiten für die Handgriffe: Anstellen von Loch zu Loch, Einnehmen von neuen Stellungen usw. Diese Griffzeiten schwanken beträchtlich und sind von den jeweiligen Arbeitsbedingungen abhängig. Jedoch durch Klassifikation der vorkommenden Fälle gelingt es, normale, d. h. mittlere Werte zugrunde zu legen.

Tabellenerläuterung, Tabelle 3. Zu diesem Zwecke wurden die Montagearbeiten in 4 Gruppen eingeteilt. Folgende Tabelle (Tabelle 3) enthält die Werte für die Bohrzeiten und auch für die Handzeiten nach Gruppen geordnet, einschließlich der zur Akkordbildung nötigen Zuschläge für Verlustzeiten und Mehrverdienst (ca. 20% bei einem mittleren Arbeiter).

Tabelle 3.

Akkordermittlung für das Bohren mit Preßluftbohrmaschinen.

Maschinenzeit + Verlustzeit + Mehrverdienst in Std. je 100 Loch										
Durchmesser mm	Lochtiefe in mm									
	3—7	8—12	13—17	18—22	23—27	28—32	33—37	38—42	43—47	48—52
3—5	0,28	0,83	1,24	1,66	2,87	3,44	4,20	4,60	5,18	5,30
6—8	0,28	0,83	1,24	1,66	2,87	3,44	4,20	4,60	5,18	5,30
9—11	0,28	0,83	1,24	1,66	2,87	3,44	4,20	4,60	5,18	5,30
12—14	0,42	0,83	1,24	1,66	2,87	3,44	4,20	4,60	5,18	5,30
15—17	0,58	1,15	1,72	2,30	2,87	3,44	4,20	4,60	5,18	5,30
18—21	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00
22—24	0,98	1,97	2,95	3,94	4,92	5,90	6,89	7,88	8,86	9,80
25—27	1,18	2,36	3,54	4,72	5,90	7,08	8,26	9,44	10,62	11,80
28—30	1,32	2,64	3,96	5,28	6,60	7,92	9,24	10,56	11,80	13,20
31—33	1,60	2,20	4,80	6,40	8,00	9,60	11,20	12,40	14,00	16,00
34—36	1,85	3,70	5,55	7,40	9,25	11,10	12,93	14,40	16,25	18,50
37—39	2,05	4,10	6,15	8,20	10,25	12,30	14,35	16,20	18,25	20,50
40—42	2,36	4,72	7,06	9,44	11,78	14,12	16,50	18,88	21,24	23,60
43—45	2,71	5,42	8,12	10,84	13,56	16,24	18,96	21,68	24,39	27,10
46—48	2,95	5,90	8,85	11,80	14,75	17,65	20,65	23,66	26,61	29,50
49—51	3,25	6,50	9,25	13,00	15,75	18,50	22,25	26,00	29,50	32,50
Handzeit + Verlustzeit + Mehrverdienst in Std. je 100 Loch										
I Glatte Arbeit, von oben bohren	II Glatte Arbeit, seitlich bohren		III Schwierige Ar- beit, bohren zwischen zusam- mengebauten Teilen				IV Wie III, unter be- sonders schwierigen Umständen (auf Rüstung usw.)			
2,00	2,50		3,00				3,50			

Beispiel: 40 Loch 25 \varnothing · 20,

Laufzeit: 4,72⁰

Handzeit: 2,50⁰

für 100 Loch: 7,22⁰; für 40 Loch: 2,888⁰; für 2 Mann: \leq 5,78⁰.

c) Beispiel an Nietarbeiten mit einer elektrischen Nietmaschine.

Eine Zeituntersuchung zur Akkordermittlung für das Nieten mit einer elektrischen Nietmaschine stellt ein Beispiel an einem Arbeitsgang gemäß der Gruppe III b (Schema, Tabelle 1, S. 7) dar, bei der die Handzeiten den Maschinenzeiten gegenüber vorherrschend sind.

Zerlegung des Nietvorganges. Die gesamte Fertigungszeit setzt sich in groben Umrissen aus folgenden 5 Vorgängen zusammen:

1. Anschlingen, Hochnehmen des Stückes, Anstellen zum ersten Niet, Ablegen und Schwenken.
2. Reine Nietzeit.
3. Anstellen von Niet zu Niet.
4. Stempel wechseln.
5. Heftschrauben lösen.

Die Veränderlichkeit der Arbeitszeiten. Die Zeiten dieser einzelnen Gruppen ändern sich entsprechend den verschiedenen Bedingungen und sind in Abb. 6 zusammengestellt.

Zu 1: Hier ist die Sperrigkeit und Größe der Stücke maßgebend. Die Zeiten auf der Tabelle sind dementsprechend in 4 Gruppen (I—IV) gestaffelt. Für ein leichteres Einreihen irgendwelcher zu kalkulierender Stücke in eine der Staffeln sind als Beispiel die Stücke, die der Aufnahme zugrunde lagen, in Skizzen angegeben.

Zu 2: Die reine Nietzeit + Fehlnietzeit ist unabhängig von der Stärke des Nietes.

Zu 3: Die Nebenzeiten, z. B. Anstellen von Niet zu Niet, sind abhängig vom Nietabstand, wobei außerdem beim Schwenken des Stückes zwischen zwei Nieten auf die Größe des Stückes Rücksicht genommen werden muß.

Zu 4: Das Stempelwechseln tritt je Nietart und je Nietstärke auf. Außerdem muß nach etwa je 14 Stück einmal der Stempel wegen zu starker Erwärmung ausgewechselt werden.

Zu 5: Je Arbeitsstück gelangen mindestens 3 Heftschrauben zur Verwendung. Bei 32 Nieten am Arbeitsstück wird mit 4 Heftschrauben und bei je 8 weiteren Nieten mit je einer weiteren Schraube mehr geheftet.

Akkordtabelle. Alle vorstehenden Zeiten wurden mit den üblichen Zuschlägen versehen der Abb. 6 (S. 17) zugrunde gelegt, so daß der Akkord unmittelbar aus der Tabelle zusammengestellt werden kann.

1. Zeit je Stück enthält: Anschlingen, Hochnehmen, Anstellen zu 1. Niet, Ablegen, Schwenken und Zuschlag* gestaffelt nach Stückgröße.			
I = 0,06°	II = 0,12°	III = 0,23°	IV = 0,45°
2. Zeit je 100 Niet, enthält reine Nietzeit, Fehl Nietung und Zuschlag*			= 0,87°
3. Zeit je 100 Niet, enthält Nebenzeiten: Anstellen von Niet zu Niet gestaffelt nach			
a) glatte Nietung, Nietabstand < 150 mm	b) glatte Nietung, Nietabstand > 150 mm	c) Stück wird geschwenkt und neu eingestellt	d) wie c bei großen Stücken
0,45°	0,60°	0,75°	0,90°
4. Stempel wechseln; je Nietart, je Nietstärke, je 14 Stück			= 0,04°
5. Heftschrauben lösen, je 8 Niet 1 ×, mindestens 3 × je Stück			= 0,015°
* Zuschlag enthält: persönliche Verluste, sächliche Verluste und Mehrverdienst.			

Beispiel:

1. Feststellung der Größenordnung	Größe II	= 0,12	0,120°
2. Anzahl der Niete	10 Niete je 100	= 0,87	0,087°
3. Abstand von Niet zu Niet < 150	8 × „	= 0,45	0,036°
1 × schwenken	1 × „	= 0,75	0,008°
4. gleiche Niete und < 14	—	—	—
5. nur 3 ×, da weniger als 32 Niete	3 × „	= 0,015	0,045°
			<u>0,296°</u>



für 2 Mann 0,592 = 0,60 Std.

Abb. 6. Akkord-Ermittlung für Niete mit elektrischer Nietmaschine I. Nr. 1550.

Zusammenfassende Betrachtung. Wir sehen aus diesen wenigen Beispielen, daß wir schon ganz brauchbare Werte erzielen, wenn wir die Teilvorgänge in ihrem Zusammenhang untersuchen, ohne auf ihre Elemente selbst einzugehen. Genügen Zeitaufnahmen in groben Umrissen, so können wir an Kosten für die Untersuchung beträchtlich sparen. Untersuchungen, die bis auf die kleinsten Einzelheiten eingehen, werden nur dort wirtschaftlich, wo es sich um solche Vorgänge handelt, die immer und immer wieder an den verschiedensten Stellen auftreten.

Hinweis auf den folgenden Abschnitt. Auf diese Vorgänge soll später, gelegentlich der Untersuchung einer Lokomotivmontage, näher eingegangen werden. Die hier auftretenden reinen Handarbeiten gliedern sich hauptsächlich entsprechend den Gruppen II und IV (Tabelle 1, S. 7). Der reine Zusammenbau bietet daher Gelegenheit zur Aufstellung von Zeitnormen für in sich geschlossene — im allgemeinen kleinere — Gruppen von Griffen (Komplexe bei gleichbleibender Zusammensetzung), während die Elemente der Schlosserarbeit, die überall immer wiederkehren, das Feilen, Schaben, Meißeln, zur Ermittlung allgemeingültiger Gesetze, Untersuchungen weitestgehender Natur verlangen. Zwischendurch treten freilich auch Arbeitsvorgänge entsprechend der Gruppe III (Tabelle 1, S. 7) auf, wie sie in diesem Kapitel besprochen wurden.

3. Zeitaufnahme an einer Lokomotivmontage unter besonderer Berücksichtigung reiner Handarbeiten.

(Gruppe IV, Tabelle 1, S. 7).

a) Die besonderen Bedingungen für das Zeitstudium in der Zusammenbauwerkstatt und die Gliederung der Untersuchung einer Lokomotivmontage.

Montage als dankbarstes Gebiet der Arbeitswissenschaft. Keine andere Werkstatt bietet der Arbeitswissenschaft ein so dankbares Untersuchungsfeld, wie die Montage. Beim Zusammenbau kommen die Sünden und Fehler aller Teile der Fertigung ans Tageslicht, besonders aber diejenigen der mechanischen Werkstätten hinsichtlich der Lieferfristen und der Bearbeitungsgenauigkeitsgrade. Bei der Massenfertigung liegen die Verhältnisse noch am einfachsten. Die weitgehende Automatisierung und die gute Organisation des Ineinandergreifens der Fertigungsstufen gewährleisten eine sichere Zwangsläufigkeit sämtlicher Arbeitsvorgänge vom Rohmaterial bis zum Fertigprodukt.

In der großen und kleinen Reihenfertigung aber haben wir es mit einem mehr elastischen System zu tun, in dem die Zufälligkeiten noch eine gewisse Rolle spielen und sich als Störungsfunktionen in unseren Fertigungszeitplänen bemerkbar machen.

Regelmäßigkeit der Montagearbeit abhängig von

a) der Anlieferung. Das Fehlen eines Einzelteiles kann die Arbeiten einer ganzen Kolonne zum Stocken bringen und dadurch alle weiteren Arbeitsgänge verzögern.

b) Dem Vorbearbeitungsgrad. Die Regelmäßigkeit des zeitlichen Ablaufes der Montagearbeit wird aber weitestgehend auch vom Vorbearbeitungsgrade beeinflußt. Das Abrichten der Flächen von Hand, Einschleifen genauer Paßstellen, Winkelnachrichten, Aufreiben vorgebohrter Löcher usw., das sind alles zeitraubende Schlosserarbeiten beim Zusammenbau, die mit der Ungenauigkeit der mechanischen Bearbeitung wachsen.

Akkordverhältnisse in der Montage:

a) Sammelakkord. Die Montageakkorde sind demnach auch gewöhnlich auf recht unsicherer Grundlage aufgebaut. Oft werden eine große Anzahl einzelner Fertigungsvorgänge zu einem Sammelakkord zusammengefaßt, der außerdem so reichlich bemessen ist, daß er von vornherein den voraussichtlichen Störungen Rechnung trägt. Bei Gruppenakkorden, die hier ja hauptsächlich in Frage kommen, wird es der Kolonne bzw. dem Kolonnenführer überlassen, durch geschickte Arbeitsverteilung und -zuweisung die bei der fortschreitenden Fertigung auftretenden Wartezeiten durch „Vorarbeiten“ an später in Angriff zu nehmenden Aufträgen auszufüllen. An Stelle einer planmäßigen, flotten Arbeitsweise stellt sich hierbei ein entsprechend gemütlicheres Tempo ein, denn es ist leicht zu verstehen, daß Arbeiten, die zum Ausfüllen verrichtet werden, den auszufüllenden Zeiten entsprechend gestreckt werden. Außerdem hat der Arbeiter für solche nicht im regelmäßigen Verlauf auftretende Arbeit eine viel größere Initiative aufzubringen, als wenn er eine einmal begonnene Arbeit zu Ende führen kann. Obgleich eine Werkstatt, in der nach dieser Art verfahren wird, stets sehr beschäftigt aussieht, ist ihr Wirkungsgrad doch — bezogen auf die Leistungsfähigkeit der Arbeiter — ein verhältnismäßig geringer.

b) Akkorde für Teilvorgänge. Etwas günstiger freilich sieht es dort aus, wo der Akkord eine Unterteilung der Fertigungsgänge vorsieht. Hier ist es den Arbeitern nicht überlassen, selbst eine Regulierung bei auftretenden Lücken vorzunehmen.

c) Akkordzuschläge. Die Entschädigung der Arbeiter für Zeitverluste, für die sie nichts können, wie etwa Wartezeiten oder Mehrarbeit durch schlecht passende Einzelteile, erfolgt dann durch nachträgliche Zuschläge zu den ausgegebenen Akkorden. Immerhin stellt aber auch dieses Verfahren kein Ideal dar. Die Anforderung der Zuschläge seitens der Arbeiter wird häufig zu Streitigkeiten mit dem Akkordbeamten führen. Der Arbeiter wird gar zu leicht dazu neigen,

solche Zuschläge als ein bequemes Mittel zu benutzen, sich einen Mehrverdienst ohne Mehrarbeit zu verschaffen.

Jedenfalls liegen die Verhältnisse in der Montage noch recht im argen. Die Quellen der Störungen, die den Ablauf der Fertigung verzögern, treten nicht so offen zutage, als daß man sie so leicht erkennen und abstellen könnte.

Aufgabe des Zeitstudiums in der Montage. Nur die systematische Zeituntersuchung ist imstande, in das Dunkel hineinzuleuchten und eine gewisse Sicherheit in die Handhabung der Akkorde zu bringen.

Vorliegendes Untersuchungsgebiet: Montage von G 8²- und P 10-Lokomotiven. Eine solche Untersuchung ist bei der Montage von G 8²- und P 10-Lokomotiven planmäßig durchgeführt worden. Diese Untersuchung — deren Werkstattaufnahmen allein 9 Monate in Anspruch nahmen — ist so umfangreich, daß sie hier nicht in ihrer ganzen Ausdehnung zur Darstellung gebracht werden kann. Die Aufgabe der folgenden Abhandlungen soll vielmehr darin bestehen, aus der Fülle des Stoffes solche Teile herauszugreifen, an denen wir das Wesentliche des Zeitstudiums im Zusammenbau, seine Methode und seine Erfolge erkennen können.

Gliederung der Zeituntersuchung. Wir wollen vorerst einen Blick auf die Gliederung der gesamten Untersuchung werfen und uns dabei an das Schema (Tabelle 1, S. 7) erinnern. Wie dort unter I/III und IV angegeben, handelt es sich zunächst darum, die Zusammenhänge der einzelnen Phasen über den ganzen Fertigungsgang hin zu studieren. Die erste Zeitaufnahme, die an einer Reihe von 56 G 8²-Lokomotiven vorgenommen wurde, hat die Aufgabe, den Plan der vorliegenden Montagearbeit mit Zeitangaben in rohen Umrissen festzulegen. Die graphische Zusammenstellung der einzelnen Vorgänge hinsichtlich ihres zeitlichen Verlaufes ermöglicht sodann, die Fertigung kritisch zu beleuchten und einen Montageplan auszuarbeiten, bei dem die Fehler der alten Fertigungsweise beseitigt sind. Dies soll an einem ausgewählten Beispiel unter der Überschrift „Der Untersuchung erster Teil“ besonders veranschaulicht werden. Der zweite Teil der Untersuchung, der an 27 P 10-Lokomotiven vorgenommen wurde, befaßt sich mit dem Studium der Elemente der Schlosserarbeiten, deren genaue Kenntnis uns im weiteren dazu verhelfen wird, Zeitermittlungsformeln abzuleiten.

b) Der Untersuchung erster Teil.

Einführung in das Untersuchungsgebiet. Zur Einführung in das Untersuchungsgebiet sind die Arbeitsgänge der 10 durchstudierten Montageschlosser-Gruppen in rohen Umrissen auf der Tafel I verzeichnet.

Wie ersichtlich, fehlen bei dieser Untersuchung zur fertigen Lokomotive nur noch das Verkleiden des Kessels, der Aufbau des Führerhauses, Ein- und Anbau der Kolben, der Treib- und Kuppelstangen.

Reihen typischer Montagearbeiten. Wir ersehen aus dieser Aufstellung ferner, daß sich Reihen typischer Montagearbeiten stets wiederholen:

1. Anhalten, Vorzeichnen zur Nacharbeit (zum Stoßen, Bohren, Feilen, Meißeln, Schaben, Tuschieren),
2. Nacharbeiten,
3. Wiederanhalten, Anpassen, Anheften,
4. der Kontrolle vorweisen,
5. Fertiganbauen,
6. zur endgültigen Abnahme durch die Kontrolle fertigmachen.

Arbeitsteilung der Gruppen. Für diese Vorgänge ist zwischen den einzelnen Gruppen eine Arbeitsteilung durchgeführt. Wir finden solche Gruppen, die nur die reinen Schlosserarbeiten verrichten, wie Feilen, Meißeln, Schaben und Tuschieren zur Grob- und Feinpassung. Andere führen ausschließlich Einrichtarbeiten aus, wie Distanzieren, nach Wasserwage und Kreuzwinkel Ausrichten. Auch für Zwischenarbeiten mit Hilfe von Elektro- und Preßluftwerkzeugen und sonstigen transportablen Maschinen sind besondere Gruppen vorgesehen. Schließlich beschäftigen sich einige Kolonnen mit reinen Meßarbeiten.

Zwischengruppen. Die Gruppen, die die mechanische Nacharbeit verrichten, also meistens zwischen zwei Arbeitsvorgängen einer anderen Schlossergruppe eingreifen müssen, sind als Zwischengruppen bezeichnet. Derartige typische Zwischengruppen sind z. B. die Bohrergruppen 2 und 6 (Tafel I).

Arbeitseinteilung. Um ein verlustloses Arbeiten zu erzielen, müssen die Schlosser, die ein Arbeitsstück einer Zwischengruppe übergeben haben, inzwischen eine andere Verrichtung in Angriff nehmen.

Erfassung der Zeiten für die verschiedenen Arten der Arbeitsvorgänge. Die Zeiten der Arbeitsgänge: Anheben, Anpassen, Anhalten, Nachmessen und Anbauen (Gruppe II, Tabelle I, S. 7) lassen sich durch systematische Zeitstudien zu Zeitnormen zusammenfassen. Dabei ist es natürlich wichtig, die Fertigungsteile an sich hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Montageschwierigkeit zu gruppieren. Die Nacharbeit, soweit sie mechanischer Natur ist, kann mehr oder weniger exakt berechnet werden. Wo dabei Handarbeit in loser Verbindung mit Maschinenarbeit auftritt, sind die Verfahren der Zeitermittlung unter I, 2 dieser Abhandlung beschrieben, wie auch diejenigen Verfahren für Vorgänge, bei denen die Maschinenarbeit nicht zwangsläufig vor sich geht (z. B. beim Bohren mit Handbohrmaschinen) oder die Handarbeit an sich vorherrschend ist. Solche Nacharbeiten aber, die allgemein

von den Schlossern selbst erledigt werden, wie Feilen, Schaben, Meißeln, Tuschieren, und die in der Montage einen beträchtlichen Teil der gesamten Zeit in Anspruch nehmen, bilden erst den Gegenstand des zweiten Teiles unserer Untersuchung.

Eine besondere Schwierigkeit bestand für die Zeitaufnahme darin, mit der Fertigungsgeschwindigkeit Schritt zu halten. Unmöglich ist es freilich, mit der Fertigung einer einzelnen Maschine mitzugehen, wenn nicht so zahlreiches Beobachtungspersonal zur Verfügung steht, daß die Arbeiten der gleichzeitig an einer Maschine arbeitenden Gruppen auch gleichmäßig aufgenommen werden können.

Organisation der Werkstattaufnahme. Deshalb wurde die Untersuchung derart eingeteilt, daß der Beobachter in langsamerem Tempo als in dem der Fertigung von Gruppe zu Gruppe vorschritt und dabei allmählich sämtliche 56 Maschinen an sich vorbeiziehen ließ. Er begann also bei Gruppe I mit der ersten Maschine und beendete seine Beobachtung bei der letzten Maschine der Serie, bei dem Vorgang „Erwerben der Lauffähigkeitsbescheinigung“.

Das Aufnahmeprotokoll. Die Aufschreibungen (siehe Werkstattprotokoll, S. 23) beziehen sich auf die genaue Ausführung der Arbeitsstufen, deren Beginn und Ende mit Zeitangaben versehen wurden. Dabei mußte besonders auf die Gleichzeitigkeit der in Angriff genommenen Verrichtungen geachtet werden, was besonders dadurch erschwert war, daß solche Vorgänge — wie erwähnt — nicht gleichzeitig an ein und derselben Maschine registriert werden konnten, sondern nur hintereinander an verschiedenen.

Auch die Zahl der gleichzeitig arbeitenden Arbeiter mußte festgestellt werden. Auf die kleinen Ruhepausen während der Arbeit wurde dabei nicht geachtet. Nur diejenigen Zeiten, in denen sich die Arbeiter aus nichtdienstlichen Gründen vom Arbeitsplatze entfernten, wurden als Arbeitspausen festgehalten. Stellen wir in unserem Protokoll (Abb. 7, S. 23) die Summe der Arbeitszeiten multipliziert mit der Zahl der Leute (siehe unter „Frei für Auswertung“ im Protokoll) der Zeit gegenüber, die seit Beginn der beobachteten Vorgänge bis zu ihrer Beendigung verstrichen ist, so bemerken wir einen Unterschied. Dieser entspricht der Summe derjenigen Zeiten, während welcher sich die Arbeiter von ihrem Arbeitsplatze entfernt hatten. Setzen wir die Summe der beobachteten Zeiten zu der insgesamt verstrichenen Zeit ins Verhältnis, so bildet dieser Quotient einen Maßstab für die Zeitausnutzung.

Der Zeitausnutzungsfaktor. Um hinsichtlich dieser Zeitausnutzung von der Zufälligkeit der einzelnen Beobachtung unabhängig zu werden, kann man so verfahren, daß man bei der Zusammenstellung zunächst nur die beobachteten Zeiten zugrunde legt und sie dann mit dem Reziprokwerte eines solchen Zeitausnutzungsfaktors multipliziert, der als

Beobachter: L. Dat.: 3.II. Vormittag:		1. Kolonne: Ku Mann 18 Gruppe: 7										Blatt Nr. 39											
		2. Kolonne: — Mann Zwischengruppe:										dazu — Skizze Nr. —											
Laufende Zeit		7	15	30	45	8	15	30	45	9	15	30	45	10	15	30	45	11	15	30	45		
Gegenstand und Arbeitsgang		Keilstellen am Rauchkammer-trägerputzen																					
Anzahl d. Leute		1				1				1				1									
Zeitvermerk		8	—	40	46	—	12	21	—	3	—	32	40	—	38	43	—	50					
Frei für Auswertg.		32				26				29				58				67					
Gegenstand und Arbeitsgang		Zylinderdeckel mit Gleitbahn anhängen										Zylinderdeckel mit Gleitbahn anhängen											
Anzahl d. Leute		1	2	1	2	2	1	2	2	2				1	2	1	2	1			2		
Zeitvermerk		5-8	8	—	38	38	45	45	—	20	20	27	27	—	40	40	47	4	4	—	59	59	
Frei für Auswertg.		3	30	7		35	7	23	40					7	17	5	41	9			61		
Gegenstand und		3 + 60 + 7 + 70 + 7 + 46 + 80 + 7 + 34 = 314 = t _{eo}										314 fe = 348 5 + 82 + 9 + 122 = 218											

Abb. 7. Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls.

Mittelwert aus den einzelnen Faktoren entstanden ist. Wenn also z. B. dadurch, daß ein Mann ausnahmsweise länger fehlt, die verstrichene Zeit besonders groß ausfällt und der Zeitausnutzungsfaktor deshalb sinkt, dann wird ein Ausgleich dadurch geschaffen, daß man bei der endgültigen Zusammenfassung den mittleren Zeitausnutzungsfaktor berücksichtigt, der entsprechend größer ist als der des vorliegenden Falles. Die Zeit eines Vorganges T_v wird also ermittelt:

$$T_v = t_{ev} \cdot \frac{1}{f_m},$$

wenn t_{ev} die beobachtete Zeit des Einzelvorganges bedeutet und f_m den mittleren Zeitausnutzungsfaktor darstellt.

Besprechung des Beobachtungsprotokolls, Abb. 7. Abb. 7 gibt einen Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls wieder. Das gesamte Formular sieht die Beobachtung von gleichzeitig 6 Arbeitsvorgängen vor. Der wiedergegebene Abschnitt zeigt die Eintragung zweier gleichzeitig beobachteter Vorgänge ab 7 Uhr, die in den Spalten „Gegenstand und Arbeitsgang“ angeführt sind:

1. Keilstellen am Rauchkammerträger putzen,
2. Zylinderdeckel mit Gleitbahn anhängen.

Die vorgedruckte Zeitskala „laufende Zeit“ soll eine dem tatsächlichen zeitlichen Ablauf entsprechende Verteilung der Eintragungen in das Formular erleichtern. Das Protokoll wird in der Weise geführt, daß in der Rubrik „Zeitvermerk“ die Zeiten eingetragen werden, während welcher sich die Leute an ihrem Arbeitsplatz befinden. Für jeden dieser Zeitvermerke wird in der darüberliegenden Spalte die Anzahl der Leute registriert, die während der vermerkten Zeit an der Arbeit tätig waren. In der Rubrik „frei für Auswertung“ werden später die gebrauchten Minuten der angegebenen Zeitabschnitte eingetragen, je weilig mit der Anzahl der Leute multipliziert und die Summe t_{ev} gebildet. Ferner wird aus der Zeit T_g und t_{ev} der Quotient f_e errechnet.

Keilstellen putzen dauerte von 7 Uhr bis 11 Uhr 50 Min.; 10 Min. Frühstückspause abgerechnet, umfaßte diese Zeit $T_g = 280$ Min. Die Summe der einzelnen Zeiten t_{ev} ist 241, und es errechnet sich mithin f_e zu $241 : 280 = 0,86$. Da $f_m = 0,91$ beträgt (gewonnen aus einer großen Anzahl Beobachtungen), so kann endgültig angesetzt werden:

$$T_v = 241 \cdot \frac{1}{0,91} = 266.$$

T_v ist also kleiner als die tatsächlich gebrauchte Zeit T_g von 280 Min.

Verwertung der Protokollinhalte. Da die Arbeiten in der Werkstatt vielfach durcheinanderlaufen und miteinander verquickt sind, — man bedenke, daß mitunter gleichzeitig etwa 30 Mann an den zu beobachtenden Fertigungsstufen mitarbeiten — so ist es nicht verwunderlich, daß die Inhalte der Werkstattprotokolle unserer Zeitaufnahmen nicht

unmittelbar Verwendung finden können, sondern erst noch einer gewissen ordnenden Gruppierung unterzogen werden müssen. An den Arbeiten der Kolonnen, die in der Tafel I mit 1 und 2 bezeichnet sind,

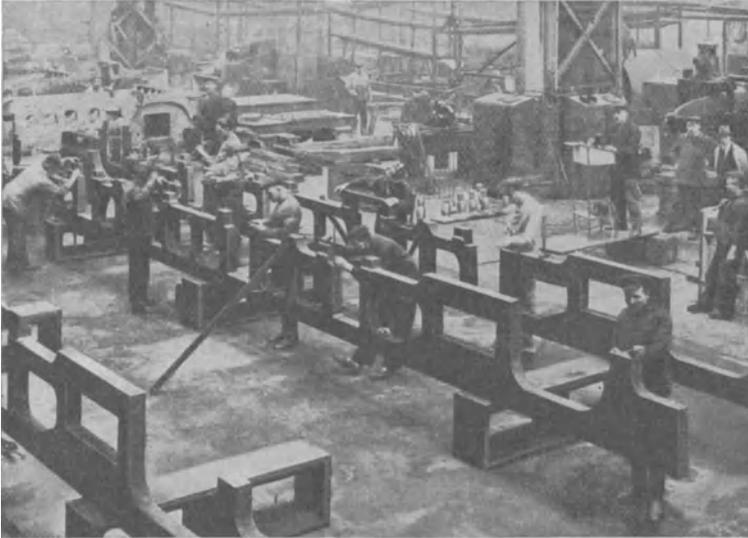


Abb. 8. Schlosserarbeiten am Barrenrahmen.

soll die Auswertung der Werkstattprotokolle hier durchgeführt werden. Abb. 8 zeigt einen Blick auf die Arbeitsstätte der Kolonne 1.

Beschreibung der Arbeit von Gruppe 1 und 2. Die Rahmenwangen werden nach dem Ausfräsen der Aussparungen für die Achslager, Federsitze usw. in umgekehrter Lage aufgestellt, d. h. die Öffnungen der Achsgabeln, die später durch die Achsgabelstege verbunden werden, zeigen nach oben. An den so aufgestellten Rahmenwangen werden zunächst die Sitzflächen der vorderen und hinteren Achslagerführungen nachgefeilt (F und I , Abb. 9), die Sitzstellen der Achsgabelstege (CH_1 , EH_2 , N und PH_6) für das Aufpassen vorbereitet und diese dann aufgesetzt.

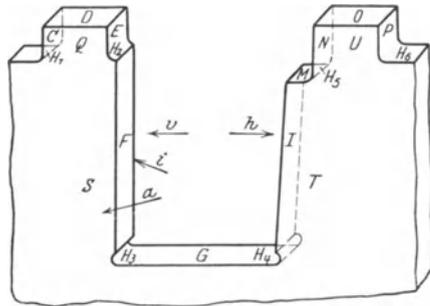


Abb. 9. Bezeichnung der Flächen einer Lokomotivachsgabel.

Darauf kommen die Rahmen nach Kolonne 2 zum Bohren, wobei die aufgesetzten Achsgabelstege zunächst als Bohrschablonen verwendet

werden. Nachdem alle Löcher an einer Achsgabel durch Anbohren der Rahmenwange durch den Achsgabelsteg hindurch angezeichnet sind, wird der Achsgabelsteg abgeschlagen; danach werden die vorgezeichneten Löcher fertig gebohrt. Abb. 10 zeigt diese Tätigkeit der Kolonne 2 mit Hilfe zweier Fahrbohrmaschinen.

Außerdem bohren andere Mitglieder der Kolonne 2 die Löcher für die Verschraubung der Achslagerführungen mit Hilfe einer elektrischen Schlittenbohrmaschine und einer Handluftbohrmaschine, wie Abb. 11 zeigt.

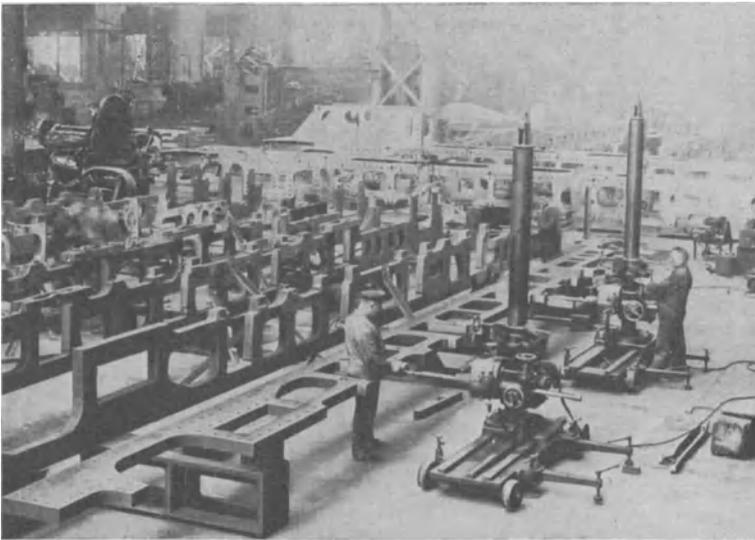


Abb. 10. Bohrarbeiten am Barrenrahmen mittels Fahrbohrmaschine.

Diese beiden letzten Maschinen tauschen wechselseitig ihren Arbeitsplatz und arbeiten gleichzeitig an den beiden Rahmenwangen eines Rahmens. Nach Erledigung der Bohrarbeiten zieht die Kolonne 1 die nötigen Schrauben in die Rahmenwangen ein und verschraubt Achslagerführungen und Achsgabelstege, worauf die Rahmenwangen der Kolonne 3 zur weiteren Bearbeitung übergeben werden.

Genauer Arbeitsplan für die Kolonnen 1 und 2, Tafel II. Der genaue Arbeitsplan der Kolonnen 1 und 2 mit den zur Verrichtung der einzelnen Arbeiten gehörigen Zeiten ist auf der Tafel II wiedergegeben. Wir ersehen hieraus besonders das Charakteristische der Gruppe 2 (Kolonne Si) als Zwischengruppe, da sie sich zwischen die Arbeitsstufe der Gruppe 1 (Kolonne Su) einschleibt. Die Bohrarbeit (Abb. 10 und 11) teilt sich gemäß Arbeitsplan II in zwei Fertigungsstufen, die aufeinander folgen:

1. Bohren mittels Fahrbohrmaschinen (Arbeitsstufen Nr. 18—39, Tafel II);

2. Bohren mit Schlitten- und Preßluftbohrmaschinen (Arbeitsstufen Nr. 41—62, Tafel II).

Die Schlosserarbeiten (Abb. 8) gliedern sich ebenfalls in zwei Stufen und zwar:

1. Arbeiten, bevor der Rahmen gebohrt wird (Arbeitsstufen Nr. 1—17 Tafel II);



Abb. 11. Bohrarbeiten am Barrerahmen mittels Schlitten und Preßluftbohrmaschine.

2. Arbeiten, nachdem der Rahmen gebohrt ist (Arbeitsstufen Nr. 63—82, Tafel II).

Arbeitszeiten der Kolonnen 1 und 2. Die Summe der Arbeitszeiten der Gruppe 1 beträgt laut Tafel II 7060 Min. Während einer dreimonatigen Beobachtung wurde als mittlerer Zeitausnutzungsfaktor dieser Gruppe $f_m = 0,9$ festgestellt. Die obige Summe korrigiert sich daher zu 7844 Min. oder **131 Stunden**. Bisher wurde für die Arbeit ein Akkord von 218 Stunden vorgegeben. In früheren Produktionsperioden verrechnete die Gruppe für die gleiche Arbeit auf den genannten Akkord hin nach statistischen Unterlagen 41% Überverdienst, d. h. die tat-

sächliche Zeit für die Schlosserarbeit der Kolonne 1 an den Rahmenwangen muß demnach 154,5 Stunden betragen haben. — Die Bohrer brauchen laut Tafel II insgesamt 2335 Min. Arbeitszeit. Durch ihren mittleren Zeitausnutzungsfaktor $f_m = 0,88$ (ebenfalls durch dreimonatiges Studium ihrer Tätigkeit festgestellt) wird diese Zeit zu 2660 Min. oder 44,29 Stunden. Die Akkordvorgabe für diese Arbeit betrug bisher 74 Stunden, der verrechnete Überverdienst der Kolonne in früheren Produktionsperioden belief sich für die gleiche Arbeit gemäß der Akkordverdienststatistik auf 38%, so daß für das Bohren der Rahmenwangen in Wirklichkeit 53,5 Stunden gebraucht worden sein müssen. — Stellen wir den tatsächlich gebrauchten Arbeitszeiten die aus der Zusammenstellung der Teilbeobachtungen gewonnenen (Tafel II) gegenüber, so sehen wir aus dem Unterschied dieser Zahlen, daß in der Fertigung versteckte Verluste enthalten sein müssen.

Zeitverluste.

Tabelle 4.

Gegenüberstellung der tatsächlich gebrauchten Fertigungszeiten und der nach Zeitaufnahme zusammengestellten der Gruppen 1 u. 2.

	Gruppe 1 (Schlosser)	Gruppe 2 (Bohrer)
1 Zusammengestellte Zeiten nach Zeitaufnahme, Std.	131	44,29
2 Tatsächlich gebrauchte Zeiten, Std.	154,5	53,5
3 Versteckte Verluste, Std.	23,5	9,21
4 Versteckte Verluste in %	18	21

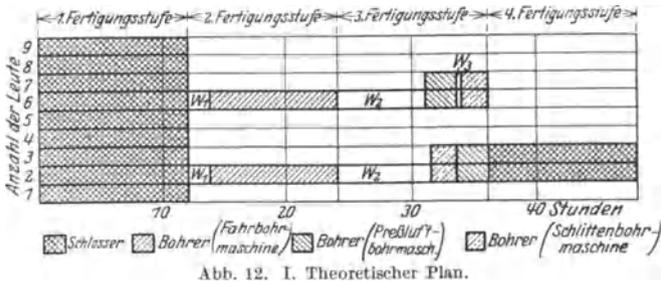
Untersuchung der Zeitverluste. Es gilt nun, die Ursachen dieser Verluste aufzudecken und auszuschalten. Zu diesem Zweck soll der ganze Vorgang einmal graphisch zusammengestellt werden, wie er sich aus der Zusammensetzung der errechneten Zeiten zu den 4 Fertigungsstufen ergibt. Chronologisch geordnet gruppieren sich diese Fertigungsstufen wie folgt:

1. Schlosserarbeiten, bevor der Rahmen gebohrt wird (9 Mann — Abb. 8).
2. Bohrerarbeiten mittels Fahrbohrmaschinen (2 Mann — Abb. 10).
3. Bohrerarbeiten mittels Elektro- und Preßluftbohrmaschinen (2 Bohrer, 2 Helfer — Abb. 11).
4. Schlosserarbeiten nach dem Bohren des Rahmens (2 Mann).

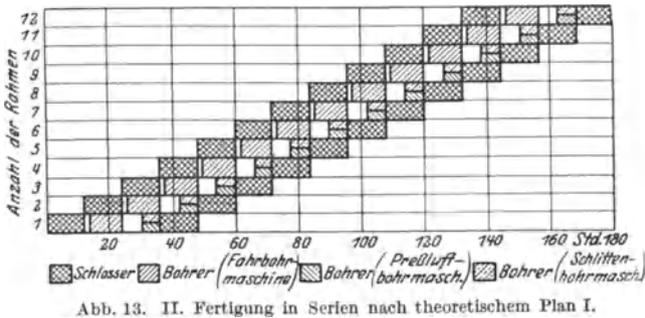
Die gesamte Arbeitszeit der 9 Schlosser beläuft sich für die erste Stufe auf 107 Stunden. Die Fertigungszeit dieser Stufe ist demnach

107 : 9 = 12 Stunden. Für die beiden Bohrer der zweiten Stufe beträgt die Gesamtarbeitszeit 23,44 Stunden. Die Fertigungszeit dieser Stufe ist also 11,72 Stunden, die für die Bohrer der dritten Stufe mit einer Gesamtstundenzahl von 20,85 Stunden ist demnach 5,21 Stunden, und die für die beiden Schlosser der vierten Stufe mit der Gesamtstundenzeit von 24 Stunden ist somit 12 Stunden.

Da bei der Reihenfertigung die Fertigungsgeschwindigkeit einer jeden Stufe gleich sein muß, so würden bei der Zusammenarbeit die Stufe 2 und die Stufe 3 Zeitverluste erleiden. Sie würden nur alle 12 Stunden einen Rahmen von Stufe 1 angeliefert erhalten, obgleich sie schon lange vorher mit ihrer Arbeit fertig sind. Außerdem ist noch zu untersuchen, ob das wechselseitige Arbeiten der Luft- mit den Schlittenbohrmaschinen verlustlos vonstatten geht. Die Arbeitszeit der Luftbohrmaschinen beträgt laut Tafel II 5,5 Stunden und die der elektrischen Schlittenbohrmaschinen 4,91 Stunden. Danach entstehen auch hier Zeitverluste. Der Vorgang läßt sich wie folgt veranschaulichen (Abb. 12):



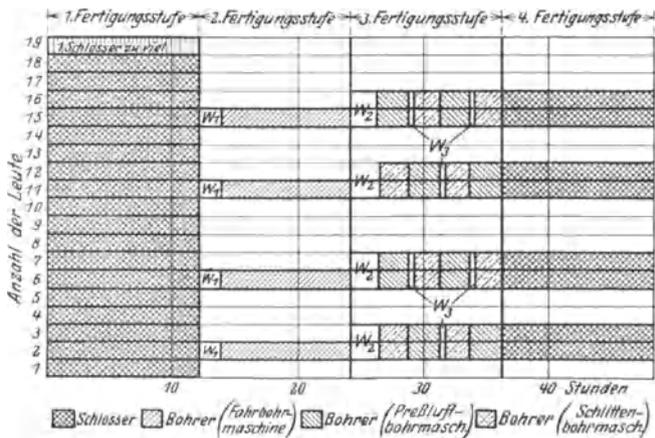
Die Wartezeiten W_1 , W_2 , W_3 treten bei jedem einzelnen Rahmen durch die ganze Serie hindurch auf; eine Fertigung von 12 Rahmen nach dieser Weise wird also folgendes Bild ergeben (Abb. 13):



Die Zeitverluste W_1 und W_3 (Abb. 12) wurden erst durch die Untersuchung aufgedeckt, waren also bis dahin latent. Die Wartezeit W_2

jedoch hat bereits die Werkstatt selbst durch folgende Organisation der Arbeit zum Teil behoben:

In der Stufe 1 wurden gleichzeitig 2 Rahmen von 19 Mann in Angriff genommen. Die Bohrer der zweiten Stufe mußten, um das Quantum aufzuarbeiten, eine zweite Schicht einlegen, da nur zwei Maschinen zur Verfügung standen. Dadurch erhielten die Bohrer der dritten Stufe die doppelte Menge angeliefert und konnten nunmehr besser ausgenutzt werden. Die Zahl der Schlosser der Stufe 1 mußte natürlich auch verdoppelt werden. Es ergibt sich also folgendes Bild der Fertigung, wie sie bis zur Untersuchung durchgeführt wurde (Abb. 14):



Die Zeitverluste W_1 und W_3 sind also hier noch genau so wie im vorigen Schaubild vorhanden, nur die Wartezeit W_2 ist erheblich verringert. Ihr Rest W_2 trat hier nicht mehr offen in Erscheinung, sondern wurde ebenfalls erst durch die Zeituntersuchung aufgedeckt.

Wie ein Blick auf den theoretischen Fertigungsplan (Abb. 12, S. 29) beweist, sind zur Verdopplung der Fertigung in der Stufe 1 nur 18 Mann erforderlich — nicht wie hier fälschlicherweise 19. Für den 19. Mann ist von vornherein gar keine Angriffsmöglichkeit vorhanden. Um ihm Arbeitsmöglichkeit zu verschaffen, werden die anderen 18 ihre Arbeit — unbewußt wahrscheinlich — entsprechend strecken. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß ein solcher Störfaktor, wie die zu große Zahl von Arbeitern, die sich gegenseitig ja nur im Wege stehen, über den Zeitverlust der Zeitstreckung hinaus auch sonst noch verzögernd wirkt.

Größe und Art der Zeitverluste. Für 2 Rahmen beträgt nach unserem Diagramm (Abb. 14) die benötigte Arbeitszeit der ersten Stufe $19 \cdot 12 = 228$ Stunden, die der vierten Stufe 48 Stunden. Gruppe 1 braucht danach $228 + 48 = 276$ für zwei und 138 Stunden für einen Rahmen,

d. h. schon 7 Stunden mehr, als theoretisch notwendig wäre. Aus der Aufstellung Tabelle 4 (S. 28) ersehen wir, daß die tatsächlich gebrauchte Zeit noch größer war, nämlich 154,5 Stunden. Dieser Unterschied ist sicherlich auf eine subjektive Wirkung des erwähnten Störungsfaktors zurückzuführen. Die zu vergütenden Arbeitsstunden der Gruppe 2 errechnen sich aus dem Diagramm mit $4 \cdot 12 = 48$ Stunden, also 3,71 Stunden mehr, als theoretisch notwendig wäre. Die tatsächliche Arbeitszeit betrug 55,5 Stunden. Der Unterschied wird auch hier wahrscheinlich dadurch bedingt, daß die Wartezeiten nicht nur an sich als Verluste auftreten, sondern darüber hinaus noch ein weniger intensives Arbeiten verursachen (subjektive Verluste, Tabelle 5).

Tabelle 5. Zerlegung der gebrauchten Arbeitszeit (e) in die notwendige Arbeitszeit (a) und die Verluste (b, c, d).

	Gruppe 1 (Schlosser)	Gruppe 2 (Bohrer)
a Theoretisch notwendige Arbeitsstunden bei verlustlosem Verlauf (persönl. Verluste berücksichtigt)	131	44,29
b Verluste durch falsche Kolonnenstärke (Gruppe 1 hatte 19 Mann statt nur 18)	7	—
c Verluste durch auftretende Wartezeiten, da die Fertigungszeiten der einzelnen Stufen nicht gleich sind	—	3,71
d Verluste durch extensives Arbeiten, verursacht durch die Störungen in b und c (subjektive Verluste)	16,5	5,5
e Bisher gebrauchte Arbeitszeit (Summe a bis d)	154,5	53,5

Wir sehen, daß die subjektiven Verluste etwa doppelt so groß sind wie die objektiven. Entgegen der hier vertretenen Ansicht, daß diese persönlichen Verluste eine Sekundärererscheinung der sächlichen Verluste seien, könnte man auch meinen, daß es sich hier lediglich um Ermüdungserscheinungen handelt, die die Arbeitszeit entsprechend verlängern. Dann müßte aber der angewandte Zeitausnutzungsfaktor, der ja doch die normalen persönlichen Verhältnisse berücksichtigt (siehe S. 22), falsch sein. Nun ist dieser aber aus einer großen Anzahl von Beobachtungen abgeleitet und hat daher eine erhebliche Wahrscheinlichkeit für sich. Die hier vorliegenden Verluste dürften deshalb andere — psychologische — Ursachen haben.

Psychologischer Anteil an den Verlusten:

a) Gruppe 1. Betrachten wir beispielsweise die Gruppe 1 bei ihrer Arbeit (Abb. 8, S. 25). An jeder Lokomotivachse können gleichzeitig 2 Mann arbeiten, je einer an der rechten und linken Rahmenwange, das sind im ganzen 8 Leute am Rahmen. Ein 9. Mann kann gerade mit Schraubstockarbeiten, Abgraten des Rahmens an anderen Stellen und ähnlichen Verrichtungen beschäftigt werden. Ist jedoch die Kolonnenstärke — auf einen Rahmen bezogen — beispielsweise um 1 Mann größer, wie in der Darstellung (Abb. 14, S. 30) angegeben, dann wird der überzählige Mann zunächst die Arbeiten des 9. mitverrichten, wodurch diese vorzeitig fertig werden. Ist dies eingetreten, dann finden die beiden frei gewordenen Schlosser nur Beschäftigung, wenn der eine oder der andere an den Achsgabeln tätige Schlosser seine Stelle zeitweise verläßt. Die Tätigkeit der beiden vorzeitig mit ihren Arbeiten fertigen Schlosser besteht nunmehr in einer Art Aushilfe. Dadurch findet ein mehrfaches Übergeben und Übernehmen der Arbeit statt, womit ein stets wieder neues zeitraubendes Sichhineinfinden und Angewöhnen verbunden ist.

b) Gruppe 2. Bei der Gruppe 2, den Bohrern, liegen die Verhältnisse so, daß ihre Wartezeit nicht etwa als eine in sich geschlossene Zeit auftritt, wie zur besseren Anschauung in der graphischen Darstellung (Abb. 12—14) eingezeichnet ist. Die Wartezeit liegt vielmehr zwischen den einzelnen Arbeitsgängen in Form mehrerer kleiner Ruhepausen verteilt und tritt außerdem noch durch eine Verminderung der Arbeitsgeschwindigkeit in Erscheinung. Die Bohrer müssen ihre Arbeit etwas strecken, weil sie sonst auf die Anlieferung der Rahmen von der vorangehenden Stufe warten müßten. Daß es ihnen bei dieser Streckung der Arbeitszeit natürlich nicht gelingt, ganz genau auf die Minute die Fertigungsgeschwindigkeit der Stufe 1 einzuhalten, sondern daß sie entsprechend der Neigung zur Bequemlichkeit die Arbeit je nachdem etwas mehr oder weniger strecken, ist ohne weiteres anzunehmen. Aus dieser Tatsache kann ihnen jedoch kein Vorwurf gemacht werden, denn sobald der Arbeitsfortschritt nicht zwangsläufig vor sich geht, hat der Arbeiter selbst eine viel größere Initiative zur Arbeit aufzubringen und verbraucht dazu, wie erwiesen, eine beträchtlich größere Energiemenge.

Beseitigung der Verluste. Auf die Diagnose soll nunmehr aber auch die Therapie folgen. Eine symptomatische Behandlung ist, wie wir gesehen haben, nicht möglich. Sie würde darin bestehen, die Arbeitsgeschwindigkeit der Stufen 1, 2 und 4 auf die der Stufe 3 zu erhöhen, so daß die Fertigungszeiten aller 4 Stufen einander gleich würden. Das geht aber nicht, weil Stufe 1 eben nur für 9 Mann Arbeitsangriffsmöglichkeit bietet. Wir müssen daher einen anderen Weg einschlagen. Dieser ist in dem graphischen Arbeitsplan IV (Abb. 15) dargestellt und

besteht in der Hauptsache darin, daß der Arbeitsbeginn der einzelnen Fertigungsstufen gestaffelt einsetzt.

Darnach verrichten die Schlosser der Stufe 1 ihre Arbeiten hintereinander an verschiedenen Rahmen. Die Bohrer der Stufe 2 beginnen mit ihren Arbeiten erst, wenn die Schlosser der Stufe 1 den 3. Rahmen in Angriff genommen haben. Auch sie können jetzt hintereinander von einem Rahmen zum anderen gehen, weil ja Stufe 1 genügend vorgearbeitet hat. — Auch von den Elektro- und Preßluftbohrern, die früher ihre Arbeitsplätze getauscht hatten, bleibt jetzt jeder an seinem Arbeitsplatz und nimmt einen Rahmen nach dem anderen in Angriff. Sie müssen natürlich, um eine genügende Anzahl Rahmen aus Stufe 2 vorgearbeitet vorzufinden, ebenfalls entsprechend später als Stufe 2 mit ihrer Arbeit am ersten Rahmen beginnen. Wenn die Schlosser mit

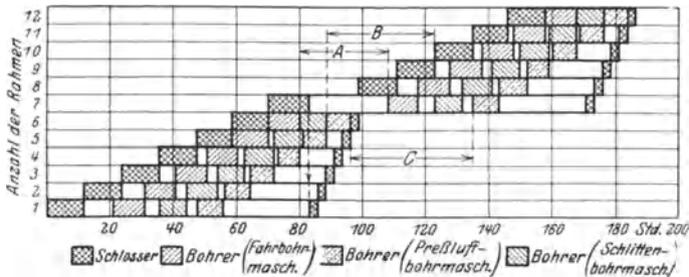


Abb. 15. IV. Fertigung in Serien von 6 Stück (verbesserte Arbeitsweise).

dem 7. Rahmen in der ersten Stufe fertig sind, gehen sie insgesamt zur Erledigung der vierten Stufe wieder zum ersten — inzwischen fertig gebohrten — Rahmen zurück. Am 6. Rahmen folgen die Fertigungsgänge der Schlosser- und Bohrergruppen unmittelbar aufeinander. Bis die Bohrer der ersten Stufe den 7. Rahmen in Angriff zu nehmen haben, vergeht eine Zeit *A* von fast 28 Stunden, in denen sie für andere Arbeiten frei sind. Für die Bohrer der dritten Stufe werden entsprechend die Zeiten *B* und *C* von etwa 34 bzw. 40 Stunden frei. Die Anzahl der Schlosser ist auf das richtige Maß reduziert, und somit sind sämtliche durch die Kritik des alten Verfahrens aufgedeckten Fehler behoben.

Ergebnis. Wir haben somit eine Arbeitsorganisation geschaffen, die im gewissen Sinne einer Zwangsläufigkeit unterworfen ist und weitgehend den subjektiven Einfluß der Arbeit ausschaltet.

c) Der Untersuchung zweiter Teil.

(Das Zeitstudium der Elementarzeiten.)

Begründung einer neuen Definition des Begriffes: Arbeitselement.

In der Literatur der Zeitstudien findet sich bisher keine einheitliche De-

finition für den Begriff Arbeitselement. Wenn hier versucht wird, den vielen Erklärungen noch eine hinzuzufügen, so geschieht es in der Absicht — ausgehend von den sachlichen Anforderungen, die die Praxis des Zeitstudiums an die Verwendbarkeit dieser kleinen Arbeitsteile stellt — eine allgemeine Bedeutung des Begriffes abzuleiten.

Zweck der Unterteilung des Arbeitsvorganges. Die Anwendung des Zeitstudiums der Zusammenhänge, z. B. in den bisher besprochenen Fällen, liefert in der Hauptsache Ergebnisse mehr organisatorischer Art, denen zufolge es zwar gelingt, Zeitersparnisse zu erzielen, die aber keinen genauen Nachweis des Zeitverbrauches im einzelnen zu liefern vermögen. Ein solcher Nachweis ist aber dann erforderlich, wenn es sich darum handelt, Schlüsse über den engeren Kreis des untersuchten Einzelfalles hinaus auf die Vorherbestimmung des zeitlichen Ablaufes weiterer Arbeitsgänge abzuleiten. Eine Ausnahme bilden lediglich jene Fälle, welche die verhältnismäßig einfache Normierung der Zeiten kleiner Komplexe zulassen, und die der Gruppe II der Einteilung des Schemas (Tabelle 1, S. 7) zugehören. Sonst aber sind wir darauf angewiesen, die — in ihren ganzen Zusammenhängen dem eingehenden Zeitstudium nicht zugänglichen — Arbeitsvorgänge in Teile zu zerlegen, die an sich einfach genug sind, um in eine eindeutige Beziehung zur Zeit gebracht werden zu können.

Das Prinzip von der Zerlegung und der Zusammensetzung. Die Unterteilung dient also zunächst der Vereinfachung, hat aber, wie wir sehen werden, eine noch weitergehende Bedeutung, eine Bedeutung, die allgemein dem Prinzip von der Zerlegung und der Zusammensetzung eigentümlich ist.

Erläuterung des Prinzipes an Hand seiner Anwendung in der Naturwissenschaft.

a) Vereinfachung. Die Anwendung dieses Prinzipes findet ihr Vorbild bei den Naturwissenschaften, z. B. durch Einführung der Begriffe: Molekül, Atom und Elektron. Die Lehre von den Atomen führt die Unmenge aller vorkommenden Stoffe zurück auf einige 90 Elemente. Die weitere Unterteilung, welche die moderne physikalische Chemie anwendet, reduziert selbst diese noch, indem sie lehrt, daß auch die verschiedenen Elemente aus gleichen Baustoffen, den Atomkernen und den Elektronen, aufgebaut sind.

b) Vereinheitlichung. Neben der Vereinfachung erkennen wir eine Vereinheitlichung; es gelingt, die Fülle der Erscheinungen auf einige ursächliche Erscheinungen zurückzuführen. Dieser blendende Erfolg der Elektronentheorie könnte zu der Forderung verleiten, die Zerlegung so weitgehend wie möglich durchzuführen.

c) Begriff des Hinreichenden. Nun wissen wir aber, daß bereits in der alten Physik eine beträchtliche Anzahl von Erscheinungen

schon mit Hilfe der Moleküle erklärt wird, daß also die gröbere Teilung der Körper, die uns schon das Molekül erschließt, als hinreichend erscheint. An Stelle der Forderung einer möglichst weitgehenden tritt die nach einer dem jeweiligen Zweck entsprechend hinreichenden Unterteilung.

Begriff des Hinreichenden in der Analytik. Am deutlichsten kommt dieser Begriff des Hinreichenden beim Grenzübergang in der Analytik zum Ausdruck. Der Differentialquotient ist erklärt als ein Differenzenquotient, dessen Wert hinreichend genau die Richtungstangente einer Kurve angibt, wenn immer nur die Differenzen genügend klein gewählt werden. Bei graphischer Integration und Differentiation wird es dem Zweck entsprechend schon hinreichend genau, wenn die Differenzen endliche Werte besitzen.

Zusammengefaßte Gesichtspunkte bei einer Zerlegung. Fassen wir danach zusammen, nach welchen Gesichtspunkten eine Zerlegung zu erfolgen hat, so finden wir folgende Forderung: Die durch die Zerlegung gewonnenen Teile müssen dem jeweiligen Zweck entsprechend hinreichend einfach und einheitlich sein. Die Forderung nach Einheitlichkeit bedeutet, daß sich die Teile bestimmten Klassen einordnen lassen müssen.

Auch das Arbeitselement ist diesen drei Forderungen unterworfen.

Anwendung des Prinzips auf die Arbeitselemente. Gesonderte Bestimmung derselben dem jeweiligen Zweck entsprechend. Entsprechend dem jeweiligen Verwendungszweck werden wir über die Beschaffenheit des Arbeitselementes zu befinden haben. Zur Herleitung eines Anlernverfahrens z. B. charakterisiert Gastew in seinem Buch „Die Entstehung der Kultur“¹⁾ die Elemente der menschlichen Arbeit als Druck- und Schlagbewegung und meint: „Man kann nicht fordern, daß ein Mensch unbedingt ein Handwerk erlerne, aber man muß unbedingt verlangen, daß jeder Bürger die Grunderscheinung der Arbeit, den Schlag und den Druck, ganz genau meistern soll.“ In deutschen Gymnastikschulen finden wir etwas Ähnliches in den stilisierten Arbeitsbewegungen. Die Fertigungsschulung wird die Elemente der menschlichen Arbeit als Druck- und Schlagbewegung vielleicht mit Vorteil anwenden können. Sie sind für diesen Fall — aber nur für diesen — hinreichend. Zur Zeitstudie sind sie nicht brauchbar, denn allgemein werden zeitlich meßbare Beträge aus einer Vielheit von Schlag- und Druckbewegungen bestehen.

Zergliederung des Arbeitsvorganges zur Verbesserung der Arbeitsbewegung. Auch die Zergliederung eines Arbeitsvorganges zur Verbesse-

¹⁾ Gastew: Die Entstehung der Kultur (Wosstanje Kultury, Charkow 1923) zitiert aus Dr. F. Baumgarten. Berlin: Verlag Oldenbourg 1924.

zung der Arbeitsbewegung nach Tramm¹⁾ liefert Elemente, die auch wieder nur einem bestimmten Zweck dienen, der Zeituntersuchung aber keine Angriffsmöglichkeit bieten. Der Arbeitsvorgang besteht z. B. in der Bewegung eines 2,15 kg schweren Gewichtes von *a* nach *b* (Abb. 16) Tramm zergliedert diesen Vorgang nun in folgende Einzelvorgänge:



Abb. 16. Versuchsanordnung für die Untersuchung eines Bewegungselementes (nach Tramm).

1. Die Versuchsperson muß zunächst den Willen aufbringen, den Auftrag zu übernehmen.

2. Das Bewußtsein überlegt auf Grund der bisherigen Erfahrung, wie der Auftrag ausgeführt wird.

3. Die beteiligten Körperteile werden eingestellt für die Bewegung der Hand von *c* nach *a*.

4. Einstellung der Hand zum Erfassen des Griffes.

5. Abschätzen des Gewichtes nach dem Tastgefühl und Augenmaß, sowie Erprobung durch Heben.

6. Einstellung der Hand und beteiligter Körperteile für die Bewegung, Kraft, Richtung von *a* bis *b*.

7. Regelung der Bewegungsgeschwindigkeit der Hand und Abschätzen der Entfernung *a* bis *b*.

8. Hemmen sämtlicher Bewegungen beim Niedersetzen des Gewichtes.

9. Loslassen der Hand.

10. Bewegung von *b* nach *c*.

11. Hemmen der Bewegung bei *c*.

Der Punkt *c* ist Ausgangs- und Endpunkt der bewegenden Hand.

Wenn es sich darum handelt, den zeitlichen Verlauf anzugeben, kommt es gar nicht auf die hier angeführten inneren psychophysischen Vorgänge an. Die Bewegungen *c* nach *a*, *a* nach *b*, *b* nach *c* wären im Sinne der Zeitstudie an sich schon hinreichend als Elemente aufzufassen, da diese Bewegungen bereits einfach genug sind, um sich in Klassen einreihen zu lassen, die bei anderen Vorgängen ebenfalls auftreten.

Bedingung für die Verwendungsmöglichkeit der Arbeitselemente zur Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Arbeit. Im Rahmen der Untersuchung der Lokomotivmontage hatten wir Gelegenheit, die Elemente der Schlosserarbeit studieren zu können. Eine Analyse der Montagearbeiten läßt in der Hauptsache zwei Klassen von Teilarbeiten erkennen:

¹⁾ Tramm: Psychotechnik und Taylorsystem. Berlin 1921.

1. Arbeiten, bei denen das Werkstück Lagenänderungen erleidet,
2. Arbeiten, bei denen das Werkstück Formänderungen durchmacht.

Zu 1 gehören Anheben, Anhalten, Anbauen, zu 2 Meißeln, Feilen, Schaben, Tuschieren und Gewindeschneiden.

Die Vorgänge unter 1 lassen sich allgemein zu Komplexen stets gleichbleibender Zusammensetzung zusammenfassen, bilden also ein Beispiel zur Gruppe II unseres Schemas Tabelle 1 (S. 7)¹⁾. Kresta gibt eine Zahlentafel an²⁾, in der Zeitnormen enthalten sind und zwar für Hochnehmen von Arbeitsstücken verschiedenen Gewichtes ohne und mit Hilfe eines Kranes, Einsetzen von Kopfschrauben und Festziehen der Muttern in Abhängigkeit von Schaftlänge und Stärke, Einziehen von Stehbolzen mit Whitworth- und metrischen Gewinden.

Auch die Arbeitszeiten spezieller Zusammenbauarbeiten, wie sie etwa im Lokomotivbau auftreten, lassen sich normalisieren. Als Beispiel sind die Ergebnisse einer Zeituntersuchung für den Einbau eines Lokomotivkessels von 1840 mm Ø und 8883 mm Länge wiedergegeben.

Kesseleinbauen für Kessel mit 2 Pendelblechen.

Kran und Kessel vorbereiten zum Einsetzen	2 Mann zu	10 Min. =	20 Min.
Kessel mit Kran einsetzen	3 „ „	6 „ =	18 „
Tragvorrichtung abnehmen	2 „ „	2 „ =	4 „
Kessel an der Rauchkammer zum Bohren vorzeichnen und Maß für Beilagen nehmen	1 „ „	20 „ =	20 „
Kessel nach dem Bohrstand bringen	1 „ „	12 „ =	12 „
Rauchkammer vorzeichnen	1 „ „	40 „ =	40 „
Kessel das zweite Mal einsetzen	3 „ „	44 „ =	132 „
Kessel verschrauben	3 „ „	365 „ =	1095 „
Rahmen und Kessel zur Kontrolle fertig machen	3 „ „	57 „ =	171 „
Abnahme durch die Kontrolle.	2 „ „	20 „ =	40 „
			1552 Min.
			= 25,9 Std.

Desgleichen sind an Kesseln anderer Dimensionen Zeituntersuchungen angestellt worden, so daß sich beispielsweise für unsere Betriebsverhältnisse folgende gültige „Zeitnormen für Kesseleinbauen von Kesseln mit 2 Pendelblechen“ ergaben.

Kesseldimensionen		Arbeitszeiten für das Einbauen
Längen	Durchmesser	
8883	1840	25,9 Std.
8128	1800	20 „
2850	700	11 „
6000	1320	15 „

¹⁾ Siehe auch Resow: Wie komme ich zu einer einheitlichen Gießereikalkulation? Stahleisen 30. X. 1924, Heft 44, S. 63.

²⁾ Kresta: Über die Berechnung von Handarbeitszeiten. Werkst.-Techn. 1923, Heft 10.

Ganz anders als bei den erwähnten Arbeiten liegen die Verhältnisse bei den unter 2 (Einteilung S. 37) angeführten Tätigkeiten, die reine Schlosserarbeiten genannt sein sollen, und die wohl als die Grundoperationen des Schlosserhandwerkes gelten können. Sie stellen die einheitlichen Klassen derjenigen Vorgänge dar, welche die Tätigkeit des gelernten Schlossers kennzeichnen.

Bedingungen für die Beschaffenheit der Elemente der Schlosserarbeit.

Damit erfüllen diese Arbeitsarten an sich schon eine wesentliche Bedingung für die Beschaffenheit ihrer Elemente, nämlich die Einheitlichkeit, und wir haben nunmehr noch festzustellen, ob auch der Forderung einer hinreichenden Unterteilung und der Einfachheit hinsichtlich der zeitlichen Messung genügt wird.

Einfluß des Rhythmus. Alle die hier in Frage kommenden Arbeitsarten unterliegen einem Rhythmus und zwar — mit Ausnahme des Gewindeschneidens — dem Rhythmus einer hin- und hergehenden Bewegung. Dem Rhythmus der Arbeit kommt — wie in einem späteren Kapitel noch dargetan werden soll — eine weitgehende Bedeutung zu, so daß die Zeitbeobachtung unbedingt auch darauf eingehen muß.

Arbeitstakt als Grundlage der Zeitmessung. Es liegt daher nahe, den Arbeitstakt als Grundlage der Zeitmessung zu wählen und damit den Arbeitshub (oder besser Doppelhub: Hin- und Rückgang) als Arbeitselement anzusprechen. Diese Auffassung hat viel für sich. Bei einer auf dem Arbeitshub aufgebauten Beobachtung ist man in der Lage, die Zeit des tatsächlich formändernden Arbeitseingriffes festzustellen. Sie gestattet nicht nur die Messung der größeren, sondern auch die der kleinen und kleinsten Pausen, die sich zwischen den einzelnen Hüben einschieben, und schließlich auch die Registrierung der leerlaufenden Mitbewegungen.

Rücksicht auf die Grenze der Reaktionsgeschwindigkeit des Zeitbeobachters. Die geringe Dauer und die rasche Aufeinanderfolge der Arbeitshübe erschweren jedoch die zeitliche Feststellung erheblich. Die Reaktionsgeschwindigkeit des Beobachters ist nicht groß genug, um die Beobachtungsfehler unter solchen Umständen in zulässigen Grenzen zu halten. Besonders die Messung der kleinen momentanen Ruhepausen zwischen den Umkehrbewegungen wird von gleicher Größenordnung sein, wie die durch die geringe Reaktionsgeschwindigkeit bedingten Beobachtungsfehler.

Diese Schwierigkeiten lassen den Arbeitshub (oder Doppelhub) als Arbeitselement im Sinne der Zeitstudie als nicht geeignet erscheinen. Die Einfachheit der zeitlichen Feststellung verlangt eine größere Dauer des elementaren Vorganges, als sie der Hin- und Herbewegung beim Feilen, Meißeln, Schaben eigen ist. Fassen wir aber mehrere Hübe zu-

sammen, dann entgegen unseren Beobachtungen wiederum die kleinen — zwischen den Hüben liegenden — Pausen.

Eine solche Zusammenfassung würde also z. B. einen Arbeitsvorgang wie Feilen umfassen, bis er von einem anderen oder einer größeren Pause abgelöst wird. Zwei solche Vorgänge von gleicher Dauer können sich durch ein Mehr oder Weniger der zwischen ihren Umkehrbewegungen enthaltenen kleinen Pausen unterscheiden.

Der zeitliche Wirkungsgrad. Man könnte also von einem verschiedenen zeitlichen Wirkungsgrad der beiden verglichenen Vorgänge sprechen, der dem Verhältnis der Summe der einzelnen Doppelhubzeiten während der Beobachtung zur gesamten Beobachtungszeit entspricht. Wenn es gelingt, den zeitlichen Wirkungsgrad zu bestimmen, dann ist nichts dagegen einzuwenden, einen solchen Vorgang als Arbeitselement anzusprechen, dessen Dauer durch einen anderen Vorgang unterbrochen oder durch eine Pause begrenzt wird. In dem zeitlichen Wirkungsgrad

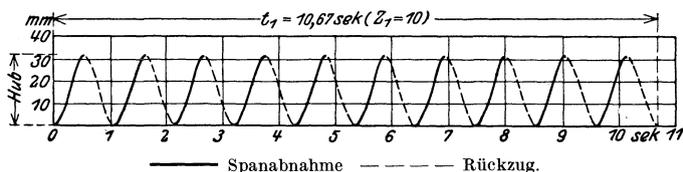


Abb. 17. Schaubild eines Feilvorganges. Hub : 31,6 mm.

Dauer eines Doppelhubes : $T = \frac{t_1}{z_1} = 1,07 \text{ Sek.}$

kommt besonders die individuelle Eigenart der Arbeitsweise der einzelnen Arbeiter zum Ausdruck. Der eine verteilt seine Ruhepausen zur Überwindung der Ermüdung auf viele kleine Rastzeiten, während der andere darauf eingestellt ist, Erholungspausen von größerer Dauer — dafür aber entsprechend seltener — anzuwenden. Die Fertigkeitsschulung wird bemüht sein, diese Verhältnisse zur Erzielung eines Optimums an Arbeitsleistung zu regulieren. Die Zeitaufnahme hat jedoch die Aufgabe der objektiven Feststellung.

Das bequemste Intervall. Jedem Menschen ist für jede Bewegungsart ein bestimmter Rhythmus, das bequemste Intervall, eigen¹⁾. Deshalb wird wohl stets allgemein eine Gruppe von Bewegungen — zur Ausnutzung dieses Intervalls — gleichmäßig im Rhythmus und ohne Unterbrechung ausgeführt werden.

Sinuscharakter der Feilbewegung. Der gesamte Vorgang ähnelt dann dem eines Kurbelmechanismus, und der Verlauf trägt sonach einen sinusähnlichen Charakter (Abb. 17).

¹⁾ Siehe auch Lahy-Waldsburger: Taylorsystem und Physiologie der beruflichen Arbeit. Berlin: Julius Springer.

Ein solcher Sinuszug wird in seiner Stetigkeit durch die kleinen zwischen den Umkehrbewegungen verteilten Ruhepausen gestört. Ist t_1 ein Zeitabschnitt, in welchem ohne Unterbrechung im Rhythmus gearbeitet wird, z_1 die in diesem Abschnitt auftretende Zahl der Doppelhubbewegungen, so bezeichnet

$$T = \frac{t_1}{z_1}$$

die Größe des regelmäßigen Taktes. Stellt t_2 einen Zeitabschnitt dar, der größer ist als t_1 und zwar von einmal festgelegter, stets konstanter Dauer — etwa 60 Sek. (in Abb. 18 wegen Platzmangels 30 Sek. gewählt) — und z_2 die in dieser Zeit auftretende Zahl der Doppelhübe, dann ist

$$R = \frac{t_2}{z_2}$$

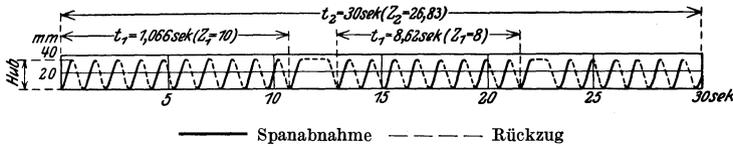


Abb. 18. Schaubild eines Feilvorganges. Hub : 31,6 mm.

$$\text{Dauer eines Doppelhubs : } T = \left(\frac{1,066}{10} + \frac{8,62}{8} \right) \frac{1}{2} \approx 1,06,$$

Dauer eines Doppelhubs + der Dauer seines An-

$$\text{teils an den kleinen Pausen während 30 Sek. : } R = \frac{t_2}{z_2} = \frac{30}{26,83} = 1,12,$$

$$\text{Zeitlicher Wirkungsgrad : } W = \frac{T}{R} = \frac{1,06}{1,12} = 0,95.$$

ein Zeitmaß, in dem die durch die verteilten kleinen Pausen auftretende Verzögerung berücksichtigt ist, und das bezüglich T die Beziehung aufweist:

$$R > T.$$

Der Quotient

$$W = \frac{T}{R}$$

stellt den zeitlichen Wirkungsgrad dar (Abb. 18).

Intensität der Arbeit. Unter sonst gleichen Bedingungen wird nunmehr die Leistung L einer vorliegenden Arbeit zu der Leistung L_{max} , die in derselben Zeit bei einem $W = 1$ erreichbar wäre, in folgender Beziehung stehen:

$$L = L_{max} \cdot W$$

Vereinfachte Darstellung der Arbeitselemente. Die in dem Weg-Zeit-Diagramm (Abb. 17, S. 39) dargestellte sinusähnliche Kurve ist für das Studium der Arbeitsbewegung von besonderem Interesse, da ihre Steigung die Beschleunigungsverhältnisse abzulesen gestattet. Wenn es sich aber lediglich darum handelt, den reinen zeitlichen Ablauf anzu-

geben, dann genügt eine eindimensionale Darstellung durch Zeitlinien. Die Wellenlinie wird dann durch einen geraden Linienzug ersetzt. Die spanabhebenden Hübe sind durch Striche, die Leerlauf-Rückzughübe und die Pausen durch Lücken angedeutet (Abb. 19).

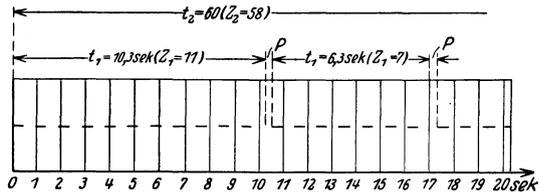
Der zeitliche Wirkungsgrad dieses dargestellten Vorganges beträgt

$$W = 0,89.$$

Mit Hilfe der Angaben des zeitlichen Wirkungsgrades können wir nun den Vorgang eines Arbeitselementes auch durch eine kontinuierliche gerade Linie darstellen, deren Länge in bestimmtem Maßstab die Gesamtdauer angibt. Durch die Aneinanderreihung solcher durch Linien dargestellten Elemente sind wir in der Lage, einen zusammenhängenden Arbeitsverlauf zur Anschauung zu bringen (Abb. 20).

Die Verwendung des Morseapparates zur Messung der Arbeitselemente. Diese Darstellungsmöglichkeit führt zur Verwendung eines Morseapparates, der, durch einen Zeitbeobachter in geeigneter Weise bedient (Abb. 8, S. 25), den Arbeitsverlauf registriert. Für unsere Werkstatt-

aufnahmen wurde ein Postmorseapparat (I, Abb. 21) verwendet, an dem die Übersetzung des Uhrwerkes so umgebaut wurde, daß der Morsestreifen in einer Minute gerade 60 mm weiter rückte. Unter Einschaltung eines Widerstandes (II, Abb. 21) kann der Apparat an das elektrische Hauptnetz angeschlossen werden. Zur Einschaltung



Jeder Strich bedeutet: spanabnehmender Hub, die Lücken: Rückzug und Pausen.

Abb. 19. Zeitlinie eines Feilvorganges.

$$T = \left(\frac{10,3}{11} + \frac{6,3}{7} \right) \frac{1}{2} \leq 0,92,$$

$$R = \frac{60}{58} \leq 1,034,$$

$$W = \frac{T}{R} = \frac{0,92}{1,034} = 0,89.$$



Abb. 20. Aneinandergereihte Elemente zur Darstellung eines Arbeitsverlaufs. Maßstab 60 mm = 60 Sek., $W = 0,9$.

f = Feilen durch die Striche
 p = Pause } durch die Lücken } dargestellt.
 m = Messen

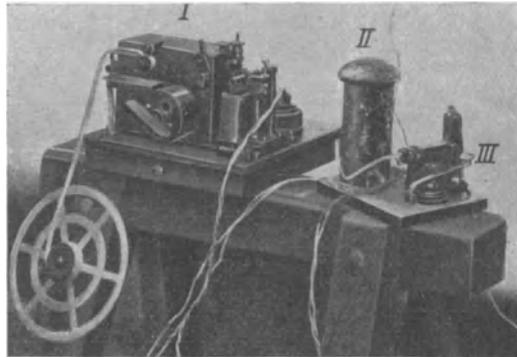


Abb. 21. Morseapparat (I) nebst Stromwiderstand (II) und Morsetaste (III).

des Stromes dient die eigens dafür konstruierte Taste (*III*, Abb. 21), deren Hub sehr klein gehalten ist, um die Zeit des Schließens und Öffnens des Stromes auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Bei herabgedrückter Taste schreibt der Morseapparat einen Strich, während der Streifen sonst unbeschrieben abläuft. Das Uhrwerk ist also während der gesamten Beobachtungszeit im Gange. Die spanabhebenden Arbeiten wie Feilen, Meißeln, Schaben werden durch Striche registriert, während Tuschieren, Messen und Pausieren durch unbeschriebene Stellen kenntlich werden. Die durch Linien dargestellten Vorgänge, Feilen, Meißeln, Schaben, werden stets durch Messen oder Pausieren begrenzt — also durch unbeschriebene Streifenstellen — wodurch Beginn und Ende eindeutig festgelegt sind. Hingegen müssen die Vorgänge Messen, Tuschieren und Pausieren, sofern diese aufeinander folgen, durch einen Punkt gegeneinander abgegrenzt werden.

Ausführung der Zeitbeobachtung. Der Beobachter bedient mit der einen Hand die Morsetaste, während er mit der anderen ein handschriftliches Protokoll führt. In diesem Protokoll (Abb. 22) werden zunächst chronologisch die Bearbeitungsstellen (Abb. 9, S. 25) und die Arbeitsstufen (Feilen, Meißeln, Schaben, Messen, Pausieren) registriert. Mit diesen Aufzeichnungen müssen später die Zeichen des Morsestreifens identifiziert werden. Daneben muß das Protokoll auch die Angaben über Rhythmus (*T* und *R*) und schließlich auch Bemerkungen besonders über die Verwendung der Pausen aufnehmen.

Symbolische Kurzschrift. Um die Führung des handschriftlichen Protokolls zu erleichtern, sind für die sich wiederholenden Aufzeichnungen einfache Abkürzungen oder eine symbolische Kurzschrift angewendet. Die bei der ganzen Untersuchung notwendig gewordenen und verwendeten Abkürzungen sind aus Tabelle 6, S. 44 zu ersehen.

Die Bezeichnung des Gegenstandes am Kopf des Beobachtungsprotokolls, Abb. 22: *LX A 3* bedeutet also: Linke Rahmenwange des 10. Rahmens, Achsgabelstelle 3. Für die Vorgänge Feilen, Meißeln, Schaben, Messen, Tuschieren, Pausieren sind die Abkürzungen *f*, *mß*, *t*, *m*, *p* gewählt. Die Werte in der Spalte *T* — als Bruch geschrieben — enthalten im Zähler t_1 , im Nenner z_1 (siehe S. 40), während in Spalte *R* nur die Angabe von z_2 erfolgt, weil t_2 konstant mit 60 Sekunden beibehalten wurde. Das Symbol neben der ersten Bemerkung weist auf das Anfangszeichen hin, das zu Anfang eines neuen Morsestreifens bei Beginn einer neuen Beobachtungsperiode von Punkten in Zweisekundenabständen gemorst wird. Der Übergang von Pausen zu Meßzeiten und umgekehrt wird — wie schon bemerkt — durch einen Punkt gekennzeichnet. Zur besseren Orientierung bei dem später vorzunehmenden Vergleich des Streifens mit den schriftlichen Aufzeichnungen sind diese Punkte im Protokoll jeweils durch einen kleinen Strich vor dem *p*- und

Beobachter: <i>S.</i> Dat.: 2. III. früh		Schlosser: <i>Hartelt</i> Gegenstand: <i>LX A 3</i>		Blatt Nr. 25 dazu Skizze Nr. 1a	
Bearbeitungsstelle Arbeitsvorgang		T	R	Lfd. Zeit	Bemerkungen
<i>F</i>	<i>p</i>				<i>Werkzeug holen... 7⁷</i>
	<i>f</i>				
	<i>p</i>				
	<i>f</i>	<i>10/10</i>		<i>7¹⁰</i>	
	<i>p</i>				<i>Lineal holen, Weg 4 m ↗</i>
	— <i>m</i>				
	— <i>p</i>				
	<i>f</i>	<i>10/10</i>			
	<i>p</i>				
	— <i>m</i>			<i>7²⁰</i>	
	<i>f</i>		<i>57</i>		
	<i>p</i>				
	<i>f</i>				
	<i>m</i>				
	— <i>p</i>				<i>Unterhalt. mit Kolführ. dienst.</i>
	<i>f</i>			<i>7³⁰</i>	
	(<i>p</i>)				
	<i>f</i>				

<i>Nr. 25</i>	<i>2. III.</i>	<i>früh</i>	<i>7⁷</i>	<i>p</i>	—	<i>f</i>	—	<i>p</i>	—	<i>f</i>
			<i>7¹⁰</i>			<i>p</i>		—	<i>m</i>	
			—	<i>p</i>				<i>f</i>		
								<i>p</i>	—	
		<i>m</i>				<i>7²⁰</i>		<i>f</i>		
								<i>p</i>	—	<i>f</i>
							<i>m</i>		—	<i>p</i>
										<i>7³⁰</i>
		<i>f</i>	(<i>p</i>)			<i>f</i>				

Abb. 22. Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls mit dem zugehörigen Teil des Morsestreifens.

a	außen	Die Seiten der Rahmenplatten, an denen die Räder der Lokomotive vorbeilaufen	r	roh	Zustand eines Arbeitsstückes vor der Bearbeitung
b	Bezugslinie		v	vorn	Die Seite der Lokomotive, an der sich der Schornstein befindet
f	fertig	Zustand eines Arbeitsstückes nach d. Bearbeitung	A	Achsgabel	Numerierung arabisch, fortlaufend an jeder Rahmenplatte vorn beginnend
h	hinten	Die Seite der Lokomotive, an der sich der Führerstand befindet	H	Hohlkehle	Numerierung arabisch nach Abb. 9
i	innen	Die Seiten der Rahmenplatten, an welche die Zwischenverbindungen des Rahmens stoßen	K	Körner	Beim Anreißen einer Achsgabel besonders markierte Punkte
l	längs	Richtungsangabe f. Schnitte, welche in Richtung der Lokomotivlängsachse laufen	L	linke Rahmenwange	Numerierung römisch
m	Mittellinie, -riß usw.		R	rechte Rahmenwange	Numerierung römisch
q	quer	Richtungsangabe f. Schnitte, die in Richtung der Radachsen laufen	Sp	Spanmenge	

m-Zeichen angedeutet. Pausen, die zwischen Vorgängen stattfinden, die im Morsestreifen durch einen Strich dargestellt werden, sind, sofern sie weniger als eine Sekunde betragen, auf dem Morsestreifen nicht wahrnehmbar. Solche kleine Pausen, bei denen es zweifelhaft erscheint, ob sie auf dem Streifen registriert sind, werden im Protokoll durch ein (p) angegeben, damit man gegebenenfalls beim Vergleich des Streifens mit dem Protokoll nicht vergeblich nach einer solchen unterschlagenen Pause zu suchen hat.

Registrier- und Auswertungsverfahren. Wir sind nun in der Lage, aus Morsestreifen und schriftlichem Protokoll die beobachteten Vorgänge nach jeder gewünschten Hinsicht auszuwerten. Bevor wir uns mit den Ergebnissen der Zeitaufnahme selbst befassen, sei gestattet, auf das Registrier- und Auswertungsverfahren näher einzugehen, damit jeder Leser in der Lage ist, dieses neuartige Beobachtungsverfahren nach der vorliegenden Beschreibung auszuführen.

Durch die Frühstück- und Mittagspause ist der Arbeitstag in drei Abschnitte eingeteilt. Für jeden dieser Abschnitte wird ein besonderer Streifen abgerollt, dessen Anfang neben dem symbolischen Beginnzeichen (-----) einen schriftlichen Vermerk über Datum, Tagesabschnitt und laufende Nummer trägt (siehe Abb. 22, S. 43).

Der letzte Punkt des Beginnzeichens entspricht dem Zeitvermerk des Protokolls, dient also zur Bestimmung der Koinzidenz. Am Schluß des Streifens ist ein — ebenfalls aus Punkten in Zweisekundenabständen bestehendes — Schlußzeichen gemorst, dessen erster Punkt zur Koinzidenz verwendet wird. Sowohl die Bezeichnungen f, p, m usw. als auch

die Zeitvermerke 7⁷, 7¹⁰, 7²⁰ werden nachträglich auf Grund des Vergleichens mit dem schriftlichen Protokoll in den Morsestreifen eingetragen.

Die Auswertung wird nach zwei Richtungen hin vorgenommen und zwar

1. als Intervallberechnung,
2. als Bearbeitungsstellenberechnung.

Intervallberechnung. Die Intervallberechnung liefert den Nachweis, wie sich die verschiedenen Arbeitsvorgänge und Pausen auf gleiche Zeitintervalle verteilen. Zu diesem Zwecke werden auf dem Morsestreifen die Strich- bzw. Lückenlängen gleicher Vorgänge eines Zeitintervalls von beispielsweise 10 Min. mittels eines Meßbrädchens¹⁾ zusammengezählt und das Ergebnis in ein Formular (Abb. 23) eingetragen, das für die entsprechende Eintragung der Zeitwerte für Feilen, Meißeln, Schaben, Tuschieren, Messen, Pausieren, senkrechte Spalten vorsieht. Wagerecht ist eine Teilung nach Intervallen vorgenommen und zwar derart, daß je 3 Spalten für 10-Minutenintervalle, eine Spalte für Halbstundenintervalle und eine für die Prozentwerte der Halbstundenintervalle aufeinanderfolgen. Die Spalte der Halbstundenintervalle nimmt dann die Summe der Werte aus den vorangegangenen 3 Spalten der 10-Minutenintervalle auf. Am Ende eines Zeitabschnittes ist schließlich eine Spalte für die Prozentwerte über den gesamten Tagesabschnitt vorgesehen. Abb. 23 stellt die Intervallberechnung für den Arbeitsvorgang dar, dessen erste halbe Stunde in Abb. 22 (S. 43) durch einen Teil des Aufnahmeprotokolls und des zugehörigen Morsestreifens wiedergegeben ist.

Graphische Darstellung. Die Darstellung der Zusammensetzung der Zeitintervalle als Flächendiagramm Abb. 23 gibt einen in vieler Hinsicht wertvollen Überblick. Die im Beobachtungsprotokoll Abb. 22, S. 43) angeführten Bemerkungen — besonders die über Ursachen und Verwendung der Pausen — werden zweckmäßig in die graphische Darstellung übertragen, so daß man für außergewöhnliche Zusammensetzungen eine Erklärung zur Hand hat. So wird z. B. das überaus große Pausieren im ersten Intervall von 7 bis 7 Uhr 10 Min. durch die Bemerkung „Werkzeug holen“ begründet. Im übrigen er-

¹⁾ Als Meßbrädchen wird ein solches verwendet, wie es zum Ausmessen von Entfernungen auf Landkarten benutzt wird. Fährt man mit diesem Instrument einen Streifen entlang, dann ist zu beachten, daß die Morsestriche je um 1 mm zu lang, die Lücken zwischen ihnen entsprechend kürzer ausfallen, weil die Schreibvorrichtung des Morseapparates momentan keinen Punkt zeichnet, sondern einen kleinen Strich von 1 mm Länge, wie mittels Mikroskop genau gemessen wurde. Die im Uhrwerk des Morseapparates auftretenden kleinen Schwankungen müssen beim Auswerten durch Verteilen der Fehler ausgeglichen werden. Die Fehler sind sehr klein, und zwar von der Größenordnung 0,3%.

Ausgearbeitet: von: <i>B.</i> am: <i>4. III.</i>		Intervall-Berechnung Schlosser: <i>Hartelt.</i> Gegenstand: <i>LX A 3</i>				Blatt Nr.: <i>8 J₁</i> Unterlagen: Blatt Nr.: <i>25</i> Dat.: <i>2. III.</i>	
f	mß	sch	t	m	p	Intervall (Min.)	
1,77					8,23	7 — 7 ¹⁰	
4,24				3,64	2,12	7 ¹⁰ — 7 ²⁰	
5,56				1,96	2,48	7 ²⁰ — 7 ³⁰	
11,57				5,60	12,83	7 — 7 ³⁰	
38,6				19,0	42,4	in %	
5,21				3,21	1,78	7 ³⁰ — 7 ⁴⁰	
4,62				3,14	3,42	7 ⁴⁰ — 7 ⁵⁰	
4,03				3,28	1,31	7 ⁵⁰ — 8	
13,86				9,63	6,51	7 ³⁰ — 8	
46,2				32,1	21,7	in %	
4,21				3,12	2,67	8 — 8 ¹⁰	
3,52				2,43	4,05	8 ¹⁰ — 8 ²⁰	
3,1			2,52	3,81	0,57	8 ²⁰ — 8 ³⁰	
10,83			2,52	9,36	7,29	8 — 8 ³⁰	
36,1			8,4	31,2	24,3	in %	
40,3			2,8	27,4	29,5	7 — 8 ³⁰	
						in %	

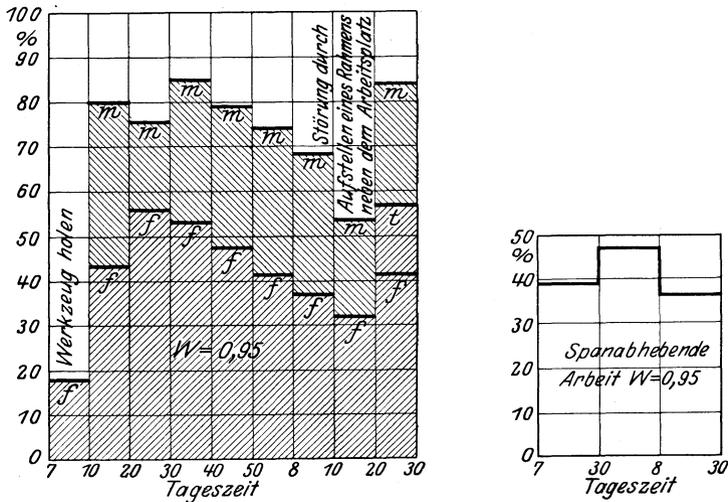


Abb. 23.

kennt man aus dem Aufstieg und dem Abfall der prozentualen Werte der Arbeit — besonders der körperlichen — den Einfluß der Angewöhnung an die Arbeit, der Ermüdung, und der ermüdungsüberwindenden Anreize.

Leistungscharakteristik. In vielen Fällen führt dieser Einfluß dann zu der bekannten Leistungscharakteristik, die jedoch nicht als Regel anzusehen, sondern wahrscheinlich nur verschiedenen Typen eigentümlich ist (Abb. 24).

Da bei den hier untersuchten Schlosserarbeiten die Ermüdung in der Hauptsache durch die körperliche Arbeit hervorgerufen wird — also infolge der spanabhebenden Arbeitsvorgänge —, so werden wir diese zweckmäßig bei einer zusammenfassenden Darstellung für die Leistungscharakteristik zur Schau bringen, wie es in Abb. 23 (S. 46)

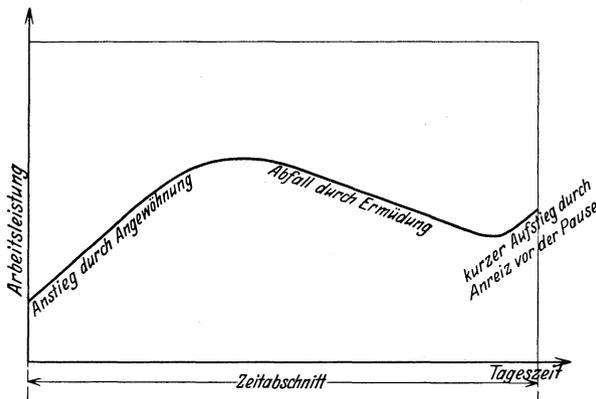


Abb. 24. Leistungscharakteristik eines Zeitabschnittes.

rechts unten geschehen ist. Die spanabhebenden Arbeiten sind hier — gleichgültig, ob sie sich aus Feilen, Meißeln usw. zusammensetzen — für die Halbstundenintervalle zusammengefaßt und in Prozenten aufgetragen. Von 100 subtrahiert, ergeben diese Zeitprozentage danach diejenigen für Pausieren und Messen zusammen.

Das Arbeitszeitschaubild. Fügen wir nun eine solche Darstellung der 3 Arbeitsabschnitte eines Tages (früh, mittags und nachmittags) mit Einschaltung der entsprechenden Frühstücks- und Mittagspause zu einem Bild zusammen, so erhalten wir ein Arbeitszeitschaubild über den ganzen Arbeitstag hin (Abb. 25).

Durch Eintragen der Abschnitts- und Tagesdurchschnitte läßt sich die relative Verteilung der Zeiten besser erkennen. Freilich können aus dem Schaubild eines einzelnen Tages und eines bestimmten Arbeiters noch keine Schlüsse auf die Arbeitscharakteristik dieses bestimmten Arbeiters, noch viel weniger auf eine allgemeingültige Charakteristik

gezogen werden. Um eine individuelle Charakteristik zu erhalten, müssen eine Anzahl einzelner Tagesschaubilder zu einem Durchschnittschaubild superponiert werden (Abb. 26).

Wir erkennen aus diesem Diagramm, daß die Ausnutzung der Arbeitszeit (im Falle des Schlossers Hartelt) während des dritten Tagesabschnittes stark nachläßt.

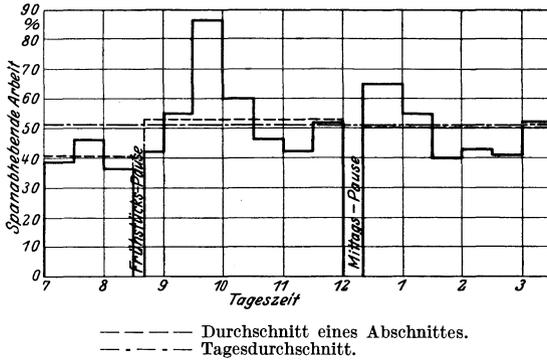


Abb. 25. Arbeitszeit-Schaubild eines Arbeitstages. Dienstag, d. 18. III. 24. Schlosser: Hartelt. Gegenstand: LX A 3.

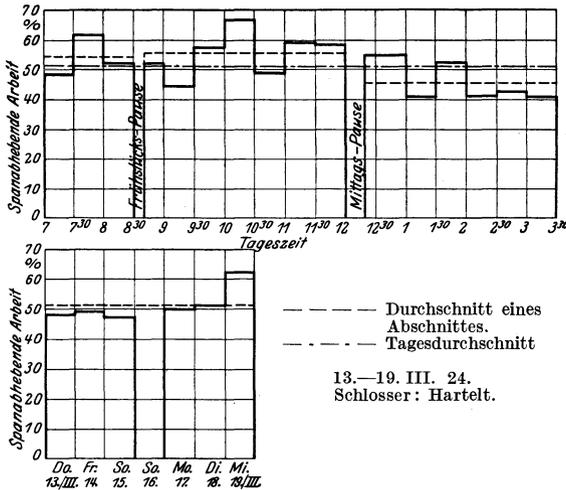


Abb. 26. Arbeitszeit-Schaubild eines Arbeitstages (Superposition der Tage 13., 14., 15., 17., 18., 19. III. 24).

Wahrscheinlich würde die Leistung dieses Mannes erheblich gesteigert werden, wenn die Pause zugunsten der Verlängerung der beiden ersten Abschnitte verlegt würde. Der Höhepunkt der Leistung, der im Intervall 10 bis 10¹⁰ auftritt, entspricht dem Maximum der sogenannten Wachkurve nach Hellpach (Abb. 27).

Dem Diagramm, Abb. 26 ist links unten ein Diagramm der Tagesdurchschnitte derjenigen Tage beigefügt, aus denen das superponierte Arbeitszeit-schaubild entstanden ist.

Der Verlauf der Leistung über eine Woche hin ist, wie allgemein bekannt, auch bestimmten Ge-

setzmäßigkeiten unterworfen. Natürlich lassen sich diese aber wiederum nur aus einer Vielheit einzelner Feststellungen ableiten. Um eine allgemeingültige Charakteristik zu erhalten, werden die superponierten Arbeitszeitschaubilder der einzelnen Tage verschiedener Leute abermals zusammengesetzt. Ein solches neu zusammengesetztes, allgemein

gültiges Arbeitszeitschaubild, aus den einzelnen superponierten Schaubildern von 8 Leuten gewonnen, zeigt die Abb. 28.

Wir sehen hier, daß das Arbeitsmaximum des Tages im Intervall von 9 bis 9³⁰ liegt. Während der letzten Stunde des Tages läßt die Leistung erheblich nach. Der Gesamtdurchschnitt beträgt 58,3%, der Durchschnitt des zweiten Abschnitts 60%, während der des ersten mit 57,7% und der des letzten mit 55% der Zeitausnutzung unter dem Durchschnitt liegen.

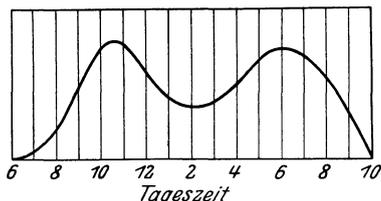
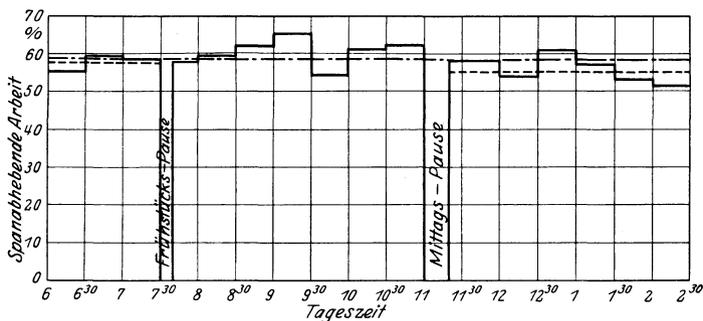


Abb. 27. Wachkurve (nach Hellpach).

Ergebnisse der Intervallberechnung und ihre Grenzen. Eine derartige Untersuchung gibt uns keinerlei Aufschluß über die Intensität der geleisteten Arbeit.

Sie sagt uns nur etwas über die Verwendung der Arbeitszeit aus. Die Gestalten dieser Arbeitskurven lassen jedoch hinreichend sichere Schlüsse — durch Korrelation — auf Ermüdung, Angewöhnung und Schlußanreiz (gegen Ende des Arbeitsabschnittes) ziehen. Man wird also praktisch die Festsetzung der Pausen bereits auf Grund solcher Arbeitszeitschaubilder vornehmen können.



— — — Durchschnitt eines Abschnitts, - - - Tagesdurchschnitt.

Abb. 28. Arbeitszeit-Schaubild eines Arbeitstages. Zusammensetzung aus den Schaubildern von acht Leuten — insgesamt 60 Tagen.

März—April 24. Schlosser: F., H., I., K., M., N., S., T.

Wesentlich ist auch die Feststellung, welchen Prozentsatz der Gesamtarbeitszeit die Zeit der tatsächlich formändernden Arbeit im Durchschnitt in Anspruch nimmt. Für alle Fragen der Akkordbildung sind eben in der Hauptsache nur Durchschnittswerte heranzuziehen. Freilich muß man sich bei der Anwendung von Durchschnittswerten vollkommen klar darüber sein, daß im Einzelfalle gewisse Abweichungen in Erscheinung treten können. Einflüsse persönlicher und sächlicher Natur werden sich jedesmal geltend machen und die Verdienste der Leute sowie die Produktionsziffern Schwankungen aussetzen. Ein ge-

Ausgearbeitet: von: <i>B.</i> am: 6. III.		Bearbeitungsstellen-Berechnung. Schlosser: <i>Hartell.</i> Gegenstand: <i>LX A₃</i>				Blatt Nr.: 4 St. Unterlagen: Blatt Nr.: 25/26/27 Dat.: 2.—5. III.	
Stelle	f	mß	h	sch	m	p	ges. Zeit
B			1,93				1,93
H ₁	28,15	4,33			5,16	8,69	46,33
C	76,12	10,93		5,63	26,29	84,45	203,42
DN	21,04	10,96	(Kantebrechen)			8,00	40,00
E	34,55	1,57		9,82	9,57	33,48	88,99
H ₂	10,38	1,20			0,65	4,37	16,60
F	32,95			6,81	11,40	46,01	97,17
Fsi	6,75	4,63	(Kantebrechen)			5,00	
Fsa	7,09	3,63				8,78	
Fs	13,84	8,26				13,78	35,88
H ₃	11,17	13,87		2,05	4,30	10,21	41,60
I	149,88	35,11		32,48	59,47	132,34	409,28
Iti	8,23	3,30	(Kantebrechen)			6,70	
Ita	7,22	4,03				0,92	2,10
It	15,45	7,33			0,92	8,80	32,50
M	49,30	4,87		6,92	31,24	44,83	137,16
S	8,43	10,83			2,57	7,32	29,15
O	57,19	35,31		10,37	34,20	75,68	212,75
H ₆	43,64	25,12			13,32	37,34	119,42
SQi			5,60			1,30	
SQa	2,77		10,25		0,20	9,78	
SQ	2,77		15,85		0,20	11,08	29,90
UTi			14,66		0,17	2,47	
UTa			6,50			2,00	
UT			21,16		0,17	4,47	25,80
G	16,63				2,03	7,56	26,22
BC	3,14	13,43			3,42	18,33	38,32
Ua			10,00			5,00	15,00
Qa					9,76	8,75	18,51
Sa.	574,63	183,12	48,94	74,08	214,67	570,49	1665,93

Abb. 29.

rechter Ausgleich dieser Schwankungen tritt jedoch innerhalb eines längeren Zeitabschnittes dann ein, wenn die den Akkorden zugrunde liegenden Zeiten einwandfrei ermittelte Durchschnitte darstellen. Die Vernachlässigung des Einzelfalles wird auf diese Weise gerechtfertigt.

Mit Hilfe der Intervallberechnung sind wir in der Lage, das Arbeitszeitschaubild des Einzelarbeiters als auch das des Durchschnittsarbeiters zu entwerfen, und der verschwommene Begriff des Durchschnittsarbeiters nimmt durch die Anwendung dieser Methode festere Formen an.

Bearbeitungsstellenberechnung. Die Diskussion der Arbeitszeitschaubilder lenkt in der Hauptsache die Aufmerksamkeit auf den Arbeitsausführenden. Um auch das Arbeitsobjekt in Beziehung zur Arbeitszeit zu bringen, wird die Bearbeitungsstellenberechnung angewendet. Diese liefert den Nachweis, welche Arbeitsvorgänge und in welcher Dauer, sowie auch welche Pausen für die einzelnen Arbeitsstellen verwendet werden. Auf dem Formular für die Arbeitsstellenberechnung (Abb. 29) ist für jede zu bearbeitende Fläche, Kante usw. (siehe Abb. 9, S. 25) eine horizontale Spalte vorgesehen, in welche die entsprechenden Angaben der Zeitanteile der einzelnen Arbeitsgänge und der Pausen eingetragen sind.

Ergebnisse der Bearbeitungsstellenberechnung. Das Ergebnis der Bearbeitungsstellenberechnung besteht in der Kenntnis, welche Zeit zur Bearbeitung bestimmter Bearbeitungsstellen durch bestimmte Leute erforderlich ist, und in welcher Weise diese Zeit verwendet wird. Die Bearbeitungsstellen sind nach Zeichnung durch Gestalt und Größe der Oberfläche bekannt, und man könnte meinen, daß sich Zeit- und Flächenwerte in eine vernünftige Beziehung zueinander bringen lassen, wie es Kresta tatsächlich versucht hat¹⁾.

Arbeitszeitbestimmung nach Kresta. Er setzt hier voraus, daß die Bearbeitungszeit von der Breite und Länge der zu bearbeitenden Flächen, von der Festigkeit des Materials und von der Art der Bearbeitung (ob Grobfeilen oder Schlichten) abhängt. Demgegenüber ist aber festzustellen, daß an Stelle der Flächengröße die abzuspännende Materialmenge — also eine Volumengröße — von wesentlichem Einfluß auf die Arbeitszeit ist.

An Stelle der Krestaschen Auffassung soll das Problem wie folgt umschrieben werden:

Tatsächliche Bedingungen der Arbeitszeitbestimmungen.

1. Die Bearbeitungszeit ist in erster Linie eine Funktion der abzuspännenden Materialmenge.
2. Der Einfluß anderweitiger Bedingungen auf die Arbeitszeit soll

¹⁾ Kresta: Über Berechnung von Handarbeitszeiten. Werkst.-Techn. 1923, Heft 10.

durch Konstante für die verschiedenen Klassen der vorkommenden Möglichkeiten berücksichtigt werden:

a) Flächengestalt und -Größe, Vorbearbeitungsgrad der Fläche und der zu erreichende Genauigkeitsgrad werden durch Flächenkonstanten F_1, F_2 usw. erfaßt;

b) Materialeigenschaften von Werkzeug und Werkstoff werden durch die Materialkonstante M berücksichtigt, die zu bestimmen die Aufgabe einer eigens zu diesem Zwecke angestellten technologischen Untersuchung ist;

c) die Arbeitsbedingungen physiologischer Natur, hervorgerufen durch die von dem Ausführenden einzunehmende Arbeitsstellung, die durch die räumliche Lage der Bearbeitungsstelle angegeben ist, werden durch die Lagenkonstante L erfaßt.

Grenzen der Bearbeitungsstellenberechnung. Die Beziehung der Bearbeitungszeit T_a zu den sie bedingenden Einflüssen kann vielleicht ausgedrückt werden durch die Gleichung

$$T_a = f(V) + K,$$

worin $V =$ zu zerspanendes Volumen und $K =$ der in 2a bis c erläuterten Konstanten bedeuten.

Die Bearbeitungsstellenberechnung allein reicht also nicht aus, diese Funktion zu ergründen, denn sie liefert uns lediglich die Unterlagen für die Abhängigkeit der T_a -Werte von den Bearbeitungsflächen, während sie hinsichtlich der K -Werte überhaupt keinen Aufschluß bietet. Die fehlenden Angaben müssen daher durch anderweitige — über die Zeitaufnahme hinausgehende — Untersuchungen gewonnen werden.

Hinweis auf die Volumenberechnung. Die Volumenberechnung des abgespannten Materials ist mit Hilfe einer besonderen Messung, die an den betreffenden Bearbeitungsstellen vor und nach der Bearbeitung vorgenommen wurde, durchgeführt worden. Die technologischen Einflüsse von Werkzeug und Werkstoff, in der Hauptsache die der Feilarbeiten, wurden durch eine eigens für diesen Zweck angestellte Werkzeug- und Werkstoffprüfung untersucht.

Den Einfluß der Arbeitshaltung auf die Arbeitszeit werden wir jedoch späterhin aus der Bearbeitungsstellenberechnung abzulesen imstande sein. Die Bearbeitungszeiten von Stellen sonst ganz gleicher Bedingungen, die sich lediglich durch ihre Lage unterscheiden, lassen die Unterschiede, die durch die Haltung des Arbeitenden entstehen, erkennen. Auch Schlüsse auf die zweckmäßigste Arbeitsweise sind aus der Bearbeitungsstellenberechnung herzuleiten, indem wir die Arbeiten der verschiedenen Schlosser entsprechend ihren Erfolgen kritisieren. Es wäre ein unberechtigtes Kompromiß, wenn man hinsichtlich der Zeiten verschiedene Arbeitsweisen-Mittelwerte zugrunde legen würde.

Wir müssen unbedingt fordern, daß die Akkordzeit für die bekannt beste Arbeitsweise angesetzt wird, deren Vorbereitung und Durchführung vornehmste Aufgabe der Fertigkeitsschulung und der Arbeitsanweisung ist.

Ergebnisse der Zeituntersuchung von Arbeitselementen. Die Ergebnisse der Zeituntersuchung von Arbeitselementen sind also im Sinne der Aufgabe zur Vorherbestimmung der Arbeitszeit nur als Zwischenergebnisse anzusprechen, die erst mit den Resultaten der in den nächsten Kapiteln zu behandelnden psychotechnischen und technologischen Ermittlungen zusammen zur endgültigen Lösung führen.

Zusammenfassende Betrachtung über den Umfang der Zeituntersuchung. Zum Schluß des vorliegenden Kapitels sei gestattet, einen Blick auf den Umfang der Zeituntersuchung zu werfen, aus deren Zusammenhang die hier behandelten Beispiele entnommen wurden.

Zur Untersuchung der Arbeitselemente von Schlosserarbeiten wurden die Arbeiten von 8 verschiedenen Leuten an 10 Achsgabeln mittels Morseapparates aufgenommen. Die durchschnittliche Arbeitszeit je Achsgabel betrug etwa 31 Stunden, also für alle zusammen 49 Arbeitstage. Da 1 mm Morsestreifen einer Sekunde entspricht, ist die gesamte Aufnahme durch eine Gesamtstreifenlänge von

$$\frac{10 \cdot 31 \cdot 60 \cdot 60}{1000} = 1116 \text{ m}$$

festgelegt. Täglich wurden 3 Streifen entsprechend den 3 Tagesabschnitten abgerollt und jeder Streifen zusammen mit dem zugehörigen Protokoll in einen Umschlag gelegt, der außen die genaue Bezeichnung seines Inhaltes trug. Die Unterlagen der Aufnahmen gelangten somit in 147 Umschlägen chronologisch geordnet zur Auswertung. Da die verschiedenen Achsgabeln hintereinander aufgenommen wurden, so waren in dieser Anordnung auch die Unterlagen nach Achsgabeln geordnet. Die Auswertung bestand in der Ausmessung der Streifen, der Identifizierung derselben mit den Protokollen (Beschriftung der Morsezeichen entsprechend ihrer Bedeutung), der Intervallberechnung und der Bearbeitungsstellenberechnung. Die Ergebnisse der Intervallberechnungen wurden in 58 Arbeitszeitschaubildern graphisch dargestellt und zwar eines für je 1 Mann und Tag, zusammen 49, für je 1 Mann ein aus seinen Einzelschaubildern superponiertes Schaubild = 8 und ein aus den 8 superponierten Schaubildern zusammengesetztes Schaubild.

Auswertung und graphische Darstellung wurden von 2 Arbeitskräften in 2,5 Monaten erledigt. Danach kostete diese Zeituntersuchung an Arbeitszeit:

Beobachtung . . .	310	Stunden
Auswertung . . .	1000	,,
	1310	Stunden.

Sa.: 1310 Stunden.

Bemerkt sei hierbei, daß die Auswertung billigen Kräften übertragen wurde, Praktikanten, die uns von der Lehrlingswerkstatt zur Verfügung gestellt wurden, und die aus ihrer Tätigkeit erheblichen Nutzen für ihre eigene Ausbildung ziehen konnten.

Das in „Der Zeituntersuchung erster Teil“ dargestellte Beispiel der Anwendung von Zeitaufnahmen in groben Umrissen brauchte zur Beobachtung rund 120 Stunden, in welcher Zeit etwa 1000 Arbeitsstunden beobachtet worden waren. Die Auswertung nahm etwa 2 Mann 14 Tage in Anspruch. Die Untersuchung kostete danach an Arbeitszeit

Beobachtung	120 Stunden
Auswertung	112 „
	Sa.: 232 Stunden.

Da der Erfolg dieser Untersuchung in einer Ersparnis von 32,71 Stunden je Rahmen besteht (siehe Tabelle 5, S. 31), dürfte sich dieser Aufwand lohnen.

Die auf Tafel I angeführten durchstudierten 10 Gruppen benötigten zur Beobachtung rund 770 Stunden, wobei ~ 3500 Arbeitsstunden protokolliert wurden. Über die Auswertungszeiten können noch keine genauen Angaben gemacht werden, da die Auswertung bei Abschluß dieser Arbeit noch nicht vollständig durchgeführt war. Schätzungsweise beträgt die Auswertungszeit 650 Stunden.

II. Die psycho-physiologischen Bedingungen der Schlosserarbeiten und die Feststellung des Durchschnittsarbeiters auf Grund psychotechnischer Eignungsprüfung.

1. Grundsätzliches.

Notwendigkeit der Berücksichtigung psychophysiologischer Bedingungen bei Arbeitszeitermittlung. Die Beurteilung des zeitlichen Verlaufes menschlicher Arbeitsleistung auf Grund von Zeitstudien wird stets einen einseitigen Charakter zeigen, wenn die dem speziellen Falle eigentümlichen physiologischen Bedingungen nicht beachtet werden. Arbeitsbeträge von objektiv gleicher mechanischer Größe werden in ganz verschiedenen Zeiten geleistet, entsprechend den Faktoren, die den Menschen in seiner Arbeit hemmen oder fördern. Wollen wir deshalb, ausgehend vom objektiven mechanischen Arbeitsbetrag, mit dessen Ermittlung wir uns im nächsten Kapitel befassen werden, den zeitlichen Ablauf einer vorliegenden Arbeit im voraus angeben, so müssen wir be-

stimmte Einflüsse voraussetzen und deren Wirkungen in unsere Rechnung einführen.

Art der psychophysiologischen Einflüsse auf die Arbeit: Diese Einflüsse sind teils objektiver, teils subjektiver Natur.

a) objektive Einflüsse. Zu den ersteren gehören einmal die äußeren Bedingungen der Arbeit, wie Arbeitsvorbereitung, Betriebs- und Arbeitsverhältnisse, Jahreszeit- und Wochentageinflüsse, die politische Lage, und das andere Mal die Arbeitsausführung selbst. Auch das Werkzeug (bzw. die Maschine) steht in mannigfacher Beziehung zur körperlichen Leistung, interessiert uns aber in diesem Zusammenhange hier nur soweit, als es sich nicht um reine technologische Angelegenheiten handelt.

b) subjektive Einflüsse. Als subjektive Einflüsse sind zunächst die besonderen psychischen Einstellungen der einzelnen Individuen den äußeren Bedingungen der Arbeit sowie der Arbeit selbst gegenüber zu nennen. Veranlagungen zur Gruppen- oder Einzelarbeit, Eignung und Interesse für die vorliegende Beschäftigung, politische und wirtschaftliche Lage beeinflussen die psychische Einstellung im weitesten Maße. Von den physiologischen Bedingungen steht die körperliche Eignung wohl an erster Stelle, die ihrerseits, abgesehen von der Veranlagung, wiederum von äußeren Momenten abhängt, wie Ernährung und Nebenbeschäftigung (z. B. Sport, Schrebergarten). Wesentlich ist natürlich auch das Lebensalter. Um diesen Einflüssen bei der Beurteilung und Vorherbestimmung menschlicher Arbeitsleistung gerecht zu werden, müssen wir ihrer Untersuchung ganz besondere Aufmerksamkeit widmen. Bei der Mannigfaltigkeit der individuellen Unterschiede sowie bei den beträchtlichen Schwankungen, denen die äußeren Bedingungen der Arbeit ausgesetzt sind, wird unser Bestreben dahin gehen, normale, mittlere Verhältnisse zugrunde zu legen. Wir sind uns hierbei wohl der Vernachlässigung des Einzelfalles bewußt. Stellen jedoch die in Rechnung gesetzten Werte richtig ermittelte Durchschnitte dar, dann korrigieren sich die Fehler der Einzelfälle im Laufe der Zeit von selbst. Wir müssen also in der Hauptsache versuchen, richtige Mittelwerte zu erhalten.

Die äußeren Bedingungen der Arbeit. Die äußeren Bedingungen der Arbeit, Arbeitsvorbereitung, Betriebs- und Arbeitsverhältnisse, werden allgemein für einen vorliegenden Betrieb innerhalb bestimmter Zeitabschnitte konstant sein. Im Laufe längerer Zeit treten jedoch auch hier Änderungen ein, die natürlich aufmerksam beobachtet werden müssen. So ist bekanntlich der Beschäftigungsgrad von ganz wesentlichem Einfluß, und manche sonst gute Akkordkalkulation hat zu Zeiten mangelnder Beschäftigung versagt. Die Jahreszeit- und Wochentageinflüsse sowie die jeweilige politische und wirtschaftliche Lage sind geeignet, die Ergebnisse eines Zeitstudiums zu färben. Hier ist es un-

bedingt erforderlich, diesbezügliche Beobachtungen über einen längeren Zeitraum hin anzustellen, um die Durchschnittseinflüsse zu erkennen.

Der Durchschnittsarbeiter. Die weitaus schwierigste Aufgabe stellen uns jedoch die subjektiven Momente, und die Bestimmung des Durchschnittsarbeiters ist einer der wesentlichsten Punkte arbeitswissenschaftlicher Untersuchung.

a) Unklarheit des bisherigen Begriffes. Der Begriff des Durchschnittsarbeiters ist vom sozialpolitischen Gesichtspunkt bei Tarifverhandlungen schon häufig Betrachtungen unterzogen worden. Die Tarifverträge verlangen, daß die Akkordbasis auf den Durchschnittsarbeiter bezogen werde. Bei der Akkordhandhabung haben sich dann Arbeitnehmer und Arbeitgeber niemals auf der ganzen Linie verständigen können, welcher Arbeiter den Durchschnittsarbeiter verkörpert. Der Grund für diese Meinungsverschiedenheit liegt letzten Endes in dem Fehlen einer gültigen Definition. Die Feststellung des Durchschnittsarbeiters erfolgte bisher auf drei verschiedenen Wegen¹⁾:

1. Schätzen durch den Meister oder Zeitstudienbeamten,
2. Vergleich mit der Leistung anderer Arbeiter,
3. Errechnen aus dem bisherigen Durchschnittsverdienst.

1 und 2 sind von subjektiver Beurteilung abhängig und infolgedessen eine Quelle von Meinungsverschiedenheiten zwischen Meistern und Akkordbeamten einerseits und Arbeitern andererseits. 3 ist abhängig von der Richtigkeit der vorgeschriebenen Akkorde, da z. B. ein schlechter Arbeiter auf Grund eines zu hohen Akkordes einen zu hohen Überverdienst erzielen könnte. Der für eine bestimmte Arbeit eingerichtete Arbeiter wird sich stets als über dem Durchschnitt stehend einschätzen, weil er sich mit seinen Kollegen vergleicht, die mit dieser speziellen Arbeit nicht so vertraut sind. Meister und Akkordbeamte jedoch vergleichen ihn mit anderen, ebenfalls für diese spezielle Arbeit eingerichteten Arbeitern.

b) Die Eignungsprüfung zur Bestimmung des Durchschnitts. Auf dem Wege psychotechnischer Eignungsprüfung ist jedoch eine Bewertung des Menschen möglich, die von beiden Teilen als objektiv richtig anerkannt werden kann. Es handelt sich natürlich nur um die Feststellung der Eignung für eine bestimmte in Frage kommende Tätigkeit. Ein und derselbe Arbeiter kann für die eine Beschäftigungsart über, für die andere aber unter dem Durchschnitt stehen. Die Eignungsprüfung muß deshalb von einer Arbeitsanalyse ausgehen, welche die speziellen psycho-physiologischen Bedingungen aufdeckt.

Die physiologische Arbeit und das Energiegesetz. Die physiologischen Anforderungen der beruflichen Arbeit sind vom Standpunkt des Energie-

¹⁾ Hegner: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten. Bd. 1, S. 6. Berlin: Julius Springer 1924.

verbrauches zu beurteilen. Zwischen mechanischer und physiologischer Arbeit besteht jedoch keine einfache proportionale Beziehung. Das Grundgesetz der Mechanik kann nicht ohne weiteres auf die menschliche Arbeit angewendet werden. Erst die Kenntnis der tatsächlichen Zusammenhänge liefert uns die Möglichkeit, für jeden Fall gesondert die Beziehung zwischen mechanischer und physiologischer Arbeitsgröße zu berücksichtigen. Für die von uns untersuchten Schlosserarbeiten ist der Rhythmus der Arbeit von ganz besonderem Einfluß. Die Eignungsuntersuchung wird sich deshalb auch ganz besonders mit der Fähigkeit der Individuen zu befassen haben, den Arbeitsrhythmus fördernd im Sinne der Arbeit anwenden zu können. Die Auswertung der Eignungsprüfung hier ist natürlich eine ganz andere als die der Berufsberatung und der Arbeiterauswahl. Es handelt sich in unserem Falle darum, die Arbeitsleistung des Durchschnittsarbeiters zu ermitteln und diese Arbeitsleistung als Grundlage der Vorherbestimmung von Arbeitszeiten zu verwenden.

2. Die Physiologie der beruflichen Arbeit.

Physiologische und mechanische Arbeit. Schon im vorigen Abschnitt ist darauf hingewiesen worden, daß die äußere mechanische Arbeit in keiner direkten Beziehung zur physiologischen Arbeit steht. Wird beispielsweise ein Gewicht mit ausgestrecktem Arm gehalten, so wird keine äußere mechanische Arbeit geleistet, obwohl der Organismus an sich einen Energieverbrauch aufweist. So sind die Haltungen und die Bewegungen des Arbeitenden von ganz besonderem Einfluß auf die Größe des notwendigen Energieverbrauchs zur Bewältigung einer bestimmten Arbeit.

Einfluß der Arbeitshaltung auf die Arbeitsleistung. Bei der Vorausberechnung der Arbeitszeit müssen wir die optimalen Haltungen und Bewegungen voraussetzen, also diejenigen, durch deren Anwendung unter geringstmöglichem Energieaufwand diese Arbeit geleistet werden kann. Wir werden dann einer bestimmten mkg-Arbeit ein bestimmtes physiologisches Energiequantum zuordnen können, oder mit anderen Worten für jede spezielle Arbeit ein physio-mechanisches Äquivalent ermitteln.

Die Energieumwandlung im lebenden Organismus. Das Gesetz von der Erhaltung der Energie hat die Physiologen veranlaßt, Versuche anzustellen, um nachzuweisen, daß auch beim lebenden Organismus konstante Beziehungen zwischen den verschiedenen Energieformen bestehen¹⁾. Die von den lebenden Wesen erzeugte Wärme und die mecha-

¹⁾ Weiß, G.: Die Muskelarbeit. *Ergebn. d. Physiol.* Bd. 9.

nische Arbeit, die sie hervorbringen, haben ihren Ursprung in der durch chemische Reaktion im Innern des Organismus bei der Transformation der Nahrungsmittel entstehenden freigemachten Energie. Wenn ein Organismus vom Zustand der Ruhe in den Zustand der Tätigkeit übergeht, dann steigern sich die Verbrennungsprozesse, um einen Vorrat für die Energieabgabe zu schaffen. Es ist nun die Frage, in welcher Beziehung die Arbeitsleistung zu der notwendigen freizumachenden Energie steht. Wenn der Organismus eine verlustlos arbeitende Maschine wäre, dann würde die freizumachende Energie der äußeren mechanischen Arbeit äquivalent sein. Ebenso wie die technischen Motore ist aber auch der menschliche Motor nicht vollkommen, sondern nur ein Teil der eingeleiteten (bzw. erzeugten) Leistung wird in Nutzarbeit umgewandelt. Der Wirkungsgrad ist stets kleiner als 1. Es gilt also zu untersuchen, welche Bedingungen den Wirkungsgrad menschlicher Leistungen beeinflussen. Dieses Problem ist in der Hauptsache durch Untersuchungen von M. Cheauveau gelöst worden¹⁾.

Die Untersuchungen von M. Cheauveau. Es würde hier zu weit führen, die Versuchsanordnungen Cheauveaus zu beschreiben und auf seine formelmäßigen Ergebnisse näher einzugehen. Wir wollen uns daher damit begnügen, seine Untersuchungen und Ergebnisse im Prinzip anzuführen. Das Quantum der vom Körper erzeugten Energie kann auf zwei verschiedene Weisen gemessen werden:

1. Durch die Respirationsmethode, in der die Größe der intra-organischen Verbrennungen durch die CO_2 -Menge bestimmt wird, und
2. durch die Feststellung der Übererwärmung der beteiligten Muskelgruppen durch diejenige Energie, die nicht in Form von mechanischer Arbeit abgegeben wird.

Um ein Gewicht P eine Strecke h zu heben, ist die Arbeit $P \cdot h$ mkg erforderlich. Soll diese Arbeit von einem lebenden Organismus geleistet werden, dann ist folgende Gesamtausgabe D erforderlich:

$$D = P \cdot h + Q_s + Q_v.$$

Hierbei bedeutet Q_s diejenige Arbeit, die nötig ist, das Gewicht P während der Dauer des Arbeitsvorganges zu halten (statische Arbeit), und Q_v diejenige, um die beteiligten Körperteile zu bewegen. $Q_s + Q_v$ sind also diejenigen Größen, von denen in der Hauptsache der Wirkungsgrad menschlicher Leistung abhängt. Die Fertigkeitsschulung wird zur Ausbildung ihrer Anlernverfahren diese Verhältnisse besonders zu berücksichtigen haben, wobei sie sich zur Aufgabe machen muß, die Größen $Q_s + Q_v$ nach Möglichkeit zu verkleinern. Die genaue Kenntnis der von

¹⁾ Cheauveau, M.: Physiologie générale du travail musculaire et de la chaleur animale. Paris 1909.

Cheauveau angegebenen zahlenmäßigen Ergebnisse wird hierfür von bedeutendem Nutzen sein.

Anwendung der aus den Untersuchungen von Cheauveau abgeleiteten Erkenntnisse auf vorliegende Untersuchung. In unserem Falle können wir durch die aufgestellten Zeitaufnahmen in Verbindung mit den im nächsten Kapitel festzustellenden Werten mechanischer Arbeit der in Frage kommenden Arbeitsvorgänge auf den Wirkungsgrad menschlicher Arbeit schließen, und zwar handelt es sich in der Hauptsache darum, diesen Wirkungsgrad in Beziehung zu den für die Bearbeitung der verschiedenen Bearbeitungsstellen notwendigen verschiedenen Arbeitshaltungen zu bringen. Freilich ist das, was wir auf diese Weise mit Wirkungsgrad bezeichnen, etwas anderes als das, was dem Laboratoriumsversuch von Cheauveau entspricht. Die Versuche Cheauveaus sind nämlich keine Dauerversuche und sagen uns infolgedessen nichts über die eintretende Ermüdung.

Berücksichtigung der Ermüdung. Hingegen sind die für die vorliegende Arbeit über einen längeren Zeitraum hin angestellten Zeitaufnahmen auf Grund sorgfältigster Registrierung der Ruhepausen als brauchbare Ermüdungsstudien zu betrachten. Der Einwand, daß die Ruhepausen, die während beobachteter Arbeit auftreten, nicht als Maßstab für den Grad der Ermüdung gelten können wegen der Bestrebungen der Arbeiter, ihre Arbeit während der Beobachtungszeit zu strecken, ist in unserem Falle hinfällig. Durch Betriebseinschränkungen wurden nämlich täglich Arbeiter entlassen, und die von uns beobachteten Arbeiter suchten alles, was sie konnten, herzugeben, um als möglichst leistungsfähig zu gelten und so der Entlassung nicht anheimzufallen. Die Ermüdungserscheinungen sind darnach in den hier erzielten Resultaten enthalten. Der Aufwand, auf die Nutzarbeit bezogen, ist deshalb noch um die durch die Ermüdung verursachten Verluste vergrößert und der Wirkungsgrad entsprechend verkleinert.

Arbeitshaltungen bei der vorliegenden Untersuchung. Im Rahmen unserer Werkstattuntersuchung war es möglich, den Einfluß einiger typischen Arbeitshaltungen studieren zu können. Die bei der Arbeitsverrichtung auftretenden verschiedenen Körperhaltungen sind in den Abb. 30—36 wiedergegeben.

Wir können in groben Umrissen diese Körperhaltungen nach der Höhe des Arbeitsangriffspunktes klassifizieren, und zwar

1. Arbeiten in Schulterhöhe,
2. Arbeiten in Ellbogenhöhe,
3. Arbeiten in Hüfthöhe.

Zur Berücksichtigung der Veränderlichkeit der Leistungsfähigkeit, hervorgerufen durch verschiedenartige Wirkung des durch die Hand aufzunehmenden Werkzeuggewichtes, kann unterschieden werden:



Abb. 30. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Schulterhöhe).



Abb. 31. Arbeitshaltung beim Befellen des Barrenrahmen (verschränkt sitzend).

1. von oben feilen,
2. seitlich feilen,
3. von unten feilen.

Bei der im IV. Kapitel vorzunehmenden Akkordbestimmung müssen diese Einflüsse durch entsprechende Koeffizienten Berücksichtigung finden.

Die bisher zur Arbeitswissenschaft verwendeten psycho-physiologischen Prinzipien. Bereits den Vorkämpfern wissenschaftlicher Betriebsführung sind eine Anzahl psycho-physischer Prinzipien bekannt, die den Zweck verfolgen, den physiologischen Wirkungsgrad zu erhöhen. So hat Gilbreth z. B. die Tatsachen nutzbringend angewendet, daß eine Bewegung am wenigsten ermüdend und daher wirtschaftlich am zweckmäßigsten ist, wenn sie in einer Richtung erfolgt, in der die Schwerkraft am meisten ausgenutzt werden kann. Genau genommen handelt es sich in diesem einen Falle allerdings nicht um eine Verbesserung des physiologischen Wirkungsgrades, sondern vielmehr um eine Arbeitersparnis. Hingegen wird der Leistungseffekt gebessert, und eine Arbeit wird am schnellsten und mit geringster Anstrengung erfolgen, sofern beide Hände gleichzeitig arbeiten und dabei korrespondierende Muskelgruppen die

Arbeit ausführen. Die Distanz, welche Hände, Arme oder Füße zu überwinden haben, muß bei jeder Teilbewegung auf das geringste Maß ge-

bracht werden. Diese Tatsachen sind praktisch schon vor den Untersuchungen der Physiologen von arbeitswissenschaftlicher Seite ausgenutzt worden¹⁾.

In diesen Zusammenhang gehören auch die interessanten Feststellungen, daß jede Muskelgruppe ihr eigenes Schnelligkeitsoptimum besitzt, und daß damit zusammenhängend bestimmte rhythmische Bewegungen die Arbeitsleistung günstig beeinflussen. Für die hier untersuchten Schlosserarbeiten ist der Einfluß des Rhythmus ganz besonders groß, und sein Wesen und seine Wirkung sollen deshalb im folgenden ausführlicher behandelt werden.

Das bequemste Intervall als Problem der Mechanik. Mechanisch betrachtet, handelt es sich hier um ein Schwingungsproblem. Die einzelnen durch Gelenke verbundenen Teile des Körpers stellen physikalische Pendel dar, die entsprechend ihren Trägheitsmomenten eine bestimmte Schwingungsdauer besitzen.

Nach Lenfest zeigt es sich beispielsweise, daß der rechte Fuß eine bestimmte willkürliche Bewegung am bequemsten 80 mal in einer Minute ausführt, für ein Kopf-

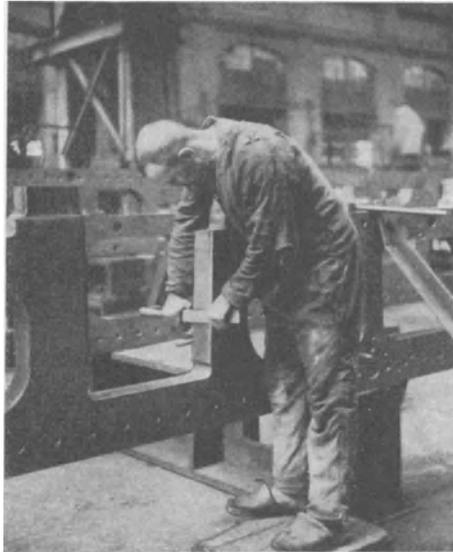


Abb. 32. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Hüfthöhe).



Abb. 33. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Ellenbogenhöhe).

¹⁾ Münsterberg: Grundzüge der Psychotechnik. S. 187. Leipzig: J. A. Barth 1920.



Abb. 34. Arbeitshaltung beim Befellen des Barrenrahmens (verschränkt stehend, Hüfthöhe).

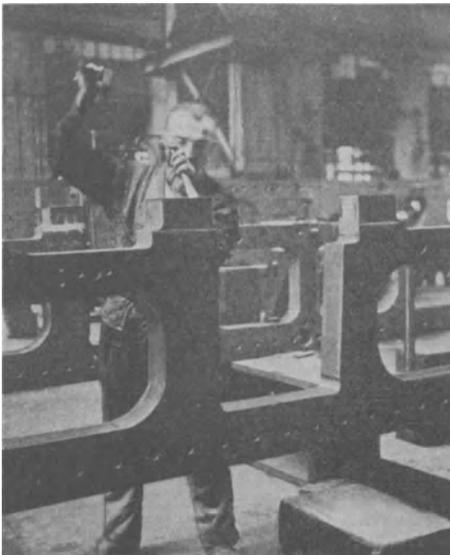


Abb. 35. Arbeitshaltung bei Meißelarbeiten am Barrenrahmen (Angriffspunkt in Schulterhöhe).

nicken ergab sich die Zahl 20 pro Minute, und für eine Handbewegung von 14 cm Länge erwies sich die Frequenz von 120 in der Minute als am günstigsten¹⁾. Freilich sind die Gelenkbewegungen, streng genommen, keine reinen Pendelschwingungen. Die Aufhängepunkte beschreiben selbst irgendwelche Bahnen. Die Gelenkflächen an den Knochenenden haben die Gestalt von Rotationsflächen (Ginglymus), die beständig gegeneinander schleifen. Die Schwingungsdauer wird sich deshalb besser experimentell als rechnerisch ermitteln lassen. Bei den meisten Bewegungen sind mehrere Körperteile in Mitleidenschaft gezogen; es handelt sich dann um Doppel- oder Vielfachpendel.

Körperteile, die nicht in unmittelbarer Verbindung miteinander stehen, können gekoppelte Schwingungen ausführen. Bei den Arbeitsvorgängen vereinigt sich der menschliche Körper mit dem Werkzeug oder direkt mit dem Werkstück zu einem Körperverband, der dann seinerseits wieder einem neuen Schwingungsgesetz folgt. Von den Bewegungswiderständen, welche die Dämpfung erzeugen, ist wohl allgemein der Arbeitswiderstand der größte. Bei manchen Arbeitsvorgän-

1) Münsterberg: Grundzüge der Psychotechnik. Leipzig: J. A. Barth 1920.

gen paßt sich der Körper mehr dem Schwingungsgesetz des bewegten Werkzeuges oder Werkstückes an, z. B. beim Zuwerfen von Mauersteinen, beim Schlag mit dem Vorschlaghammer usw. Bei anderen Arbeiten herrscht wiederum das Schwingungsgesetz des eigenen Körpers vor. Allgemein stellt sich dann, wenn der Takt der Arbeit dem natürlichen Rhythmus des eigenen Körpers entspricht, ein gewisses ästhetisches Empfinden ein, die Freude an rhythmischen Bewegungen, die nach Wundt (Völkerpsychologie) eine der ursprünglichsten und bedeutsamsten Bewußtseinsvorgänge ist.

Gruppe und Arbeitstakt.

Wenn eine Gruppe Arbeiter zusammen arbeitet, so sind die einzelnen Gruppenmitglieder mitunter zwangsläufig an einen bestimmten Takt gebunden, z. B. bei wechselweisem Vorschlagen, beim gemeinsamen Anheben eines Gegenstandes (Kommando: Zu . . . gleich), beim Marsch usw.¹⁾. Oft aber findet sich ein gemeinschaftlicher Arbeitstakt auch ohne äußere mechanische Ursache. Hier handelt es sich dann um ein rein psychisches Moment.

Einfluß des Rhythmus auf den Arbeitsfortschritt. Für den Arbeitsgang selbst ist das rhythmische Arbeiten in Gruppen von beträchtlichem

Vorteil, da es einen ermüdungshemmenden Einfluß ausübt. Dem Arbeitenden bleibt die Initiative zum Arbeitseinsatz erspart, er wird also entlastet, er braucht die Einstellung zur Reaktion nicht selbst aufzubringen, und seine Bewegungen werden automatisiert.

Suggestibilität als Ursache des Gruppenrhythmus. Das psychische Phänomen, welches den Einzelnen veranlaßt, sich ohne äußeren Zwang der Gruppe anzuschließen, ist die sogenannte Suggestibilität. Diese hat deshalb für die gewerbliche Arbeit eine ungeheure Bedeutung, und es dürfte sich lohnen, ihr systematische Untersuchungen zu widmen. Jedenfalls muß die Feststellung der Suggestibilität der Eignungsprüfung als Aufgabe zugewiesen werden. Bislang ist die Suggestibilitäts-

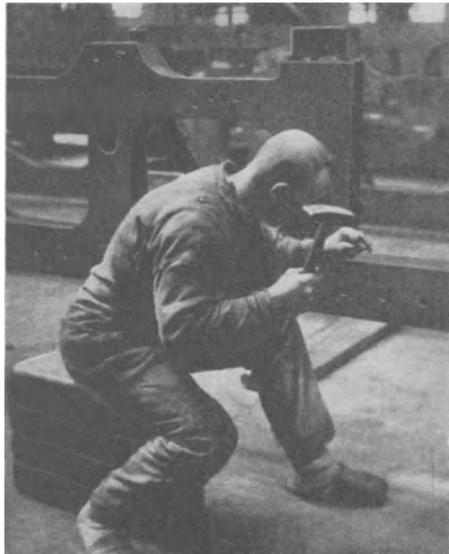


Abb. 36. Arbeitshaltung bei Meißelarbeiten am Barrenrahmen (verschränkt sitzend).

¹⁾ Bücher: Arbeit und Rhythmus. Leipzig 1909.

prüfung bei der industriellen Eignungsuntersuchung noch nicht erfolgt. Es besteht jedoch bereits ein Suggestibilitätsprüfungsverfahren, das auf elektrischen Stromreizänderungen beruht¹⁾). Bevor man dieses Verfahren zur industriellen Eignungsuntersuchung verwenden kann, wäre jedoch erst durch umfangreiche Versuche die Korrelation zu dem Verhalten bei rhythmischer Arbeit zu beweisen. Auch in unserem Falle wäre eine Suggestibilitätsprüfung am Platze gewesen, da die Zeitaufnahme der rhythmischen Schlosserarbeiten das überraschende Ergebnis gezeitigt hatte, daß in der beobachteten Gruppe, bei der von verschiedenen Leuten gleichzeitig verschiedene Arbeiten verrichtet wurden, ein einheitlicher Rhythmus für diese verschiedenen Arbeitsvorgänge bestand, gleichgültig, ob es sich um Schaben, Meißeln oder Feilen mit kleineren oder größeren Werkzeugen handelte. Die Vermittlung dieses Taktes wird wohl suggestiv auf motorischem, akustischem und visuellem Wege vor sich gegangen sein. Die folgende Beschreibung einer Eignungsprüfung zeigt die Wege, die zur Ermittlung dieser wohl zum ersten Male in solchem Zusammenhang behandelten Erscheinungen der Suggestibilität führen.

3. Die Eignungsprüfung zur Feststellung des Durchschnittsarbeiters.

Zweck der Eignungsprüfung. Eine Eignungsprüfung im Zusammenhang mit der Untersuchung von Arbeitszeiten hat den Zweck, den sogenannten Durchschnittsarbeiter festzustellen, auf den sich die Vorausberechnung der Fertigungszeit beziehen soll. Würde jeder Arbeiter eines Betriebes einer Eignungsprüfung unterzogen werden, und zwar entsprechend seiner Zugehörigkeit zu einer bestimmten Berufsgruppe, einer auf Grund sorgfältiger Berufsanalyse aufgebauten Prüfung, dann ließe sich für jede geprüfte Eigenschaft derjenige Grad angeben, der dem Durchschnitt der betreffenden Berufsgruppe entspricht.

Definition des Durchschnittsarbeiters. Der Durchschnittsarbeiter ist der im Abstrakten gebildete Typ, dessen durch Eignungsgrade ausgedrückte Eigenschaften Durchschnittswerte besitzen. Hierbei ist aber darauf zu achten, daß sich der Durchschnitt auf eine begrenzte Gruppe von Arbeitern bezieht, die noch näher bezeichnet werden soll, denn ein Vergleich der Eigenschaften ist nur bei solchen Arbeitern möglich, die der gleichen Berufsgruppe angehören. So geht es z. B. nicht an, auf den durchschnittlichen Eignungsgrad der Schlosser aus Prüfungswerten von Arbeitern anderer Berufsgruppen, wie Dreher, Schmiede, ungelernete Ar-

¹⁾ Serog: Die Suggestibilität, ihr Wesen und ihre experimentelle Untersuchung nebst einer neuen Methode der Suggestibilitätsprüfung. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie.

beiter usw., zu schließen. Ein solcher Durchschnitt würde unter dem Niveau des tatsächlichen Schlosserdurchschnittes liegen, weil die besonderen, für diesen Beruf notwendigen Fähigkeiten — soweit übbar — durch berufliche Schlosserausbildung geschult werden. Außerdem ist aber auch besondere Veranlagung Anlaß zur Berufswahl, sicherlich überall dort, wo psychotechnische Berufsberatung erfolgte. Innerhalb einer Fachgruppe sind noch für Arbeiter, die spezielle Arbeiten verrichten — die Spezialisten, wie sie sich selbst nennen — gesonderte Durchschnittswerte zu errechnen. Schließlich ist auch das Milieu zu berücksichtigen. Selbst bei Anwendung normalisierter Prüfungsverfahren lassen sich die Prüfungsergebnisse verschiedener Betriebe und verschiedener Orte nicht zur Durchschnittsberechnung heranziehen. Würde es sich lediglich um Unterschiede des Arbeiterniveaus handeln, dann wäre die Berechnung des Durchschnittes auf einer größeren Basis möglich und im Sinne gerechter Entlohnung natürlich auch erstrebenswert. Da aber die Leistungen durch die verschiedenen Arbeitsbedingungen stark variieren, ist eine gemeinsame Durchschnittsberechnung nicht durchführbar.

Ermittlung durchschnittlicher Gruppenleistung. Nach diesen Ausführungen handelt es sich im engeren Sinne um einen Gruppendurchschnitt, wobei sich der Umfang der Gruppe durch die Anzahl der Leute bestimmt, die innerhalb eines Betriebes bzw. einer Werkstatt zur Verrichtung gleicher Arbeit in Frage kommen.

a) **Ermittlung durch Zeitstudium.** Die Durchschnittsleistung einer solchen Gruppe wird am sichersten durch Zeitstudium ermittelt. Nur bei einer Untersuchung wie die vorliegende, deren Ergebnisse über die der einzelnen beobachteten Vorgänge hinaus allgemeine Bedeutung gewinnen sollen, lohnt sich der Aufwand, die Arbeitszeit jedes einzelnen Mannes der Gruppe zu studieren. Meist wird man sich aber damit begnügen, nur an einem Mann oder an einigen Leuten Zeitaufnahmen anzustellen.

b) **Ermittlung durch Eignungsprüfung.** In diesem Falle muß das Eignungsschaubild des beobachteten Arbeiters darüber Aufschluß geben, wie sich die ermittelte Leistung zur Leistung des Durchschnittsarbeiters verhält.

Die Arbeitsprobe. Als einfachstes Mittel, eine Rangordnung der Leistungen einer Gruppe zu erhalten, dient die Arbeitsprobe. Man läßt alle Leute einer Gruppe unter völlig gleichen Bedingungen, gleichen Werkzeugen, im gleichen Arbeitsraum und zu gleicher Zeit gleiche Arbeit verrichten, wobei jeder die ihm individuelle, optimale Arbeitshaltung einzunehmen hat.

Optimale Arbeitshaltung. Bei Druck- und Zugbewegungen ist zu beachten, daß die gelenkig verbundenen Körperteile, welche die Be-

wegung ausüben, am besten im rechten oder gestreckten Winkel zueinander stehen, wobei der Hebelarm der Kraft möglichst groß und der der Last möglichst klein sein sollte. Beim Feilen wird diese Forderung erfüllt, wenn der Angriffspunkt am Werkstück sich in Ellbogenhöhe befindet. Feile, Mittelhand und Unterarm bilden dann eine gerade Linie und diese in der Mitte des Feilhubes mit dem Oberarm einen rechten Winkel. Das Ergebnis einer Arbeitsprobe ist ohne weiteres durch die Dauer der gebrauchten Zeiten gegeben. Es wäre freilich ganz nützlich, die Arbeitsweise der Einzelnen noch durch Zeitstudium zu beobachten und ihre Arbeitsbewegungen mittels Lichtpunktaufnahmen festzustellen. Auf diese Weise ließen sich noch verbesserungsfähige Fehler ausschalten.

Grenzen der Arbeitsprobe. Die Leistungsgruppierung, die wir auf Grund der Arbeitsprobe erhalten, gilt jedoch lediglich für das nähere Arbeitsgebiet, dem die betreffende Arbeitsprobe angehört. Die beste Klassifizierung der Arbeiter liefert eine psychotechnische Eignungsprüfung. Diese muß sich auf eine sorgfältige Beschäftigungsanalyse gründen, um lediglich die speziellen für die betreffende Tätigkeit nötigen Eigenschaften zu prüfen. Die von Friedrich ausgearbeitete Berufsanalyse des Schlosserberufes¹⁾ gibt an, welche Fähigkeiten die einzelnen im Schlosserberuf vorkommenden Verrichtungen verlangen. Bisher ist die Eignungsprüfung nur zum Zwecke der Berufsberatung ausgeführt worden. Hier ist zum ersten Male an den Schlossern, deren Arbeiten Gegenstand unserer Zeitstudien waren, eine Prüfung vorgenommen worden, die der Feststellung des Durchschnittes dienen soll. Diese Prüfung umfaßt folgende Punkte:

Prüfungsplan.

Gegenstand der Prüfung	Prüfmittel
1. Augenmaß	
a) Strecken teilen	} Streckenteiler und Vordrucke
b) Senkrechte errichten	
c) Kreismittelpunkt suchen	
2. Handgelenkempfinden	
a) für Gewichte	Gewichtsreihe
b) für Passungen	Bolzenpasser
3. Handruhe	Tremometer
4. Sicherheit der Hand	Zielhammer
5. Ermüdung bei körperlicher Leistung	Gewichthalten
6. Rhythmisches Empfinden	
a) bequemstes Intervall	} Metronom zur Taktangabe, Morsetaste zur Taktwiedergabe, Morseapparat zur Registrierung
b) Taktanpassungsfähigkeit	
c) Taktstörungsempfindlichkeit	
7. Aufmerksamkeit	Verbesserter Bourdon-Test

¹⁾ Friedrich: Die Analyse des Schlosserberufes. Prakt Psychol., Jg. 1921/22, S. 287.

Gegenstand der Prüfung	Prüfmittel
8. Apperzeptionsfähigkeit	Verbessertes Tachystoskop
9. Raumvorstellung	Vordrucke
10. Kombinationsfähigkeit	Rybakow-Test
11. Technisches Verständnis	{ Zeichnung einer Brennstoffregulierung durch Schwimmer
12. Gedächtnis	} Übliche Teste
a) für Zahlen und Formen	
b) für Worte	
13. Niveau der Lebensbedingungen und der allgemeinen Kulturstufe sowie allgemeiner Intelligenz	} Lebenslauf.

Durchführung der Prüfung. Die Prüfungen sind im allgemeinen in üblicher Weise vorgenommen worden. Ihre besondere Schilderung erübrigt sich daher. Es sei nur auf die geänderten oder neu aufgenommenen Verfahren kurz eingegangen.

Prüfung des rhythmischen Empfindens. Zur Prüfung des rhythmischen Empfindens wurde zunächst das bequemste Intervall durch Taktieren mit der rechten Hand festgestellt. Danach bekamen die Versuchspersonen den Auftrag, einen vom Metronom angegebenen Takt, der im allgemeinen anders war, als das bequemste Intervall, erst mit — und nach Aussetzen des Metronoms — weiter zu taktieren. Nach einer bestimmten Zeit setzte das Metronom mit anderem Takt wieder ein, während die Versuchsperson den vorigen Takt beibehalten sollte. Die Taktangabe der Versuchsperson erfolgte durch die Morsetaste und wurde durch den Morseapparat registriert. Die Auswertung dieses Versuches geschah durch einfache Feststellungen der Abweichungen des angegebenen Taktes von dem geforderten Takte und diente zur Aufstellung einer Rangreihe für Taktanpassungsfähigkeit. Der letzte Teil der Taktprüfung — Störungstakt durch Metronom — ergab eine Bewertung der Taktstörungsempfindlichkeit.

Verbesserter Bourdon-Test. Der Bourdon-Test wurde dadurch verbessert, daß ein Morsestreifen zur Anwendung kam, der mittels Maschinentelegraph mit Buchstaben und Zahlen beschrieben wurde. In bestimmten Abständen folgten immer gleiche Buchstabenreihen. Die Reihen waren aber so groß gehalten, daß ein Auswendiglernen der Buchstaben während der Prüfung nicht möglich war. Der Streifen wurde nun auf mechanischem Wege hinter einem Fensterchen vorbeigeführt, und zwar so langsam, daß die Expositionsdauer groß genug war, um jedenfalls selbst bei geringster Reaktionsgeschwindigkeit noch mit Sicherheit eine Reaktion zu gewährleisten. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß die Versuchsdauer für alle Prüflinge dieselbe ist. Ferner ist durch die Wiederholung stets gleicher Buchstabenkombinationen der Einfluß der geistigen Ermüdung meßbar.

Verbessertes Tachystoskop. Zur Bestimmung der Apperzeptionsfähigkeit wurde an Stelle des bekannten Tachystoskops, mit dessen Gebrauch störende Nebengeräusche verbunden sind, eine andere Apparatur verwendet. Auf eine Mattglasscheibe wurde ein Reizwort in regelmäßigen Intervallen momentan projiziert. Die vor der Scheibe sitzende Versuchsperson hatte das Reizwort zu lesen. Um das periodische und gleichmäßige Aufflammen der Lichtquelle zu erzielen, wurde der Lichtstromkreis mittels eines Zweisekundenpendels und eines Quecksilberkontaktes in jeder Sekunde für einen Bruchteil geschlossen, derart, daß eine am Pendel befestigte Feder in der tiefsten Pendelstellung in einen Quecksilbernapf tauchte. Die Auswertung des Versuches geschah durch Feststellung der Fehlesungen der Versuchspersonen und diente zur Aufstellung einer Rangreihe für Apperzeptionsfähigkeit.

Lebenslauf. Um das Eignungsbild jedes Einzelnen hinsichtlich allgemeiner Fragen zu vervollständigen, hatte jeder Prüfling seinen Lebenslauf zu schreiben, und zwar nach einer ihm vorher mündlich vorgetragenen Disposition. Diese umfaßte folgende Punkte: Name, Geburtstag und Geburtsort, Eltern, Beruf des Vaters, Zahl der Geschwister, Todesfälle in der Familie, eigene Krankheit, Schulbesuch und Fortkommen, Handwerksausbildung (Lehrherr, Lehrzeit, Lehrart), Gesellenstück, Art und Prüfungsbefund desselben, Militärzeit, Truppenangabe, Beförderungen, Auszeichnungen, Verwundungen, Berufsentwicklung (Stellungen, Pläne) — bei Verheirateten: eigene Familie (Kinderzahl, Familienleben), Wohnung (Lage, Größe, Ort), Nebenbeschäftigungen, Liebhabereien. Außer diesen Punkten sollte noch jeder das erwähnen, was ihm für sich besonders wichtig schien.

Ogleich die Lebensläufe in der Hauptsache nur eine subjektive Bewertung erfahren konnten, lieferten sie immerhin recht wertvolle Aufschlüsse. Sie erwecken zunächst den Eindruck eines verhältnismäßig hohen Bildungsgrades, der den großstädtischen, schlesischen Handwerker auszeichnet. Ein Fall, wie der des Schlossers F. (siehe Lebensläufe im Anhang), der sich durch Selbstunterricht eine Ausbildung verschafft hat, um die Schlußprüfung an einer Realschule ablegen zu können, gehört nicht zu den Seltenheiten. Besonders beachtenswert ist auch eine sich allgemein äußernde Zufriedenheit, wie sie z. B. in den Worten des Schlossers S. zum Ausdruck kommt: „... lebe mit meiner Frau und einem Kinde in den denkbar besten Verhältnissen, soweit es diese schwere Zeit zuläßt. Begütert sind wir beide nicht, bin von meinem Verdienst abhängig, die Hauptsache ist gesund an Leib und Seele und Frieden, der für Arbeit und stetigen Verdienst sorgt.“ Unzufriedenheit äußert sich mitunter nur hinsichtlich der Wohnungsverhältnisse. So schreibt Schlosser J.: „Ich wohne schon 7 Jahre in ein und demselben Hause, und zwar im Hinterhause 1. Stock. Meine Wohnung besteht

aus einer zweifenstrigen Stube nach dem Hof raus, aus einer einfenstrigen Küche nach dem Lichtschacht raus und Entree. Die Wohnung ist im Sommer sehr trocken und im Winter sehr feucht.“ Allgemein zeigt sich, daß der Schrebergarten eine sehr wichtige Rolle im Leben der Leute einnimmt und auf ihr Lebensgefühl günstig einwirkt. Auch der Sport wird, dem Zeitgeist entsprechend, von den meisten ausgeübt.

Auswertung der Lebensläufe. Eine zahlenmäßige Auswertung der Lebensläufe wurde durch Feststellung der Zahl und Gewichtigkeit der Fehler gegenüber der gegebenen Disposition versucht, wobei sich die Gewichtszahlen, wie üblich, durch die Häufigkeit der Fehler ergaben. Die Ergebnisse wurden zur Beurteilung der allgemeinen Intelligenz herangezogen. Es wäre wünschenswert, wenn die Grundlohntarife dem Intelligenzniveau der verschiedenen Berufsgruppen mehr als bisher Rechnung tragen würden. Sicherlich findet die bedeutend höher zu bewertende technische und allgemeine Intelligenz der gelernten Handwerker, wie sie in unsrem Falle hier zutage tritt, gegenüber manchen Kategorien angelernter Maschinenarbeiter nicht die richtige Würdigung in Form von klingender Münze.

Ausführung einer Arbeitsprobe. Im Rahmen der Eignungsprüfung ließen wir die Schlosser auch eine Arbeitsprobe anfertigen, die einen Anhalt für die Sauberkeit geben sollte, mit der gearbeitet wurde. Die Arbeitsprobe wurde im Prüfraum hergestellt und bestand in dem Ausfeilen eines bestimmten Arbeitsstückes nach Schablone. Die Vorbearbeitungsgrade der Probearbeitsstücke und die Qualitäten der zur Verfügung gestellten Werkzeuge waren bei sämtlichen Schlossern die gleichen. Gemessen wurden während der Ausführung der Arbeitsprobe die Arbeitszeiten nach der im vorigen Kapitel beschriebenen Methode (Morseapparat und Beobachtungsprotokoll), die abgefeilten Spannmengen durch Auswägen der Probestücke vor und nach der Bearbeitung, und die Genauigkeit der Flächengestalten und -abstände durch Messung mit Mikrometern, Spionen usw.

Auswertung der Arbeitsprobe. Die Auswertung der Arbeitsprobe erfolgte in der Weise, daß für die Werte „Grade der Sauberkeit bezogen auf die gebrauchten Arbeitszeiten“ eine Rangreihe der Schlosser gebildet wurde. Die Ergebnisse der Arbeitsprobe sind in Abb. 37, S. 70 zusammengestellt.

Lichtpunktaufnahmen zur Feststellung der Arbeitsbewegungen. Neben den schon erwähnten Messungen der Arbeitszeit, der zerspannten Materialmenge und der Arbeitsgenauigkeit sind bei den Arbeitsproben auch noch Lichtpunktaufnahmen gemacht worden, um einen losen Anhalt für die Beurteilung der Qualität der Arbeitsbewegungen zu gewinnen. Es wurde das Feilen und Messen photographiert. Die Lichtpunkte (Taschenlampenglühbirnen) sind an Hand-, Ellbogen- und Schulter-

gelenk des rechten und am Ellbogen des linken Armes befestigt worden. Die Bahnen der Bewegungen erscheinen auf den Bildern als weiße Linien. Allen Bewegungsaufnahmen liegen die gleichen Arbeitsoperationen in gleicher Anzahl zugrunde. Die Bilder sollten nur zur Beantwortung der Frage dienen, ob bei den Arbeitsweisen unserer ausgelernten Schlosser überflüssige Arbeitsbewegungen auch wirklich ausgeschlossen sind. Welche Unterschiede in diesen Bewegungen bestanden, zeigen die Abb. 38, 39, 40 und 41. Die Feilbewegungen auf Abb. 38 lassen auf ein unruhiges „mit dem ganzen Körper Arbeiten“ schließen im Gegensatz zu den Bewegungen in Abb. 39, welche die Bearbeitung eines gleichen Arbeitsstückes

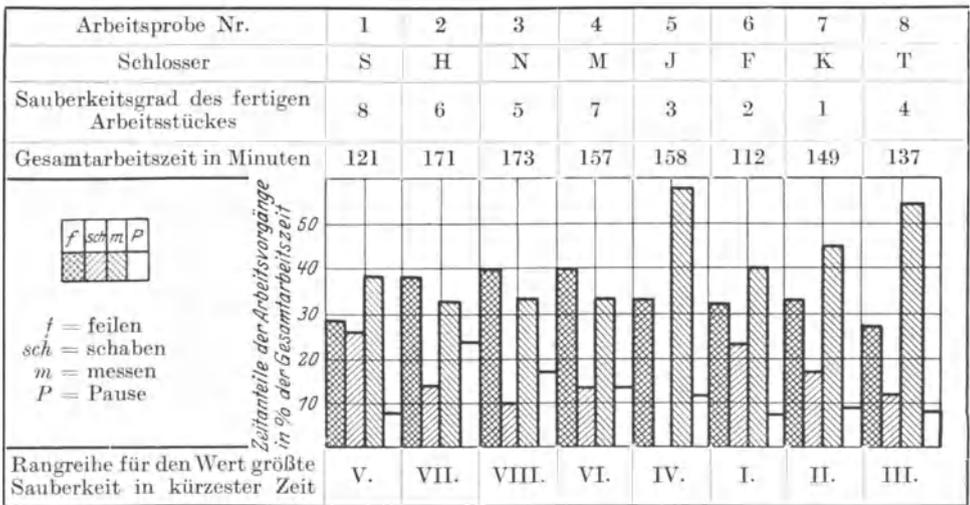


Abb. 37. Ergebnis der Arbeitsprobe.

durch einen anderen Schlosser zeigt. Es ist erklärlich, daß durch eine Arbeitsweise nach Abb. 38 eine stärkere körperliche Ermüdung des betreffenden Schlossers stattfinden muß als durch die Arbeitsmethode nach Abb. 39. Die Abb. 40 und 41 stellen folgenden Meßvorgang dar: Ausspannen des Stückes aus dem Schraubstock, Ergreifen einer Schiebelehre, Messen, Weglegen der Schiebelehre und Wiedereinspannen des Stückes. Wir erkennen deutlich, daß die Bewegungsbahnen in Abb. 40 von größerer Ruhe zeugen, als die in Abb. 41, die wir entschieden als planlos ansprechen müssen.

Auswertung der Lichtpunktaufnahmen. Es ist davon abgesehen worden, sämtliche Lichtpunktaufnahmen hier wiederzugeben. Das Ziel der Bewegungsphotographien lag ja nur darin, Einblick in die Qualität der Arbeitsbewegungen der untersuchten Schlosser zu erhalten. Die Auswertung der Lichtpunktaufnahmen erfolgte daher nicht nach streng wissenschaftlichen Gesichtspunkten, da für einen solchen Zweck die

Art des Photographierens zu primitiv war. Die Auswertung der Aufnahmen gipfelte in der Aufstellung von Rangreihen, die — von den

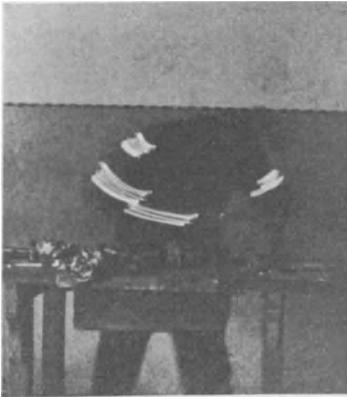


Abb. 38. Lichtpunktaufnahme eines Feilvorganges (günstige Arbeitsweise).



Abb. 39. Lichtpunktaufnahme eines Feilvorganges (günstige Arbeitsweise).



Abb. 40. Lichtpunktaufnahme eines Meßvorganges (ruhige u. sichere Bewegungen).



Abb. 41. Lichtpunktaufnahme eines Meßvorganges (unruhig und unsicher).

besten zu den schlechtesten Arbeitsweisen fortschreitend — sich folgendermaßen gestalteten:

Schlosser

Für das Feilen: F N I H M K T S
,, ,, Messen: M S N I H K F T

Das Eignungsschaubild. Die gesamte Eignungsprüfung findet ihren Niederschlag in den Eignungsschaubildern der einzelnen Schlosser (Abb. 42). Diese Eignungsschaubilder müssen, dem eingangs erwähnten Ziel entsprechend, die Beziehungen der verschiedenen Fähigkeiten der

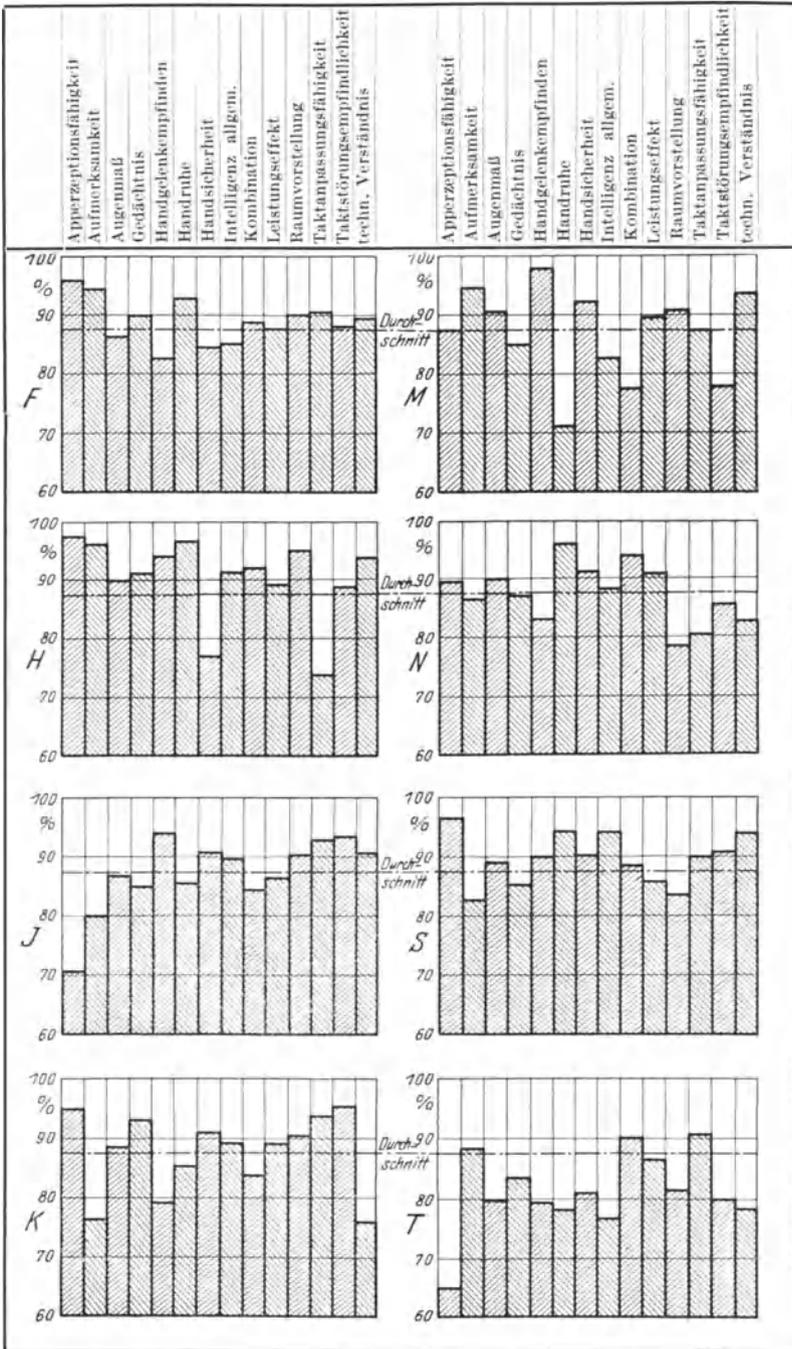


Abb. 42. Ergebnisse der Eignungsprüfung.

Einzelnen zum Durchschnitt klar erkennen lassen. Deshalb sind die auf die Gruppe bezogenen Eignungswerte den Diagrammen zugrunde gelegt. Es sei noch erläutert, wie die Eignungswerte zustande gekommen sind. Die prozentualen Fehlerwertanteile der 8 Prüflinge für einen bestimmten Prüfungspunkt seien $F_1\%$, $F_2\%$, $F_3\%$, . . . $F_8\%$, dann betragen ihre Eignungswerte $100 - F_1$, $100 - F_2$, $100 - F_3$, . . . , $100 - F_8$. Der durchschnittliche prozentuale Fehleranteil errechnet sich für die Gruppe von 8 Mann zu $100 : 8 = 12,5$, und der durchschnittliche Eignungswert ist daher $100 - 12,5 = 87,5$. Handelt es sich nun darum, durch eine Zeitaufnahme die Arbeitszeit eines Durchschnittsarbeiters für eine bestimmte Arbeit festzustellen, dann geht man zunächst von der Überlegung aus, welche Anforderungen der betreffende Arbeitsvorgang an den Ausführenden stellt. Ist beispielsweise das Gedächtnis bei dieser Arbeit von wesentlichem Einfluß, dann wird man die Zeitstudie an der Arbeit eines solchen Mannes anstellen, dessen Gedächtnis den Eignungswert 87,5 besitzt. Diese Forderung würde hier, gemäß seinem Schaubilde, der Schlosser N erfüllen.

Bemerkung über die Versuchsmittel. Die Eignungsprüfung, wie sie hier mit den uns verfügbaren, recht primitiven Mitteln ausgeführt werden konnte, zeigt einen improvisierten Charakter und kann deshalb nicht mit einer in einem psychotechnischen Institut angestellten verglichen werden. Jedenfalls glauben wir aber, daß diese anspruchslose Untersuchung gezeigt hat, ein wie wertvolles Auskunftsmittel die psychotechnische Eignungsprüfung dem Arbeitswissenschaftler sein kann, um sich über die beruflichen Eigenschaften der Menschen, mit denen er bei seiner Tätigkeit rechnen muß, unterrichten zu können.

III. Technologische Ermittlungen bei spanabnehmenden Schlosserarbeiten zur Ermittlung des Arbeitsbetrages und der sächlichen Einflüsse auf die Arbeitszeit.

1. Analogie zwischen mechanischer Spanabnahme und Spanabnahme von Hand.

Beziehung zwischen Arbeitszeit und technologischen Bedingungen der Arbeit. Arbeitszeit und technologische Bedingungen der Arbeit stehen in einer untrennbaren Beziehung zueinander, und es ist kein Zufall, daß Forscher, die sich mit dem Studium der Arbeitszeit beschäftigen haben, oft auch der Technologie ihr Interesse widmeten. So

hat z. B. schon Taylor sich nicht nur mit der Zeituntersuchung menschlicher Arbeit, sondern auch mit Zerspanungstheorie befaßt; den inneren Zusammenhang zwischen beiden Forschungsgebieten bildet unzweifelhaft die Frage der Zeitermittlung. Taylors Untersuchungen der Dreharbeiten sind viel mehr vom Standpunkt der Zeitersparnis als von dem der Kraftbedarf- oder Materialersparnis durchdrungen.

Anwendung der Zerspanungstheorie auf Bohrarbeiten mit Preßluftwerkzeugen. Bereits im ersten Kapitel (S. 14ff.), bei einem Beispiel der Zeitermittlung an Bohrarbeiten, wurde die Friedrich-Hipplersche Zerspanungstheorie herangezogen, um zwischen Arbeitszeit und technologischen Zusammenhängen eine funktionelle Beziehung festzulegen. Es handelte sich dort um einen mechanischen Zerspanungsvorgang, Bohren mit Handpreßluftbohrmaschinen, bei welchen jedoch der Vorschub von Hand vorgenommen wird. Obgleich die angeführte Theorie — genau genommen — für nur vollständig maschinelle Bearbeitung — also nur mit mechanischem Vorschub — Geltung hat, könnten wir sie doch analog auf unsere Arbeiten mit Preßluftwerkzeugen anwenden.

Annahme einer der Zerspanungstheorie analogen Theorie für spanabnehmende Schlosserarbeiten. Es ist anzunehmen, daß auch die Zerspanungsarbeiten von Hand, also die spanabhebenden Schlosserarbeiten, einer gewissen Gesetzmäßigkeit unterliegen, derzufolge zwischen Arbeitsbetrag und Arbeitszeit eine feststellbare Beziehung vorliegt.

Grundsätzlicher Unterschied zwischen maschineller und handlicher Bearbeitung. Freilich besteht zwischen maschineller und handlicher Bearbeitung ein grundsätzlicher Unterschied. Bei der Maschine sind die Bewegungen und die wirkenden Kräfte nach der Größe und Richtung eindeutig festgelegt, und Leistung und Wirkungsgrad lassen sich innerhalb einer bestimmten Genauigkeitsgrenze angeben. Die Kenntnis dieser einigermäßen exakten Werte gestattet eine Beurteilung des Bearbeitungsvorganges hinsichtlich Ursache und Wirkung. Ganz anders jedoch liegen die Verhältnisse bei der Handarbeit, bei der die Bewegungen und die wirkenden Kräfte in weitem Maße der Willkür unterliegen, und Leistung und Wirkungsgrad den variablen physiologischen Bedingungen des menschlichen Körpers entsprechend recht beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt sind.

Die Technologie ist eine Angelegenheit der Mechanik, und wir müssen versuchen, die der Handarbeit eigentümlichen physiologischen Größen durch solche zu ersetzen, die sich unseren mechanischen Betrachtungen einfügen lassen.

Physio-mechanisches Äquivalent. Es handelt sich also gewissermaßen um Einführung eines physio-mechanischen Äquivalents.

Sinngemäße Anwendung der Zerspanungstheorie auf unser Problem. Den Ausgangspunkt unserer Überlegung bilde die Zerspanungstheorie

für mechanische Bearbeitung, um zu untersuchen, ob die hier angewendeten Methoden sich sinngemäß auf unser Problem übertragen lassen.

Grundlagen der Zerspanungstheorie für mechanische Bearbeitung.

Diese Theorie geht von drei Faktoren: Maschine, Werkzeug und Werkstoff aus. Von der Maschine hängen in erster Linie Kraft und Bewegungsgrößen und damit auch die Leistung ab. Die Wirkung dieser Leistung, der Arbeitseffekt, läßt sich am Werkstück durch die Formänderung erkennen. Die Größe des Arbeitsbetrages, die diese Formänderung erzeugt, ist in der Hauptsache eine Funktion der Spanmenge und der Bearbeitungsfestigkeit des Werkstoffes. Das Werkzeug stellt das verbindende Glied zwischen Ursache und Wirkung dar. Die Art des Arbeitseingriffs des Werkzeuges steht im Mittelpunkt des Interesses, und es wird versucht, die günstigsten Bedingungen hierfür zu ermitteln. Es handelt sich in der Hauptsache um die Größen: Schnittgeschwindigkeit, Spanquerschnitt und Spanform, sowie die Schneidenform des Werkzeuges (Schneidwinkel). Durch die richtige Wahl dieser Größen, die für verschiedene Werkzeuge und Werkstoffe variieren, wird der Wirkungsgrad des Vorganges günstig beeinflußt.

Vergleich zwischen maschineller und handlicher Bearbeitung hinsichtlich der physikalischen Größen. Bei der Zerspanungsarbeit von Hand fällt die Sorge um die Schnittgeschwindigkeit fort, weil die hier auftretenden Geschwindigkeiten unterhalb der Grenzen liegen, bei denen durch zu starke Erwärmung das Werkzeug leidet. Hingegen sind die anderen Bedingungen, analog auf die verschiedenen Arbeitsarten: Feilen, Meißeln, Schaben angewendet, von einer gewissen Bedeutung. Dem richtigen Anschleifen von Schaber und Meißel, sowie dem Aufhauen der Feilen zur Erzielung von Feilzähnen, die Feilspäne von bestimmter Form erzeugen, wird neuerdings steigende Beachtung gewidmet¹⁾. Immerhin hat aber die Spanform beim Feilen nicht die Bedeutung für den Wirkungsgrad, wie bei der mechanischen Bearbeitung. Bei dieser ist es nämlich erforderlich, die Größe des Spanquerschnittes auf die jeweilige Größe der Schnittgeschwindigkeit und des Vorschubes abzustimmen, was durch einfache Änderung der Schnitttiefe geschieht. Diese Abstimmung dient dem Zwecke, die Werkzeugmaschine voll auszunutzen. Die Größe des Spanquerschnittes q ist eine Funktion des Schnittdruckes W ($W = k \cdot q^{\frac{3}{2}}$), so daß die Leistung durch das Produkt $v \cdot q^{\frac{3}{2}}$ bedingt ist, wenn v die Schnittgeschwindigkeit bedeutet. Beim Feilen läßt sich der Spanquerschnitt nur durch Anwendung verschieden aufgehaener Feilen ändern. Übrigens kommt bei dem erwähnten Fortfall der Schnittgeschwindigkeitsfrage eine Änderung der Spanquerschnitte in diesem Zusammenhange gar nicht in Betracht.

¹⁾ Die Feilspäne sollen derart beschaffen sein, daß sie sich nicht zwischen die Feilzähne klemmen, sondern leicht herabfallen.

Wir erkennen also, daß hinsichtlich des Arbeitseingriffs der Werkzeuge keine hinreichende Analogie zwischen maschineller und handlicher Bearbeitung besteht, um die erprobte Methode der einen auf die andere zu übertragen. Wir kommen jedoch gleichzeitig zu der Erkenntnis, daß diese Frage an sich bei der Spanabnahme von Hand von untergeordneter Bedeutung ist.

Leistungsbestimmung bei maschineller Bearbeitung. Hingegen scheint die Leistungsbestimmung der Zerspanung bei handlicher und maschineller Bearbeitung ähnliche Wege gehen zu können und auch für beide gleiche Bedeutung zu besitzen. Bei der maschinellen Bearbeitung geht man so vor, daß man den Leistungseffekt (kg Spanmenge je Zeiteinheit) in Beziehung zur mechanischen Leistung (mkg je Sek. am Stahl) bringt. Die mechanische Leistung wird durch das Produkt aus Geschwindigkeit und Schnittdruck bestimmt, wobei der Schnittdruck mittels Meßdose zu messen ist. Bei Kenntnis der eingeleiteten Leistung ist man in der Lage, den Wirkungsgrad, oder bei Kenntnis des Wirkungsgrades die eingeleitete Leistung zu berechnen.

Leistungsbestimmung bei der Zerspanung von Hand. Bei der Zerspanungsarbeit von Hand sind uns zunächst sowohl Wirkungsgrad wie auch aufgewendete Leistung der Maschine Mensch noch unbekannt, und wir wollen vorerst einmal betrachten, wie weit wir kommen, auch ohne eine dieser Größen zu kennen, und was wir aus einfacher und experimenteller Beobachtung der bekannten Größen ableiten können.

Bei unserer Werkstattuntersuchung lieferte uns die Bearbeitungsstellenberechnung (Kapitel I, S. 51 ff.) die Angabe, welche Bearbeitungszeit je Bearbeitungsstelle benötigt wurde. Um den Leistungseffekt bestimmen zu können, ist es erforderlich, die in den angegebenen Zeiten an den betreffenden Bearbeitungsstellen abgespannten Materialmengen festzustellen. Die Größe dieses Leistungseffektes wird vermutlich stark schwanken, weil auch die angewendete Leistung und der Wirkungsgrad, den stark variierenden physiologischen und technologischen Einflüssen entsprechend, beträchtlichen Schwankungen ausgesetzt sind. Wir sehen nun die Aufgabe vor uns, diese Einflüsse zu ermitteln.

Werkzeug- und Werkstoffeinflüsse. Bearbeitungsfestigkeit des Werkstoffes und Eigenschaften des Werkzeuges, die wohl in erster Linie den Zerspanungsvorgang beeinflussen, werden nach Friedrich-Hipplerscher Theorie bei der mechanischen Bearbeitung durch zwei Materialzahlen K und M berücksichtigt. K stellt den Schnittdruck bei 1 mm² Spanquerschnitt, also ein Maß für die Bearbeitungsfestigkeit dar, während M die für ein bestimmtes Material und ein bestimmtes Werkzeug zulässige obere Grenze der Schnittgeschwindigkeit bedeutet. Beide Konstanten, die beide auch empirisch ermittelt wurden, sind tabellarisch in Beziehung zu der Zugfestigkeit festgelegt, in der Weise,

daß z. B. S. M.-Stahl von $kz = 50 \text{ kg/mm}^2$ einen K -Wert von 200 kg/mm^2 besitzt. Beim Feilen würde der Materialzahl K eine Größe entsprechen, die den Feilwiderstand W erfaßt und für eine bestimmte Spanform gilt. Dagegen besteht kein Analogon zur Materialzahl M gemäß unserer Feststellung, daß die Schnittgeschwindigkeitsfrage fortfällt. Beim Feilen ist die Griffähigkeit der Feilen hinsichtlich der Größe und Form der zu erzielenden Späne von Bedeutung, und wir werden zur Berücksichtigung dieser Eigenschaft versuchen, eine Feilenkraft F zu ermitteln.

Die Friedrich-Hipplersche Theorie geht noch über die Einführung der beiden Konstanten M und K hinaus, da diese nur für 1 mm^2 Geltung haben. Deshalb muß noch der Veränderlichkeit des Schnittdruckes und der Schnittgeschwindigkeit gegenüber verschiedenen Spanquerschnitten Rechnung getragen werden. Damit entfernt sich diese Theorie von den Belangen der Zerspanung durch Feilen.

Die Aufgabe der technologischen Untersuchung. Durch vorstehende Betrachtungen ist unsere Aufgabe der technologischen Untersuchung gekennzeichnet. Sie umfaßt zwei Teile, und zwar:

1. Feststellung der abgespannten Materialmenge an Bearbeitungsstellen, deren Bearbeitungszeit durch Zeitaufnahme gemessen wurde,

2. Feststellung von Materialkonstanten für Feilwiderstand und Griffähigkeit des Werkzeuges.

Die Feststellung 1 wurde vor und nach den durch Zeitstudium untersuchten Bearbeitungen an den Achsgabeln von Lokomotivbarrenrahmen, also intermittierend mit der Zeituntersuchung vorgenommen. Zur Feststellung 2 wurde eine besondere Vorrichtung konstruiert, welche die Messung der auftretenden Kraft und Bewegungsgrößen beim Feilen gestattete. Die Versuche mit diesem Apparat wurden unabhängig von der Werkstattuntersuchung als Laboratoriumsversuche ausgeführt. Im folgenden Abschnitte kommen die Messungen der abgespannten Materialmengen zur Besprechung, während die Feststellung der Materialkonstanten und der Griffähigkeiten der Feilen im letzten Abschnitte dieses Kapitels abgehandelt werden.

2. Feststellung der abgespannten Materialmenge an den Bearbeitungsstellen der Achsgabeln von Lokomotiv-Barrenrahmen.

Anwendung der Raummessungsmethode. Zur Feststellung der abgespannten Materialmenge an den Achsgabeln der Barrenrahmen mußten wir uns einer recht langwierigen und umständlichen Methode bedienen. Diese bestand in der Messung der Flächenabstände von einer Bezugs-

ebene aus und gliedert sich in die Messung der graden Flächen (F , I , C , E , N , P) und der gekrümmten, den Hohlkehlen (H_1 , H_2 , H_6), siehe Abb. 9, S. 25. Das Prinzip der Messung ist in Abb. 43 schematisch dargestellt und beruht darauf, die räumliche Lage der Roh- und Fertigflächen zueinander stereometrisch festzulegen und den zwischen beiden Flächenlagen eingeschlossenen Rauminhalt zu ermitteln.

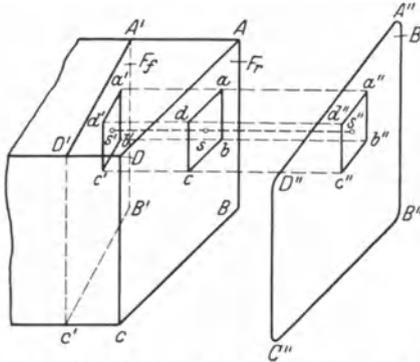


Abb. 43. Schema zur Bestimmung abgespannten Materials an „geraden“ Flächen.

$ABCD$ = Roh-Fläche = F_r
 $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche = F_f
 $A''B''C''D''$ = Bezugsebene = B
 $abcd$ = Flächenteil von F_r = ΔF_r
 $a'b'c'd'$ = „ „ „ F_f = ΔF_f
 $a''b''c''d''$ = „ „ „ B = ΔB
 ΔF_f und ΔB sind Parallelprojektionen von ΔF_r auf F_f bzw. auf B , $\perp B$.

S , S' , S'' = Flächenschwerpunkte der Flächen ΔF_f , ΔF_r und ΔB sowie Spurpunkte in einer Geraden von der Richtung der Projektion von ΔF_r auf F_f und B .

$a''abb''c''c'dd''$ = Volumenteil des zwischen B und F_r eingeschlossenen Volumen $V_1 = \Delta V_1$
 $a''a'b'b''c''c'd'd''$ = Volumenteil des zwischen B und F_f eingeschlossenen Volumen $V_2 = \Delta V_2$
 $aa'b'bcc'd'd$ = Volumenteil des zwischen F_f und F_r eingeschlossenen Volumen $V = \Delta V$

$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_2 - \Delta V_1 \\ \Delta V_2 &= S'S'' \cdot \Delta B \\ \Delta V_1 &= SS'' \cdot \Delta B \\ V &= \Sigma \Delta V \end{aligned}$$

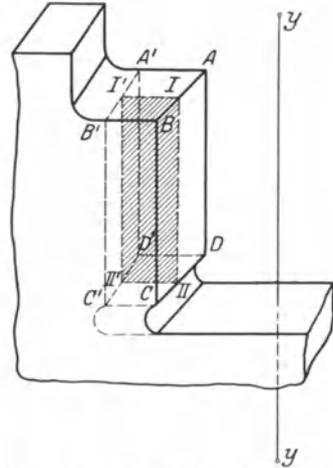


Abb. 44. Schema zur Bestimmung abgespannten Materials an den „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 43 u. Abb. 9).

$ABCD$ = Roh-Fläche
 $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche
 $AA'B'BCC'D'D$ = Spanvolumen
 $I'I'II'II$ = Mittellängsschnitt durch d. Spanvolumen.

$\overline{Y'Y}$ = Bezugslinie in der Ebene $I'I'II'II$ liegend.

Bei dem vorliegenden Falle — der Messung an den Bearbeitungsstellen der Achsgabeln — konnte im Hinblick auf die einfache schmale Gestalt der hier auftretenden Flächen ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, das aus Abb. 44 zu ersehen ist.

Erklärung des Prinzips der Spanmengenermittlung. Eine Ebene schneidet die Roh- und Fertigflächen derart, daß ihre Spuren $I' II'$ und $I' II'$ ungefähr mit ihren Mittellinien in Längsrichtung zusammenfallen. Dann bildet der zwischen diesen Spuren liegende Flächenabschnitt $I' II' II' I'$ einen Längsschnitt durch das Spanvolumen. Unterteilt man dieses durch eine Anzahl horizontaler Schnitte (der Einfachheit

wegen in gleichen Abständen), dann stellt jeder Volumenteil ein Prisma- toid dar, das sich mit Hilfe der Simpsonschen Formel berechnen läßt. Wir können in unserem Falle mit genügender Genauigkeit das Prisma- toid als ein schief abgeschnittenes Prisma ansehen, dessen Inhaltsbestim-

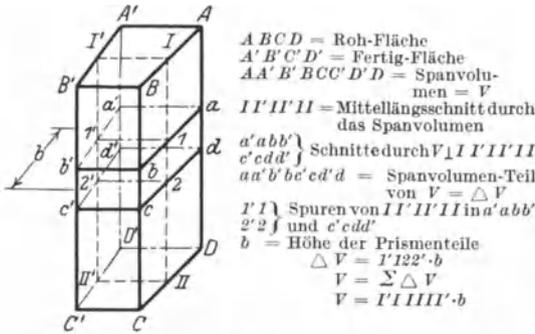


Abb. 45. Schema zur Bestimmung des abgespannten Materials an „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 44).

$ABCD$ = Roh-Fläche
 $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche
 $AA'B'BCC'D'D$ = Spanvolumen = V
 $II'I'II$ = Mittellängsschnitt durch das Spanvolumen
 $a'abb'$
 $c'cdd'$ } Schnitt durch V in $II'I'II$
 $aa'b'bc'cd'd$ = Spanvolumen-Teil von $V = \Delta V$
 $I'I'$ } Spuren von $II'I'II$ in $a'abb'$
 $2'2'$ } und $c'cdd'$
 b = Höhe der Prismenteile
 $\Delta V = I'122' \cdot b$
 $V = \Sigma \Delta V$
 $V = I'IIII' \cdot b$

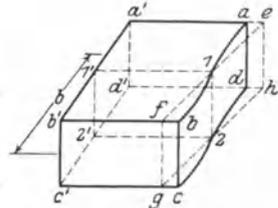


Abb. 46. Schema zur Bestimmung des abgespannten Materials an „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 45).

$a'abb'c'cdd' = \Delta V$
 $\Delta V = I'122' \cdot b$
 $+ (b1 - ae1) \cdot \bar{eh}$
 Korrektur-Faktor.

mung mit Hilfe des Mittelschnittes $1\ 1'\ 2\ 2'$ entsprechend der schematischen Skizze Abb. 45 erfolgt.

Ist die Grundfläche $a\ a'\ b\ b'$ und $c\ c'\ d\ d'$ nicht trapezförmig, sondern eine davon abweichende Figur (Abb. 46), dann verfährt man genau so, als wenn sie ein Trapez wäre, und berücksichtigt den dadurch entstehenden Fehler durch eine entsprechende Korrektur.

Die Spanmengenmessung an den Hohlkehlen wird in ähnlicher Weise vorgenommen wie an „ebenen Flächen“, nur daß hier zur Ermittlung der Lagen der Zylinderachsen und -radien der zylindrischen Hohlkehlenflächen Scheibenschablonen verwendet werden. Bei der Messung einer Hohlkehle wird eine ihrem Krümmungsradius entsprechende Scheibenschablone in ihre Höhlung hineingelegt und die Mittelpunktslage der Scheibenschablone von zwei orthogonalen Bezugslinien einer Ebene aus bestimmt (Abb. 47).

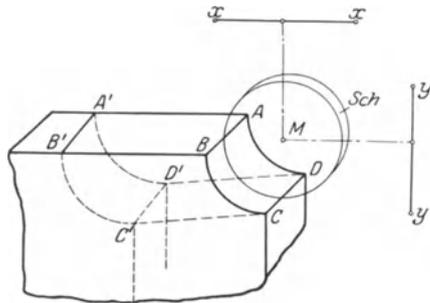


Abb. 47. Schema zur Bestimmung abgespannten Materials an Hohlkehlen.

$ABCD$ = Roh-Fläche
 $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche
 $\bar{X}\bar{X}$ und $\bar{Y}\bar{Y}$ = orthogonale Bezugslinie einer Ebene.
 Sch = Scheibenschablone zur Ermittlung von Krümmungsradius und Krümmungsmittelpunkt.

Praktische Durchführung der Spanmengenmessungen. Für die praktische Durchführung der Messungen wurde zunächst eine Be-

zeichnungssystematik geschaffen, um die nachfolgende Auswertung zu erleichtern. Die Maßbezeichnungen für das Ausmessen der ebenen Flächen zeigt die Abb. 48 und die für das Ausmessen der Hohlkehlen die Abb. 49.

Ausmessen der ebenen Flächen. Aus der Anordnung der Maße in den Abb. 48 und 49 kann auf das Vorgehen beim Messen geschlossen werden. Die Maße e und g wurden zwischen den Bezugslinien b_F und b_I und den mit 1 bis 11 bzw. 1 bis 10 bezifferten Stellen mit Mikrometerschrauben gemessen. Als Maßbezugslinien dienten die Kanten eines

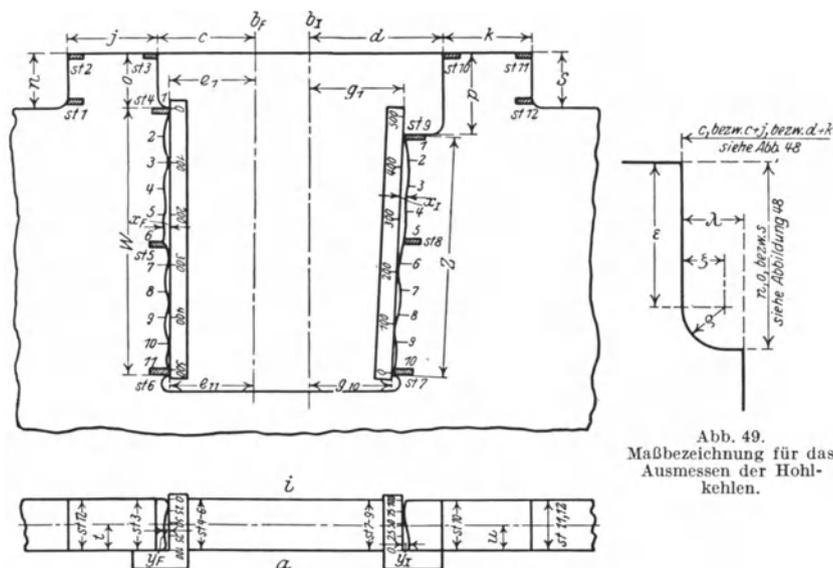


Abb. 49. Maßbezeichnung für das Ausmessen der Hohlkehlen.

Abb. 48. Maßbezeichnungen für das Ausmessen der ebenen Flächen.

Lineals, das mit einem Anschlagwinkel zu einem T starr verbunden war und in die Achsgabeln gehängt werden konnte. Die Lagen dieser Kanten während der ersten Messung vor der Bearbeitung mußten zur Vornahme der zweiten Messung nach der Bearbeitung rekonstruiert werden können. Zu diesem Zwecke wurde das Lineal nach Wage ausgerichtet und die seitliche Lage durch einen am Rahmen fest verschraubten Anschlag fixiert. Die mit $st\ 1$ bis $st\ 12$ bezeichneten schraffierten Rechtecke (Abb. 48) zeigen die Stellen, an denen die Rahmenwangenstärken gemessen wurden. Die Maße x_F und x_I (Abb. 48), die durch Anhalten eines Lineals an die Flächen und mit Spionen ermittelt sind, dienen zur Kontrolle der Maße e_1 bis e_{11} und g_1 bis g_{10} . Die Maße y_F und y_I , die durch Anhalten eines Winkels und mit Spionen an 5 Punkten, in 0, 25, 50, 75 und 100 mm Abstand von der Rahmenplattenaußenseite, festgestellt

wurden, bestimmen die Flächenwinkligkeit, die deswegen von Bedeutung war, weil die Ausführung der Arbeit winklige Flächen erforderte.

Ausmessen der Hohlkehlen. Zur Messung der Hohlkehlen dienten Scheibenschablonen mit aufgesetzten Winkeln, deren innere Scheitel mit den Scheibenkreismittelpunkten zusammenfielen, um an den Winkelschenkeln Anlage zur Messung der Mittelpunktdistanzen zu haben (Abb. 50). Es waren 10 solcher Schablonen für das Ausmessen nötig; ihre Durchmesser stiegen um 0,25 mm von 18 mm angefangen bis 20,25 mm, damit die Ungenauigkeiten der Hohlkehradien möglichst exakt ermittelt werden konnten.

Vorarbeiten und Schwierigkeiten beim Messen. Die erste Vorarbeit vor dem Messen bestand darin, alle Grate, die ein Auf- oder Anlegen der Lineale, Winkel usw. beeinträchtigen, zu entfernen. Sodann waren eine Reihe Hilfslinien und -punkte an der rohen Achsgabel anzureißen und anzukörnern, welche die Meßausgangsstellung kennzeichneten, und die deren Auffindung vor dem Nachmessen nach beendigter Arbeit möglich machen mußten. Grundprinzip war, wenn irgend möglich, auch die Meßentfernungen immer durch Punkte festzulegen und den

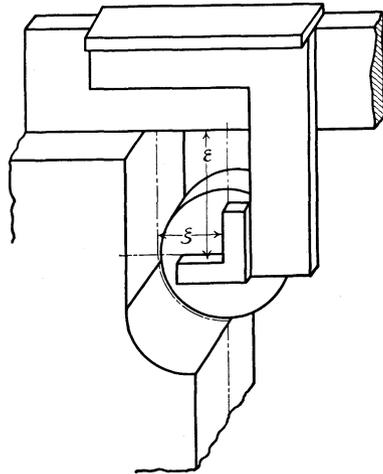


Abb. 50. Ausmessung der Hohlkehlen.

Abstand dieser Maßendpunkte zu messen. War z. B. die Entfernung zweier zueinander parallelen Ebenen zu bestimmen, so fühlte man nicht die Entfernung der Ebenen voneinander an beliebigen Stellen ab, sondern legte in beiden Ebenen Linien und auf diesen Linien Punkte fest, maß diese und markierte sie, um bei der Nachmessung der fertig bearbeiteten Achsgabel dieselben Punkte wiederfinden zu können. Vor jedem Meßbeginn war schließlich noch ein Nachprüfen der Meßgeräte notwendig.

Da es sich hauptsächlich um Nacharbeiten handelte, waren die Spanstärken sehr gering; das ergab besondere Schwierigkeiten in bezug auf die zur Anwendung kommenden Meßgeräte. Auf die Organisation der Werkstattuntersuchung hatte einen wesentlichen Einfluß, daß das Bearbeiten unmittelbar nach dem Ausmessen der rohen Achsgabeln einsetzen und das Nachmessen wiederum möglichst sofort auf die Arbeitsfertigstellung folgen mußte. Sobald aus Platzmangel oder sonstigen Gründen die Barrenrahmenplatten in der Zwischenzeit vom Vormessen zum Nachmessen irgendwelchen Transportvorgängen hätten unterworfen werden müssen, wäre eine Verschiebung der erwähnten für jede

										Meßdaten der Achsgabel: $LX A_2$.						gem.: <i>Ben</i> gepr.: <i>We</i> Dat. 16. V. 24.	
ebene Flächen					Flächenwinkligkeit				Hohlkehlen			Härte- prüfung					
	<i>r</i>	<i>f</i>		<i>r</i>	<i>f</i>		<i>F</i>		<i>I</i>			<i>r</i>	<i>f</i>	Brinellsche Kugel- druckprobe			
<i>c</i>	237,13	238,65	<i>k</i>	172,3	170,0	bei $0x =$ am <i>En-</i> de $x =$	0		0,40		H_1	ϱ	20,0	20,0	1	31,8	
<i>d</i>	307,50	307,60	<i>n</i>	89,6	90,4		0		0,0			ε	68,4	70,4	2	31,0	
<i>e</i> ₁	224,24	224,58	<i>o</i>	88,7	89,2		$x_F = 0$		$x_I = 0$			ξ	20,0	20,0	3	31,7	
<i>e</i> ₂	224,28	224,58	<i>p</i>	156,7	156,8		von	bis	von	bis		λ	30,1	32,4	4	31,5	
<i>e</i> ₃	224,39	224,71	<i>s</i>	88,7	90,5		0	43	6	2,5		ϱ	19,0	20,0	5	30,0	
<i>e</i> ₄	224,38	224,77	<i>st</i> ₁	100,9	99,9		487	Ende	425	Ende	ε	71,0	71,1	6	31,0		
<i>e</i> ₅	224,41	224,83	<i>st</i> ₂	100,9	99,8						ξ	19,3	20,0	7	31,0		
<i>e</i> ₆	224,45	224,89	<i>st</i> ₃	100,9	100,0						λ	13,0	14,2	8	30,0		
<i>e</i> ₇	224,47	224,95	<i>st</i> ₄	100,8	100,1						ϱ	20,0	20,0	9	31,0		
<i>e</i> ₈	224,49	225,00	<i>st</i> ₅	100,7	100,1						ε	69,8	70,1	10	31,0		
<i>e</i> ₉	224,50	225,00	<i>st</i> ₆	100,5	100,3		25	0,30	0,15		ξ	21,0	20,0	11	31,0		
<i>e</i> ₁₀	224,49	225,04	<i>st</i> ₇	100,7	100,4	bei 50	0,20	0,0		λ	32,3	33,9	$\Sigma \varnothing$	37,26			
<i>e</i> ₁₁	224,38	225,14	<i>st</i> ₈	100,7	100,3	75	0,05	0,0					$\varnothing m$	3,10			
<i>g</i> ₁	240,88	242,00	<i>st</i> ₉	100,8	100,4	100	0,00	0,0					Härte	119			
<i>g</i> ₂	238,61	239,10	<i>st</i> ₁₀	100,7	100,1		$y_F = 0$		$y_I = 0$		Bemerkungen:						
<i>g</i> ₃	235,15	235,56	<i>st</i> ₁₁	100,8	100,1		von	bis	von	bis							
<i>g</i> ₄	232,33	232,65	<i>st</i> ₁₂	100,8	100,1		82	Ende	46	Ende							
<i>g</i> ₅	228,88	228,95	<i>t</i> _v	51,5	49,2												
<i>g</i> ₆	225,40	225,54	<i>t</i> _h	50,2	49,2												
<i>g</i> ₇	222,14	222,18	<i>u</i> _v	50,0	49,8												
<i>g</i> ₈	218,16	218,67	<i>u</i> _h	50,0	49,9												
<i>g</i> ₉	214,56	215,16	<i>w</i>	500,0	499,5												
<i>g</i> ₁₀	212,01	212,32	<i>z</i>	437,5	437,5												
<i>j</i>	173,8	170,10															

Abb. 51.

Achsgabel räumlich festgelegten Meßbezugsebene gegenüber den schon ausgemessenen Rohflächen eingetreten. Das hätte zur Folge gehabt, daß ein Nachmessen der Flächenlagenveränderung von der Roh- und

Fertigfläche unmöglich geworden wäre. Die Platten erleiden nachgewiesenermaßen beim Transportieren derartige Durchhänge, daß in den Grenzen der bei dieser Untersuchung notwendig gewesenenen 0,01 mm-Messung bleibende Deformationen sich feststellen lassen.

Das Messen selbst geschah mit Hilfe von Wasserwagen, Mikrometerschrauben, Tastern, Schublehren und Spionen, außerdem unter Verwendung spezieller Meßvorrichtungen, die — wie z. B. für die Hohlkehlenmessungen — hierfür besonders hergestellt worden waren. Die verfügbaren Meßmittel waren also äußerst primitiv, wodurch die Messung sich recht schwierig gestaltete. Die Zustellung von Fühlhebelinstrumenten war infolge der Wirtschaftskrise nicht zu erreichen. Die Meßfehler, die dadurch entstehen mußten, daß die Meßdrucke der verschiedenen messenden Personen variierten, konnten nur dadurch ausgeglichen werden, daß die persönlichen Fehlerkonstanten der Messenden psychotechnisch ermittelt wurden und bei der Auswertung der Meßergebnisse Berücksichtigung fanden. Die Meßresultate wurden in Protokolle eingetragen, die ebenso wie die Maßbezeichnungen genormt waren und alle für die spätere Auswertung wichtigen Meßdaten enthalten mußten. Abb. 51 stellt ein solches Protokoll dar.

Auswertung der Meßergebnisse. Die Ermittlung der Spanmengen erfolgte zum Teil graphisch, zum Teil analytisch.

Spanmengenmittlung bei den Flächen F. Als Beispiel der von uns eingeschlagenen Vorgangsweise sei die Spanermittlung für eine der Flächen F hier kurz erläutert. Die Flächen F sind gekennzeichnet in ihrer Länge durch die Maße e_1 bis e_{11} , w und x_p , in ihrer Breite durch st_4 bis st_6 und y_p (Abb. 48, S. 80). Die abgefeilte Spanmenge in Kubikmillimeter ist gleich der mittleren Breite des Rahmens st in Millimeter mal dem Quadratmillimeterinhalt der Fläche, die begrenzt wird durch die Punktreihen e_{1r} bis e_{11r} , von der Länge w_r und durch die Punktreihen e_{1f} bis e_{11f} von der Länge w_f (Abb. 52). Die ganze Spanmenge ist daher gleich der mittleren Breite der Rahmenwange mal der $////$ -Fläche minus der ($//// + ||||$)-Fläche (Abb. 52).

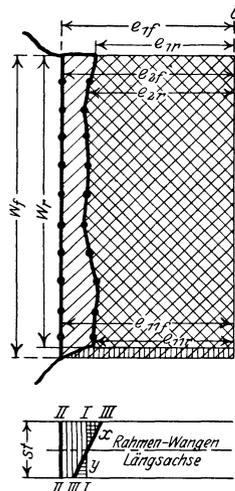


Abb. 52. Spanmenge der Fläche F .

Das auf diese Art ermittelte Spanvolumen bedarf aber noch einer Berichtigung, denn es gilt nur dann, wenn die Schnittkanten eines bei stehender Rahmenwange gedachten Horizontalschnittes durch die Fläche F vor und nach der Bearbeitung rechtwinklig zur Längsachse des Barrenrahmens liegen. Die Punktreihen e_{1r} bis e_{11r} und e_{1f} bis e_{11f} sind in der Mitte der Wangenstärke gemessen. Die nach der oben an-

gegebenen Weise ermittelte Spanmenge ist als ein Prisma gedacht, das den Inhalt $(e_f - e_r) \cdot st \cdot w$ hat, dessen Flächen $st \cdot w$ sich vertikal erheben und rechtwinklig zur Rahmenlängensachse stehen. Ihre Projektionen würden also die im Grundriß der Abb. 52 (S. 83) angedeuteten Linien I—I und II—II sein. In Wirklichkeit aber sind die Schnitt-

Arbeitsanweisung I. Ermittlung von $Sp_{F_I} + Sp_{F_Q}$	
Operationsfolge	Rechenoperationen
	Ermittlung von Sp_{F_I}
I	<i>Stelle die größte ganze Zahl fest, welche die Werte e_{1r} bis e_{11r} gemeinsam haben, sie sei Δ.</i>
II	<i>Summiere $(e_{1f} - \Delta) + (e_{2f} - \Delta) + (e_{3f} - \Delta) + \dots + (e_{11f} - \Delta)$.</i>
III	<i>Dividiere die Summe II durch II.</i>
IV	<i>Multipliziere III mit w_f.</i>
V	<i>Summiere $(e_{1r} - \Delta) + (e_{2r} - \Delta) + (e_{3r} - \Delta) + \dots + (e_{11r} - \Delta)$.</i>
VI	<i>Dividiere die Summe V durch II.</i>
VII	<i>Multipliziere VI mit w_r.</i>
VIII	<i>Bilde $(w_f - w_r)$, beachte das Vorzeichen! Ist $(w_f - w_r) = 0$, so erübrigen sich die Operationen IX, X und XI, die Operation XII ist dann ebenfalls 0.</i>
IX	<i>Subtrahiere VI von III.</i>
X	<i>Dividiere das Ergebnis IX durch 2.</i>
XI	<i>Addiere X + VI.</i>
XII	<i>Multipliziere XI mit VIII unter Berücksichtigung des Vorzeichens!</i>
XIII	<i>Addiere XII + VII mit Berücksichtigung des Vorzeichens!</i>
XIV	<i>Subtrahiere XIII von IV.</i>
XV	<i>Bilde $\frac{st_{4f} + st_{5f} + st_{6f}}{3}$.</i>
XVI	<i>Multipliziere XV mit XIV.</i>
	Ermittlung von Sp_{F_Q}
XVII	<i>Planimetriere X (mm^2).</i>
XVIII	<i>„ „ Y „</i>
XIX	<i>Subtrahiere XVIII von XVII, beachte das Vorzeichen!</i>
XX	<i>Multipliziere XIX samt Vorzeichen mit $\frac{w_f + w_r}{2}$.</i>
XXI	<i>Addiere XX unter Vorzeichenberücksichtigung + XVI.</i>

Abb. 53.

kanten eines gedachten Horizontalschnittes durch die Flächen F vor der Bearbeitung nicht rechtwinklig zur Rahmenlängensachse, sondern verlaufen etwa nach der im Grundriß der Abb. 52 (S. 83) eingezeichneten Linie III—III. Dadurch entstehen in einem gedachten Horizontalschnitt durch die Flächen F die beiden Flächenteile X und Y, deren Quadratmillimeterinhalt mal der mittleren Länge der Fläche in Millimeter bei der in angegebener Weise errechneten Spanmenge noch zu berücksichtigen ist. Die Ermittlung der Flächen X und Y geschieht am

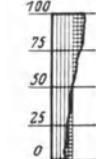
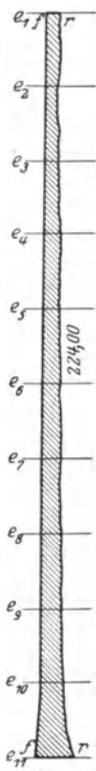


Abb. 54. Schnitt durch eine Fläche F . Längenmaßstab 1 : 2,5. Breitenmaßstab 10 : 1.

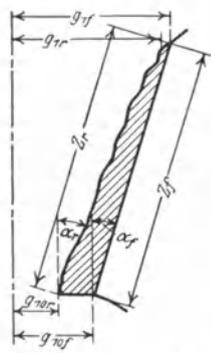


Abb. 55. Spannmessung der Fläche I .

einfachsten graphisch, denn aus dem Protokoll Abb. 51 (S. 82) ist auf Grund der y -Maße eine Aufzeichnung der Flächenwinkligkeit und damit auch ein Ausplanimetrieren der Flächen X und Y möglich (siehe Grundriß in Abb. 54).

Nach der eben angeführten Methode mußten 66 Spanermittlungen durchgeführt werden. Für die Ausführung der Rechnungen wurden Hilfskräfte verwendet, von denen natürlich mathematisches Verständnis für diese Arbeiten verlangt wurde. Um beim Rechnen die Fehlermöglichkeiten weitestgehend auszuschalten und doch eine möglichst große Rechengeschwindigkeit zu erzielen, wurde die Ausrechnung

Rahmen	LX	LXVI	
	Achse	A_2	
I	224	216	
II	9,49	17,04	
III	0,86	1,55	
IV	429,57	773,45	
V	4,48	8,80	
VI	0,40	0,80	
VII	200	399,20	
VIII	-0,5	0	
IX	-0,46	0	
X	-0,23	0	
XI	+0,17	0	
XII	-0,085	0	
XIII	199,91	399,20	
XIV	229,66	338,25	
XV	100,1	100,8	
Sp_{F1}	23195,6	34095,6	
XVII	+ 6,66	—	
XVIII	- 5,00	—	
XIX	+ 1,66	—	
Sp_{Fg}	+ 829,6	—	
Sp_F	24,02	34,09	

Abb. 56. Abschnitt eines Formulars zur Ermittlung der Spanmengen der Flächen F nach Arbeitsanweisung I.

nach einer Arbeitsanweisung auf genormten Protokollen vorgenommen, die so eingerichtet waren, daß sich an jeder Stelle Kontrollen vornehmen ließen. Die Arbeitsanweisung für die Ermittlung der Flächen F ist aus Abb. 53, S. 84 zu ersehen.

Ein Abschnitt des dazugehörigen Ausrechnungsprotokolls, beispielsweise ausgefüllt mit den sich aus den Unterlagen des Aufnahmeformulars (Abb. 51, S. 82) ergebenden Werten, zeigt Abb. 56.

Außer der analytischen Ermittlung erfolgte noch die zeichnerische Darstellung des Mittellängsschnittes durch das Spanvolumen entsprechend dem Schema nach Abb. 44 (S. 78). Für die schon in dem Aufnahmeprotokoll (Abb. 51, S. 82) und in dem Ausrechnungsformular

	Arbeitsanweisung II. Ermittlung von $\cos \alpha_f$ und $\cos \alpha_r$ der Flächen I.	
Operationsfolge	Rechenoperationen	
I	Subtrahiere $g_{1f} - g_{10f}$.	
II	Dividiere das Ergebnis I durch z_f .	
III	Suche das Ergebnis II als Sinus in einer Tafel der natürlichen Zahlenwerte der trigonometrischen Funktionen.	
IV	Schreibe zu III den dazugehörigen Cosinus heraus = $\cos \alpha_f$.	
V	Übertrage das Ergebnis IV in die Spalte I des Formulars zur Ermittlung von Sp_f .	
VI	Subtrahiere $g_{1r} - g_{10r}$.	
VII	Dividiere das Ergebnis VI durch z_r .	
VIII	Suche das Ergebnis VII als Sinus in einer Tafel der natürlichen Zahlenwerte der trigonometrischen Funktionen.	
IX	Schreibe zu VIII den dazugehörigen Cosinus heraus = $\cos \alpha_r$.	
X	Übertrage das Ergebnis IX in die Spalte II des Formulars zur Ermittlung von Sp_r .	

Abb. 57.

(Abb. 56, S. 85) als Beispiel behandelten Fläche F ergibt sich die Abb. 54.

Spannungsermittlung bei den Flächen I. Die Spannungen der Flächen I (Abb. 9, S. 25) werden nach denselben Grundsätzen berechnet wie die der Flächen F , nur ist bei den Flächen I ihre Neigung zu berücksichtigen. Dazu ist die Kenntnis des $\cos \alpha$ nötig (Abb. 55), der ebenfalls nach einer Arbeitsanweisung ermittelt wurde (Abb. 57). Die zur Ermittlung der Spannungen der Flächen I verwendete Arbeitsanweisung und das dazu gehörige Ausrechnungsformular sind analog zur Arbeitsanweisung I (Abb. 53, S. 84) und zum dazugehörigen Formular (Abb. 56, S. 85) aufgebaut, nur daß die $\cos \alpha$ -Multiplikationen sinngemäß eingeflochten sind.

Spannungsermittlung bei den Hohlkehlen. Die Spannungen der Hohlkehlen wurden nur durch Aufzeichnen und Planimetrieren ermittelt. Um die Spandicken erkennbar zu machen, war es nötig, beim Aufzeich-

Außerdem wurden zum Aufreißen der Hohlkehlen noch benötigt: Die Maße c, d, j, k, n, o, s (Abb. 48, S. 80), $\lambda, \varepsilon, \xi, \varrho$ (Abb. 49, S. 80), aus denen berechnet wurden die Maße: ω, η, o und ψ (Abb. 58, S. 87).

Die Rechnungen wurden in diesem Falle nicht nach einer besonderen Arbeitsanweisung ausgeführt, da diese sehr lang und deswegen unübersichtlich geworden wäre. Alle für das Aufzeichnen der Hohlkehlen notwendigen Werte wurden jedoch in einem Berechnungsformular zusammengetragen, das derart gestaltet war, daß die zu lösenden Rechnungen daraus klar ersichtlich hervorgingen (Abb. 60).

Abschnitt eines Hohlkehlen-Berechnungsformulars.								
Berechnungsformular für das Aufzeichnen der Hohlkehlen.					ger.: Bn. gepr.: We.			
ε_f	70,1	L X A ₂ H ₆		c_f	307,4	k_r	171,5	
$-\varepsilon_r$	69,8			$-c_r$	307,3	k_f	170,0	
ψ	+ 0,3				0,1		1,5	
ε_r^2	4872	ξ_r	21,00	ξ_f	20,0	\rightarrow	—	0,1
+ ξ_r^2	441	$-\varrho_r$	20,00	$\xi_r - \varrho_r = +$		σ	1,4	
Σ	5313	s_r	89,8	s_f	90,1	λ_r	32,3	
$\log \Sigma$		$-\varepsilon_r$	69,8	$-\varepsilon_r$	69,8	ω	33,8	
$\frac{1}{2} \log \Sigma$		$n =$	20,0	$o =$	20,3	λ_f	33,9	
$\sqrt{\Sigma}$	74	wenn $\xi_r - \varrho_r = +$			wenn $\xi_r - \varrho_r = -$			
$\varepsilon_r: \xi_r = \operatorname{tg} I$	3,325			80° 59' 60''		I + II		
$\varrho_r: \sqrt{\Sigma} = \sin III$	0,2703	$-(I + II)$		88° 58'		—	89° 50' 60''	
$\sphericalangle I$	78° 17'	$\sphericalangle III$		1° 2'		$\sphericalangle III$		
$\sphericalangle II$	15° 41'	$\operatorname{tg} III$		0,01805		$\sin III$		
$\sphericalangle I + II$	88° 50'	$\operatorname{tg} III \cdot \varepsilon - \alpha =$		1,26		$\varrho_r \sin =$		
ε_f		L X A ₂		c_f		j_r		
$-\varepsilon_r$				$-c_r$		j_f		

Abb. 60.

Das Aufzeichnen der Hohlkehlen war durch eine Arbeitsanweisung festgelegt, die aus Abb. 61 zu ersehen ist.

Eine nach dieser Arbeitsanweisung aufgerissene Hohlkehle, deren Maße dem Aufnahmeprotokoll Abb. 51 (S. 82) entnommen sind, und deren Ausrechnung in Abb. 60 vorgenommen ist, zeigt die Abb. 62.

Spannungenermittlung bei den Flächen C, E und P. Die nunmehr zu einer abgeschlossenen Auswertung der Spannmengenmessung an den Achsgabeln noch fehlenden Spanmengen der Hohlkehlenanschlußflächen C, E

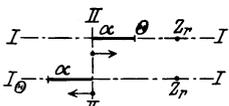
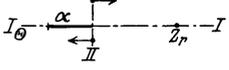
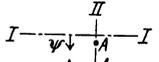
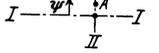
	Aufzeichnen der Hohlkehlen mit Hilfe der Arbeitsanweisung IV. Abb. 58, 59a und b und des Ausrechnungsprotokolls Abb. 60.
Operationsfolge	Operationen
I nur bei neuem Zeichenblattbeginn.	Beginne beim neuen Zeichenblatt mit dem Aufzeichnen der Hohlkehlen in der linken unteren Ecke. Reiß die Linie I—I der ersten zu zeichnenden Hohlkehle in der Entfernung $0 + 30$ und die Linie II—II in der Entfernung $\sigma + 30$ von den Blattkanten entfernt auf. Führe dann die Operation IV und ff. aus.
II	Reiß bei Fortsetzung eines schon bezeichneten Blattes die Linie I—I der neu zu zeichnenden Hohlkehle in der Entfernung $0 + 30$ von der Linie III—III der vorher gezeichneten Hohlkehle in \uparrow Richtung auf. Bezeichne die gezogene Linie mit I—I.
III	Ziehe in der Entfernung $\sigma + 30$ von der Linie II—II der letztgezeichneten Hohlkehle eine \perp zu I—I. Bezeichne diese Linie mit II—II.
IV	Trage auf I von II aus ξ_r auf; bezeichne diesen Punkt mit Z_r .
V	Trage auf I von II aus α auf; bei $\xi_r - \varrho_r = +$:  " " = - : 
	Bezeichne den Endpunkt mit θ ;
VI	Ziehe im Falle $\xi_r - \varrho_r = -$ eine Parallele zu I—I in der Entfernung ϱ_r sin III oberhalb I—I.
VII	Schlage um Z_r einen Kreis mit ϱ_r , im Falle $\xi_r - \varrho_r = -$ bis zur Parallelen von VI. Im Falle $\xi_r - \varrho_r = +$ ziehe eine Tangente von θ aus an den Kreis.
VIII	Trage auf I von II aus λ_r auf; ziehe durch diesen Punkt eine \perp zu I—I. Bezeichne diese Linie mit IV—IV.
IX	Trage auf IV von I aus η in \downarrow Richtung ab. Bezeichne diesen Punkt mit N.
X	Ziehe von N eine Tangente an den Kreis von VII.
XI	Trage auf I von IV aus ω ab. Bezeichne diesen Punkt mit Ω .
XII	Trage auf I von Ω aus λ_r auf; ziehe durch diesen Punkt eine \perp zu I; bezeichne diese Linie mit V—V.
XIII	Trage auf V von I aus o ab; Bezeichne diesen Punkt mit Y.
XIV	Trage auf II von I aus ψ ab; bei $\psi = +$:  " " = - : 
	Bezeichne diesen Punkt mit A
XV	Trage auf I von Ω aus ξ_r auf; bezeichne diesen Punkt mit B.
XVI	Bestimme mittels Parallelen zu I und II durch A und B den Punkt Z_r .
XVII	Schlage um Z_r einen Kreis mit ϱ_r .
XVIII	Ziehe von Y und Ω aus Tangenten an den Kreis von XVII.

Abb. 61.

und P sowie die der Flächen N (Abb. 9, S. 25), von denen die letzteren nur soweit bearbeitet wurden, als es der Sitz des Achsgabelsteiges er-

forderte, sind ausschließlich analytisch ermittelt worden. C , E und P sind bekannt aus σ , σ_H und ε (Abb. 58, S. 87) und der mittleren Rahmenwangenstärke an den betreffenden Flächen; σ_H ist hierbei die durch die Aufzeichnung der Hohlkehle erhaltene Spanstärke an deren Krümmungsbeginn.

Ergebnis der Spanmengenmittlung. Mit diesen Beispielen sei die Erläuterung der Spanmengenmittlung abgeschlossen. Als Ergebnis lieferten die Spanmengenmessungen nicht nur die vor allem zur Akkordbestimmung benötigten Spanmengen, sondern auch Tatsachen, die von allgemeiner Bedeutung sind. Betrachten wir die in Abb. 54 (S. 85) dargestellte graphische Ausarbeitung des Mittellängs- und Horizontal-

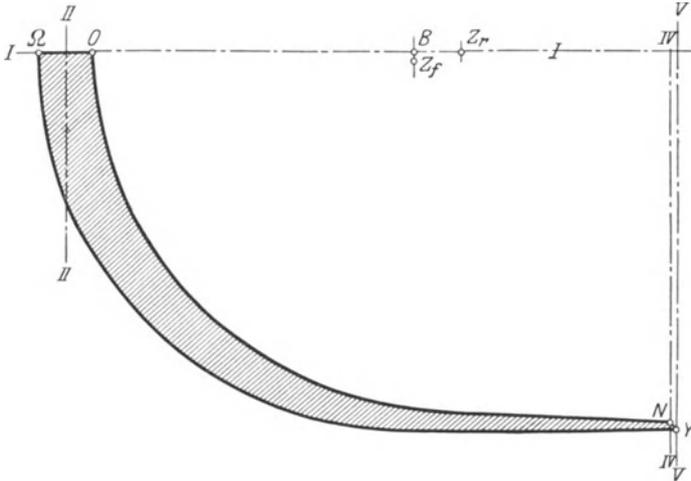


Abb. 62. Schnitt durch eine Hohlkehle. Maßstab 5:1.

querschnittes durch das Spanvolumen einer Fläche F , so erkennen wir, daß diese Unterlagen wertvolle Beiträge zur Frage der Arbeitsausführung liefern. Es ist ohne weiteres zu ersehen, welcher Grad an Sorgfalt der Vorbearbeitung geschenkt worden war, und welchen Grad an Ebenheit die fertig gefeilten Flächen besitzen. Der Leiter der mechanischen Vorwerkstätten wird durch solche Ermittlungen die Anregung erhalten, den Ursachen eines schlechten Vorbearbeitungsgrades nachzugehen; er wird gegebenenfalls mit Hilfe solcher Feststellungen, die einen großen Ungenauigkeitsgrad der Maschinen an den Tag bringen (sofern deren Bedienung einwandfrei war), eine Forderung nach gründlicher Reparatur oder Neuanschaffung von Maschinen wirksam unterstützen können.

Der Unebenheitsgrad. Die Abweichung einer hergestellten Fläche von der mathematischen Ebene sei durch den Begriff „Unebenheitsgrad“ gekennzeichnet. Dieser wird im allgemeinen ein komplizierter

mathematischer Ausdruck sein, der auf Grund der Formen und Lagen der Flächenberge und -täler aufgebaut werden muß. Bei den vorliegenden Arbeiten hätte eine Vereinfachung dieses komplizierten mathematischen Ausdruckes für den Unebenheitsgrad vorgenommen werden können; es wäre möglich gewesen, ihn durch eine geeignete Korrektur der Spanmenge zu berücksichtigen. Es handelte sich bei der Bearbeitung der Flächen meistens nur um ein Ebenen und um ein Winkligfeilen in horizontaler, seltener um ein Winkligfeilen in vertikaler Richtung oder um ein Feilen nach Stichmaßen. In Abb. 63 ist noch einmal schematisch ein Flächenlängsschnitt wiedergegeben, wie er schon für eine wirkliche gemessene Fläche in der Abb. 54 (S. 85) gezeigt worden ist.

Durch die beiden Punkte der Rohfläche $r-r$, die von der Bezugslinie $b-b$ den größten Abstand haben, sei die Gerade $I-I$ gezogen, durch die derselben Bezugslinie am nächsten liegenden Punkte der Fertigfläche $f-f$ die Gerade $II-II$. Durch diese beiden Geraden zerfällt der Flächenlängsschnitt in 3 Teile. Bei Flächen, die nur zu ebenen sind, braucht theoretisch nur die \equiv bezeichnete Fläche mal der Breite heruntergefeilt zu werden. Nehmen wir an, daß bei einer Bearbeitung

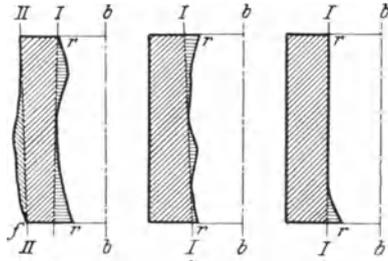


Abb. 63. Unebenheit von Flächen.

die ganze schraffierte Fläche ($\equiv + \parallel + \backslash$) abgefeilt worden ist, so würde z. B. in dem Falle, in dem nur ein Ebenen der Flächen verlangt war, die zwischen den Geraden I und II liegende Fläche mal der Breite vollständig unnötig zerspannt sein. Die \backslash bezeichnete Fläche mal der Rahmenwangenbreite ergibt die Spanmenge, durch die eine Unebenheit der Fertigfläche hervorgerufen wird.

Unter der Voraussetzung, daß die in den Abb. 63b und c wegzunehmenden Spanmengen (\equiv Flächen) gleich sind, läßt sich schon aus der bloßen Anschauung heraus schließen, daß die Unebenheit nach Abb. 63b schwieriger zu beseitigen sein wird als die nach Abb. 63c. Es kommt darauf an, über welche Länge sich die abzufeilende Spanmenge verteilt.

Der Ebnungsschwierigkeitsfaktor. Man kann nun für die verschiedenen Unebenheitsarten „Ebnungsschwierigkeitsfaktoren“ aufstellen und die bloße Zerspannung ohne zusätzliche Bedingungen des Ebnens, Winkligfeilens usw. gleich 1 setzen. Die Berücksichtigung des Unebenheitsgrades könnte durch eine Korrektur der Spanmenge vorgenommen werden. Man multipliziert die außerhalb einer durch die Geraden I und II gedachten Ebene liegenden Spanmengen mit den ihnen zugehörigen Ebnungsschwierigkeitsfaktoren und fügt die so erhaltenen Werte zu der

zwischen den Ebenen *I* und *II* liegenden Spanmenge hinzu. Für Flächen, bei denen auch der Grundriß Unebenheiten zeigt (Abb. 54, S. 85), wird das Verfahren analog angewendet und die Berücksichtigung der Unebenheiten in Längs- und Querrichtung in geeigneter Weise vorgenommen.

Die zahlenmäßige Durchführung dieser Gedanken konnte bei der Auswertung unserer Unterlagen nicht erfolgen. Die Werkstattuntersuchung mußte wegen äußerer Umstände zu einer gewissen Zeit beendet sein, so daß keine Möglichkeit bestand, neben der Hauptuntersuchung Einzelmessungen zur Bestimmung von Ebnungsschwierigkeitsfaktoren vorzunehmen. Jedoch soll hierdurch die Anregung gegeben sein, daß solche Untersuchungen durch spezielle Arbeiten eingehender behandelt werden möchten, da die Unebenheit einer Fläche auf die Zeit der Handbearbeitung besonders einflußreich ist. Um bei unseren Schlossern einen gewissen Anhalt für den Zeitverbrauch in Abhängigkeit von der Sauberkeit ihrer Arbeitsausführungen zu haben, ließen wir die schon im II. Kapitel behandelte Arbeitsprobe anfertigen.

Bei der zeichnerischen Darstellung der Hohlkehlen (Abb. 62, S. 90) war es nicht möglich, den Grad der Vorbearbeitung und die Sauberkeit der fertigen Hohlkehle so zum Ausdruck zu bringen, wie dies bei den ebenen Flächen gelang. Die Messung der Spanmengen allein war so schwierig, daß man mit deren Ausfall schon zufrieden sein mußte, wenn man das Bewußtsein haben konnte, daß die Spanstärken wirklich stimmen. Immerhin lassen sich auch aus der Lage der Roh- und Fertigflächen bei den Hohlkehlen die Ungenauigkeiten der mechanischen Vorbearbeitung erkennen, die in diesem Falle ihre Ursachen in der Maschinenbedienung haben dürften, da die Hohlkehlen „von Hand“ gefahren werden.

Hinweis auf die Anwendung der Spanmengermittlungsergebnisse. Die Resultate der gesamten Spanmengermittlung bilden ein Gegenstück zur Bearbeitungsstellenberechnung (Kapitel I, S. 51ff.), mit der zusammen sie im IV. Kapitel als Hauptunterlage zum Aufbau der Zeitermittlungsformel herangezogen werden.

3. Feilversuch zur Feststellung des Einflusses von Materialfestigkeit und Feilenabnutzung auf die Arbeitszeit und zur Ermittlung der zur Zerspanung der Volumeneinheit benötigten mechanischen Arbeit.

Aufgabe des Feilversuches. Die bisherigen Feststellungen der technologischen Untersuchungen und der Zeitstudien bezogen sich auf die Bearbeitung eines Materials von bestimmter Festigkeit unter Verwendung

eines bestimmten Werkzeuges. Sie gestatten keinerlei Schlüsse auf die Wirkung bei Verwendung von Werkzeugen anderer Beschaffenheit und der Bearbeitung von Material anderer Festigkeit. Hier liegt die Aufgabe vor, den Einfluß der Bearbeitungsfestigkeit und der Werkzeugbeschaffenheit auf die Bearbeitungszeit zu ermitteln. Die Beurteilung der Einwirkung verschiedener Materialeigenschaften auf die Bearbeitungszeit eines Werkstückes ist auf Grund der Kenntnis der Zug- und Druckfestigkeitswerte jener verschiedenen Werkstoffe nicht möglich. Es gelingt nur dann, die Veränderlichkeit der Arbeitszeit für ein Werkstück bei Anwendung verschiedener Werkstoffe oder Werkzeuge zu ermitteln, wenn wir das Gesetz zwischen einfacher Festigkeit und Bearbeitungsfestigkeit kennen. Zur Feststellung solcher Beziehungen sind bereits eine Anzahl technologischer Ermittlungen vorgenommen worden¹⁻⁸). Jedoch speziell für die Feilarbeit sind bisher noch keine Untersuchungen über Bearbeitbarkeit von Werkstoffen verschiedener Festigkeit bekannt. Die an verschiedenen Stellen vorgenommenen Feiluntersuchungen dienten in der Hauptsache der Prüfung von Feilen verschiedenen Hiebes.

Feilapparat zur Untersuchung des Feilvorganges. Deshalb hatten wir uns entschlossen, eine besondere Vorrichtung zu konstruieren, mit deren Hilfe es uns gelingen sollte, die für unsere Zwecke nötigen Feststellungen zu machen. An die Versuchsanordnung und an den zu schaffenden Apparat waren folgende Anforderungen zu stellen:

Aufgabe des Feilversuches.

1. Der Feilversuch sollte den werkstattmäßigen Feilvorgang möglichst naturgetreu imitieren, d. h. die auftretenden Drücke und Bewegungen sollten den physiologischen Drücken beim Feilen mit der Hand möglichst nahe kommen.

¹) Saniter: Härteprüfung und Widerstand gegen mechanische Abnutzung. Bericht aus dem VI. Kongreß des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik. New York 1912.

²) Kessner: Die Prüfung der Bearbeitbarkeit der Metalle und Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung des Bohrverfahrens. Berlin 1918. Forsch.-Arb. Ing., Heft 208.

³) Scheibe: Widerstand der Schienen gegen seitliche Abnutzung. Organ Fortschr. Eisenbahnwes. 1921.

⁴) Brinell: Ein neues Verfahren zur Feststellung des Abnutzungswiderstandes. Jernkontorets Annaler 1921. Deutsch in Stahleisen 1922 und Präzision 1922.

⁵) Der Herbertsche Pendelhärteprüfer. Z. V. D. I. 1923; Stahleisen 1923.

⁶) Prüfungsverfahren für Verschleißwiderstand. Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik Nr. 74.

⁷) Redens: Verschleißversuche mit Kugellagerchromstahl. Solingen. Stahleisen 1924.

⁸) Illies: Bearbeitungshärte verschiedener Metalle. Z. Metallkunde 1924.

2. Die auftretenden Kraft- und Bewegungsvorgänge mußten unbedingt meßbar sein.

Die Forderung 1 diente dem speziellen Zwecke, den Feilversuch in unmittelbare Beziehung zur Werkstattarbeit zu bringen, und bedeutete gleichzeitig eine Beschränkung. Es handelte sich hier natürlich nicht darum, den Feilvorgang nach jeder Richtung hin eingehend zu erforschen. Die Untersuchung sollte lediglich dazu herhalten, diejenigen technologischen Unterlagen zu liefern, die zur Beurteilung der durch Zeitstudium aufgenommenen Schlosserarbeiten notwendig waren.

Die beim Feilen auftretenden Kräfte. Die in der Richtung der Feilbewegung auftretende Kraft P hat den Feilwiderstand R (Reibung) zu überwinden und die Beschleunigung der Feile aufzubringen. Die die Feile beschleunigende Kraftkomponente hat darnach die Größe $B = P - R$. R ist in erster Linie von der Größe des Normaldruckes N abhängig¹⁾, der zwischen Feile und Werkstück in der Berührungsfläche übertragen wird. Beim Feilen von Hand sind die Größen P und N nicht konstant, und besonders P hat während eines Hubes eine stark fallende Tendenz.

Der normale menschliche Handfeildruck N bewegt sich in den Grenzen von 11 bis 15 kg, wie ein Versuch, Feilen eines Stückes von Hand auf federnder Unterlage, ergab. Die beim werkstattmäßigen Feilen in der Feilrichtung wirkende Kraft P konnte mangels geeigneter Meßvorrichtung vorerst noch nicht bestimmt werden.

Deduktive Ableitung der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse beim Feilen. Die Wegzeitlinie des Feilvorganges zeigt nach Abb. 17 (S. 39) einen sinusähnlichen Verlauf. Ginge die Feilbewegung ruckweise vor sich, dann würde die Wegzeitlinie zickzackförmig sein; in Wirklichkeit dürfte sich jedoch die Beschleunigung bzw. Verzögerung über die Hubhälften verteilen. Dadurch kommt der Annahme des sinusähnlichen Verlaufes eine gewisse Berechtigung zu, und die Abweichung des ideellen Sinusverlaufes von dem wirklichen ist als nicht so erheblich anzusehen. Der idealisierte sinusähnliche Verlauf liefert für die Anwendung des Sinusgesetzes auf die Feilbewegung den Ausdruck:

$$s = a \sin \omega t, \quad (1)$$

wobei s mm = Weg, t Sek. = Zeit, ω = Kreisfrequenz, a = Amplitude = $\frac{\text{Hub}}{2}$ bedeutet. Beträgt die Doppelhubdauer 1 Sek. und die Hublänge 240 mm, dann geht Gleichung (1) über in:

$$s = \frac{240}{2} \sin 2 \omega t \text{ mm.} \quad (2)$$

¹⁾ Über den Verlauf des Normaldruckes siehe Friedrich: Menschenwirtschaft Z. V. D. I. 1924.

Die Ausführung der Differentiation des Weges nach der Zeit liefert für die Geschwindigkeit v die Beziehung:

$$v = \frac{240}{2} 2 \omega \cdot \cos(2t) \text{ mm/sec} \quad (3)$$

und die Ableitung der Geschwindigkeit für die Beschleunigung b den Ausdruck:

$$b = \frac{240}{2} 4 \omega^2 \cdot [-\sin(2t)] \text{ mm/sec}^2. \quad (4)$$

Die maximale Geschwindigkeit v_{max} (für $\cos 2t = 1$) errechnet sich zu

$$v_{max} = 240 \pi = 750 \text{ mm/sec} \quad (5)$$

und die maximale Beschleunigung b_{max} (für $-\sin(2t) = 1$) zu

$$b_{max} = 240 \cdot 2 \pi^2 = 4730 \text{ mm/sec}^2. \quad (6)$$

Die mittleren Werte ergeben sich durch Division der Maximalen mit $\pi/2$, und es wird:

$$v_{mittl.} = \frac{750}{\pi/2} = 480 \text{ mm/sec} \quad (7)$$

und

$$b_{mittl.} = \frac{4730}{\pi/2} = 3020 \text{ mm/sec}^2. \quad (8)$$

Diskussion der Bewegungsverhältnisse. Damit wären die Kraft- und Bewegungsverhältnisse des werkstatmäßigen Feilvorganges in rohesten Umrissen skizziert, und es entsteht die Frage, wie weit wir, um der Forderung 1 (S. 93) hinreichend zu genügen, diese Verhältnisse auf den Feilversuch übertragen müssen. Zunächst scheint die Form der Bewegung für die von uns zu prüfenden Größen Bearbeitbarkeit, Leistung und Abnutzung der Feile ohne Einfluß

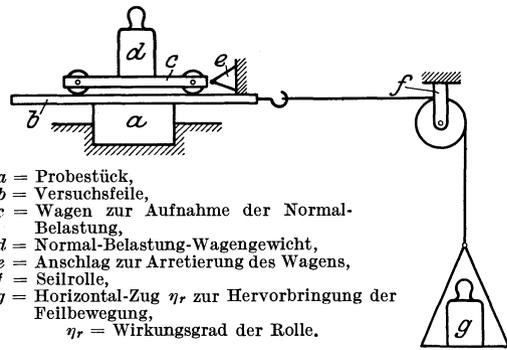


Abb. 64. Schematische Darstellung der Feilversuchsordnung.

zu sein. Beim natürlichen Feilen haben wir es mit einer ungleichförmig beschleunigten Bewegung zu tun, deren Imitation durch eine mechanische Vorrichtung nicht ganz einfach durchzuführen ist.

Prinzip des Feilapparates. Können wir aber statt dessen ohne Schaden für die Untersuchung eine gleichförmig beschleunigte Bewegung anwenden, so sind wir in der Lage, im Prinzip eine einfache Versuchsanordnung zu treffen, bei der ein über eine Rolle wirkendes Gewicht g die Feilbewegung hervorbringt (Abb. 64).

Beschreibung des Feilapparates. Die Verwirklichung dieses Versuchsgedankens erfolgte an dem selbsterbauten kleinen Apparat, der durch die Abb. 65a, b und c wiedergegeben ist. Der Apparat

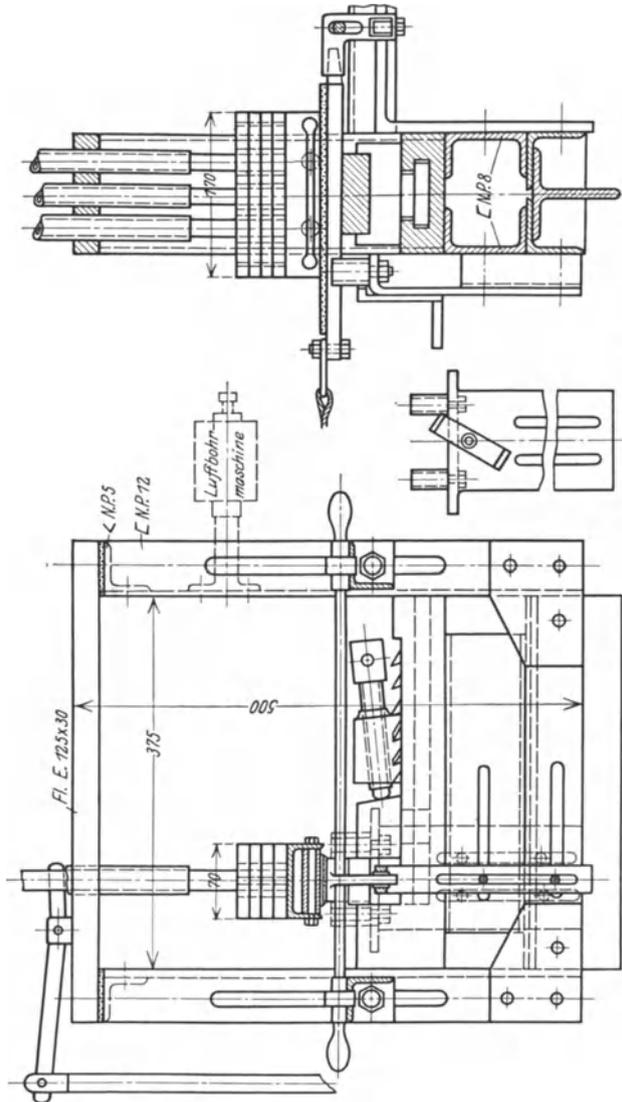


Abb. 65a. Feilapparat zur Bestimmung der mechanischen Arbeit beim Feilen.

besteht aus einem eisernen Rahmen *A*, den man in den Schraubstock einer Feilbank einspannt. Das Versuchsstück wird von einem Schraubstöckchen *B* gehalten, das auf dem Rahmen des Apparates befestigt

Feile gegeben. Das Heft hat eine mit einer Rolle ausgestattete, nach unten zu ragende Führungsnase, die in der Schiene *H* läuft. Die benötigte Hublänge kann je nach der aufgehauenen Feilenlänge durch zwei Anschläge eingestellt und während der Dauer ein oder mehrerer Versuchsreihen konstant gehalten werden. Steht die Feile in Feilbereitschaft, so ist sie durch einen Hebel *I* gehalten, nach dessen Umlegung der Arbeitshub beginnt. Für das Einfeilen, das regelmäßig vorzunehmen ist, um jeder Feile eine sichere, über die ganze Breite gleichmäßig verteilte Griffähigkeit zu geben, ist für die Horizontalfeilbewe-

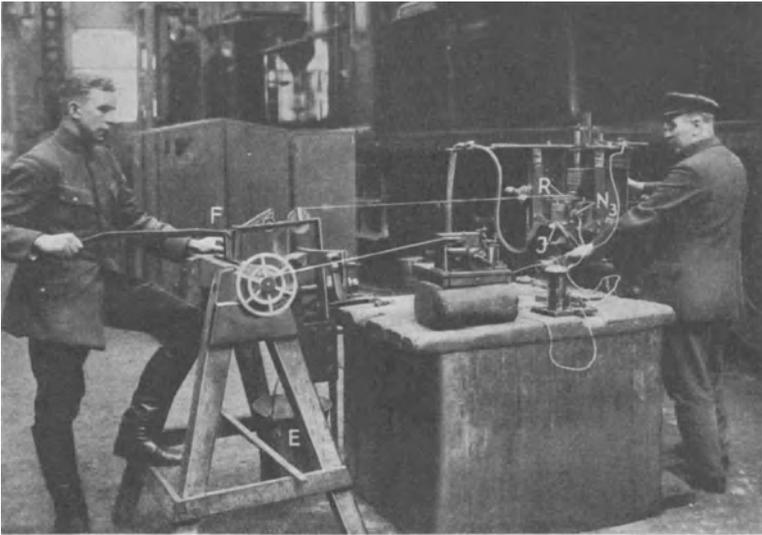


Abb. 65 c. Ausführung des Feilversuches.

gungen eine Handbedienung *K, L* vorgesehen; diese ist so ausgebildet, daß nur Horizontalkräfte auf die Feile wirken können. Würde man das Feilenheft direkt mit der Hand schieben und ziehen, so dürfte ein Kippen der Feile nicht zu verhindern sein; denn die Hand würde unbewußt neben dem Horizontaldruck auch Vertikaldrücke auf die Feile übertragen und so teilweise die Feile vom Versuchsstück abheben, wodurch wieder ein Buckligfeilen einträte. Die Registrierung der Arbeitshubzeit erfolgt elektrisch mit Hilfe des Morseapparates *M*, der schon bei den Zeitstudien als Hilfsmittel gedient hatte. Er wurde zu dem Zwecke der Zeitregistrierung am Feilapparat so umgebaut, daß mit ihm Werte von $\frac{1}{100}$ Sekunden festgestellt werden konnten. Die Schaltung ist durch Kontakte *N₁* bis *N₃* so eingerichtet, daß nur die Arbeitshubzeit auf dem Morsestreifen als Strich erscheint. Die Auswertung erfolgt

durch ein Meßrädchen. Die Zeitbeobachtung beim Feilen wird zur Feststellung der Feilgeschwindigkeit und zur Errechnung der beschleunigten Massen benötigt.

Beim Feilen durch den Menschen ist zwischen der Kraftquelle, die den Vertikalfeildruck erzeugt, und zwischen dem arbeitenden Werkzeug eine elastische Kupplung in Gestalt der Handgelenkbänder eingeschaltet. Diese empfinden Störungen, welche z. B. die sich zwischen die Feilenzähne klemmenden Späne hervorrufen, und bewirken, daß die Hemmungen, die eine sachgemäße Arbeitsausführung beeinträchtigen, beseitigt werden (elastisches Nachgeben der Feilenführung im Augenblick des Auftrittes einer Hemmung, Ausbürsten der Feile usw.). Es muß am Feilapparat dafür gesorgt werden, daß auch beim gefühllosen mechanischen Feilen etwaige auftretende Hindernisse richtig beseitigt werden. Dazu dient eine am Versuchsapparat befestigte Luftbohrmaschine *O*, die durch ihre eigene Erschütterung den ganzen Apparat in Vibration versetzt und so einen Abtransport der Feilspäne besorgt. Die Vibration muß selbstverständlich bei allen Versuchen gleich stark sein, was man erreicht, wenn die Umdrehungszahl der Maschine dauernd konstant gehalten wird. Die Vibration darf aber nicht auf die Gewichtsbelastung übertragen werden, da man sonst Gefahr läuft, daß die Feile keine Späne abnimmt, sondern in lauter kleinen, unmerklichen Sprüngen über das Versuchsstück hinweggleitet. Eine Vibrationsübertragung auf die Feile und die Gewichtsbelastung ist durch die Filzschichten *P* und *R* unmöglich gemacht. Beim Feilen selbst muß die Feile in regelmäßigen Abständen ausgebürstet werden.

Ausführung der Feilversuche. Der am Apparat stehende Mann bedient mit der linken Hand den Arretierhebel *I*, nach dessen Umlegen die Feile durch die im Eimer befindliche Belastung *E* vorgezogen wird. Gleichzeitig schließt der Hebel *I* einen Kontakt zur Einschaltung des elektrischen Stromes für die Registrierung der Hubzeit durch den Morseapparat. Nach Beendigung des Hubes wird der Stromkreis durch Anschlagen eines am hinteren Ende der Feile angebrachten Fingers an den Kontaktknopf *N*₁ geöffnet. Nunmehr bedient der am Apparat stehende Mann durch einen Fußhebel die Anhebevorrichtung der Belastung, während gleichzeitig der am Eimer stehende den Eimer durch die Lüftvorrichtung hebt, damit die Feile von seinem Kollegen am Feilapparat wieder in die ursprüngliche Lage mit der rechten Hand zurückgezogen werden kann. Darauf wird mit der linken Hand der Arretierhebel wieder vorgelegt, die Normalbelastung auf die Feile gesenkt und die Belastung *E* eingeschaltet, so daß die Vorrichtung für den nächsten Hub bereit steht.

Versuchsmöglichkeiten an dem Apparat. Mit diesem einfachen Apparat, bei dessen Herstellung aber besondere Sorgfalt auf spielenden

Gang aller Teile, die sich bewegen mußten, gelegt wurde, sind eine Reihe von Versuchen möglich. Man kann aus der Arbeitshublänge und aus dem Horizontalzug für jeden Feilstrich die mechanische Arbeit bei einem bestimmten Normaldruck ermitteln und sie in Beziehung bringen zu der abgefeilten Spanmenge. Ferner ist es möglich festzustellen, wie sich mit steigendem Vertikaldruck bei gleichbleibendem Horizontalzug die Spanmenge oder die mechanische Arbeit verändern, und wo das Optimum für das Verhältnis vom Vertikaldruck zum Horizontalzug liegt. Weiterhin läßt sich bei gleichbleibendem Versuchsmaterial eine neue Feile bis zur völligen Stumpfheit abnutzen und dabei das Sinken der Spanleistung und das Steigen des Kraftverbrauches ermitteln. Bei gleichem Vertikaldruck und Versuchsmaterial und bei steigendem Horizontalzug kann man die Einflüsse der Feilgeschwindigkeit auf die Oberflächenbeschaffenheit der Versuchsstücke feststellen. Ferner kann man eine genaue Klassifizierung von Grob-, Bastard-, Halb-, Schlicht- und Doppelschlichtfeilen hinsichtlich ihrer Spanleistungen vornehmen. Schließlich gestattet die Apparatur, bei gleichem Vertikaldruck und Horizontalzug aber bei verschiedenem Versuchsmaterial dessen Härteeinfluß auf die mechanische Arbeit zu ermitteln. Im Rahmen unserer Werkstattuntersuchung interessierte nur die Ermittlung der zur Zerspannung der Volumeneinheit benötigten mechanischen Arbeit desjenigen Materials, aus dem die Barrenrahmenplatten bestanden. Außerdem sollte der Feilversuch den Einfluß der Materialfestigkeit und der Feilenabnutzung auf die Arbeitszeit klären. Die Versuchsmöglichkeiten, die sich an dem Feilapparat ergaben, sind von uns daher nicht vollständig ausgenützt worden. Es soll jedoch hierdurch die Anregung gegeben sein, spezielle und größere Untersuchungen der Feilarbeit vorzunehmen, weitgreifender und eingehender, als es uns möglich war.

Vorversuche. Um den Apparat kennenzulernen, war es nötig, vor Beginn der eigentlichen Versuche eine Reihe von Vorversuchen zur Ermittlung der besten Feilversuchsmethode vorzunehmen. Die Vorversuche sollten darüber Aufschluß geben:

1. Welche Größe der Versuchsstücke besonders vorteilhaft und ob es günstiger ist, sie quer oder lang zur Feilrichtung einzuspannen,
2. welches der günstigste Horizontalzug bei einer etwa dem menschlichen Handfeildruck entsprechenden Normalbelastung ist, und
3. ob es sich empfiehlt, mit oder ohne Vibration zu arbeiten.

Es wurden 16 verschiedene Versuchsbedingungen auf ihre Eignung zur Feilmethode hin untersucht; bei jeder Versuchsbedingung wurden zehn Feilhübe vorgenommen und die Schwankungen der Hubzeiten der zehn Versuchshübe festgestellt. Für die Hauptversuche wurden diejenigen Versuchsbedingungen verwendet, bei denen die geringsten Schwankungen der Hubzeiten auftraten.

Ergebnis der Vorversuche. Das Ergebnis der Vorversuche führte zu folgender Wahl:

Kraft in Pfeilrichtung (P) = 18 kg,
 Normaldruck (N) = 13 kg,
 Abmessungen der Fläche am Probestück (f) = $40 \cdot 20 \cdot 20$ mm², quer eingespannt,

Vibration erzeugt durch Bohrmaschine bei 800 Uml./Min.

Bewegungsgrößen des Feilversuches. Auf Grund dieser Größen traten folgende Bewegungsverhältnisse auf:

Mittlere Geschwindigkeit ($v_{\text{mittl.}}$) = 190 mm/sec,
 Beschleunigung (b) = 420 mm/sec².

Aus einer Gegenüberstellung der Bedingungen des Feilversuches und des natürlichen Feilvorganges erkennen wir folgende Unterschiede (Tab. 8):

Tabelle 8. Gegenüberstellung von Feilversuchsbedingungen und den Bedingungen des natürlichen Feilvorganges.		
Versuch	nat. Vorgang	
13 kg	11—15 kg	Normaldruck N
18 "	?	Feilenkraft P
380 mm/sec	754 mm/sec	max. Geschwindigkeit V_{max}
190 mm/sec	480 mm/sec	mittl. Geschwindigkeit V_{mittel}
420 mm/sec ²	3020 mm/sec ²	Beschleunigung b

1. Die Geschwindigkeit beim Versuch ist kleiner als beim Feilen von Hand,
2. die Beschleunigung beim Versuch ist kleiner als beim Feilen von Hand.

Begründung der Wahl der angewendeten Bewegungsgrößen. Ein in physikalischer Beziehung prinzipieller Unterschied besteht jedoch bei Anwendung dieser abweichenden Größe nicht, und für unsere Messung kommen Geschwindigkeit und Beschleunigung zunächst nicht in Betracht, weil wir in der Hauptsache die mkg-Arbeit festzustellen haben. Die Zeitmessung dient lediglich der Ermittlung der Massenbeschleunigung der Feile, um mit dieser und der bekannten Kraft P den Feilwiderstand R zu errechnen.

Erste Versuchsreihe: Feilenabnutzung. Zweite Versuchsreihe: Bearbeitbarkeit und Brinellhärte. Die ausgeführten Hauptversuche erstrecken sich

1. auf die Bestimmung der Feilenabnutzung und
2. auf die Feststellung der Bearbeitbarkeit verschiedener Materialien, und zwar an drei Stücken verschiedener Brinellhärte.

Die bei jedem Versuch getätigte Zahl der Feilstriche beträgt 12000. Bei den Versuchen wurden gleichzeitig die Arbeit in Meterkilogramm und die Dauer des Hubes in Sekunden ermittelt. Die abgespannte Ma-

terialmenge wurde nach je 250 Feilstrichen durch Wägung ermittelt und in vorbereitete Protokolle eingetragen. Die durch die Wägung festgestellte Gewichtsabnahme wurde mit Hilfe der spezifischen Gewichte in Volumengrößen umgerechnet.

Mathematische Verarbeitung der Ergebnisse:

a) des Feilenabnutzungsversuches. Bei der ersten Versuchsreihe wurde mit einer neuen Feile und unter den auf S. 101 angegebenen Versuchsbedingungen ein Probestück gefeilt, das 162 Brinellhärtegrade, eine Dehnung von 25% und einen Kohlenstoffgehalt von 0,12% besaß. Die Versuchsfeile war aus „Baldonstahl T 2“ hergestellt und hatte 24 Feilzahnspitzen pro 1 cm^2 . Die Hiebtiefe betrug 0,3 mm, der Schnittwinkel 5° . Die Feilenlängsachse wurde vom Unterhieb unter 120°

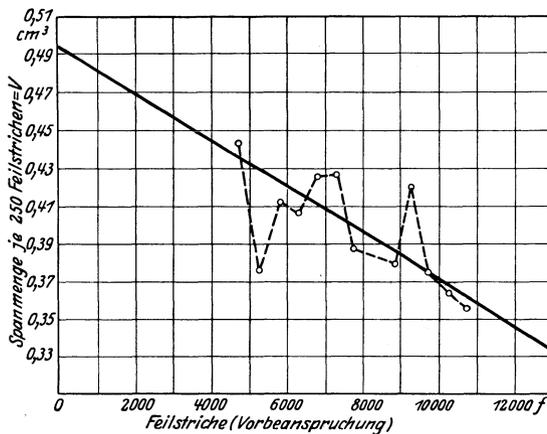


Abb. 66. Feilen-Abnutzungsversuch.

—○— Versuchsergebnisse
 ——— $V = 0,4915 - 0,0000121f$ (Linie mittlerer Streuungspunkte).

bzw. 60° geschnitten, vom Oberhieb unter $112,5^\circ$ bzw. $67,5^\circ$. Die Werte, die die Abnutzungsversuche ergaben, sind in Abb. 66 in ein Liniennetz linearer Teilung eingezeichnet und miteinander durch einen Linienzug verbunden.

Als Ordinaten sind die abgespannten Materialmengen für je 250 Feilstriche aufgetragen, während die Abszissenwerte angeben, wieviel Feilstriche bis-

her mit derselben Feile ausgeführt wurden (Vorbeanspruchung). Der Grad der Abnutzung ist in der abfallenden Tendenz des Linienzuges gegeben, der zur Feststellung dieser Tendenz durch eine Gerade, die Linie mittlerer Streuungspunkte, ersetzt wird. Diese Idealisierung der wirklichen Werte zu solchen, die auf einer Geraden liegen, erfolgt mit Hilfe einer noch im IV. Kapitel zu beschreibenden Interpolationsmethode. Der verhältnismäßig geringe Umfang unserer Versuche und die Einfachheit der Versuchsanordnung mögen die Wahrscheinlichkeit eines durch sie gewonnenen Gesetzes stark beeinträchtigen. Leider hatten wir aber zu einer exakteren experimentellen Untersuchung keine Möglichkeit. Unsere Ableitung hat deshalb mehr prinzipielle Bedeutung, und ihr zahlenmäßiger Ausdruck ist daher nur mit dieser Einschränkung aufzunehmen.

Unter der erwähnten Annahme, daß die Werte, die der Versuch lieferte, Streuungswerte eines linearen Vorganges sind, findet die Beziehung zwischen Spanmenge je 250 Feilstriche (V) und der Feilenausnutzung, ausgedrückt durch die Zahl der bereits getätigten Feilstriche (f), die Form:

$$V = M - m \cdot f,$$

wobei M und m Materialkonstante darstellen, die verschiedenen Feilen und Werkstoffen gegenüber variant sind. M ist diejenige Materialmenge, die bei Verwendung einer neuen Feile während der ersten 250 Feilstriche bestimmter Hubgröße unter Anwendung eines bestimmten Normaldruckes N und einer bestimmten Feilenkraft P abgespannt wird; m gibt an, um welchen Betrag die Spanausbringung je Feilstrich durch die fortschreitende Feilenabnutzung abnimmt. Der Abnutzungsversuch konnte leider nicht in genügendem Umfange vorgenommen werden. Die 12000 Feilstriche des Versuches entsprechen nur der Abnutzung während eines Arbeitstages. Da in unserem Betriebe die Feilen wöchentlich einmal getauscht wurden, muß mit einer maximalen Abnutzung durch etwa 70000 bis 75000 Feilstriche gerechnet werden. Um festzustellen, ob die aus dem Versuch abgeleitete lineare Beziehung auch über den Bereich des Versuches hinaus Geltung hat, wurde ein Zusatzversuch an 10 Feilen vorgenommen, die in der Werkstatt als maximal abgenutzt galten. Das Ergebnis dieses Zusatzversuches bestand in der Feststellung, daß die durchschnittliche Spanmenge der maximal abgenutzten Feile $0,232 \text{ cm}^3$ je 250 Feilstrichen betrug.

Die Gleichung der Geraden mittlerer Streuung (Abb. 66, S. 102) lautet:

$$V = 0,4915 - 0,0000121 \cdot f. \quad (1)$$

Setzen wir f mit 73000 ein, dann erhalten wir für V einen negativen Wert, was unmöglich ist. Deshalb können wir die Gerade mittlerer Streuungspunkte nur als Tangente oder Sehne der wirklichen Funktion ansehen, die im Bereich des Hauptversuches mit dieser gemeinsame Werte aufweist. Unter Berücksichtigung des durch den Nachversuch erhaltenen Ergebnisses finden wir — ebenfalls auf graphischem Wege — die Gleichung einer Exponentialfunktion:

$$V = \frac{4,76}{f^{0,28}}. \quad (2)$$

Innerhalb der Grenzen des ersten Versuches sind die Werte des zuerst angenommenen linearen Verlaufes nur unwesentlich von denen des hyperbolischen verschieden, wie die folgende tabellarische Zusammenstellung zeigt (Tabelle 9):

Tabelle 9. Spanmengenberechnung je 250 Feilstriche in Beziehung zur Vorbeanspruchung der Feile.

Spanvolumen $V \text{ cm}^3 =$		Anzahl der bereits getätigten Feilstriche (f. Vorbeanspruchung)
0,4915—0,0000 121 f (Gerade mittl. Streuungs- punkte)	$\frac{4,76}{f^{0,28}}$ (Extrapolation)	
	0,566	2000
	0,506	3000
	0,467	4000
0,4437 ↑	0,445	5000
0,4315 ↑	0,422	6000
0,4193 ↑	0,401	7000
0,4071 ↑	0,390	8000
0,3949 ↑	0,370	9000
0,3825 ↑	0,365	10000
0,3705 ↑	0,355	11000
0,3585 ↑	0,345	12000
0,3461 ↓	0,338	13000
	0,330	14000
	0,322	15000
	0,297	20000
	0,269	30000
	0,244	40000
	0,229	50000
	0,218	60000
	0,209	70000
	0,202	80000

b) des Versuches über Bearbeitbarkeit und Brinellhärte. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Auswertung der zweiten Versuchsreihe, der die Aufgabe zufiel, eine Beziehung zwischen Brinellhärte und der auf die Volumeneinheit bezogenen Arbeit zu ermitteln. Ein linearer Ausdruck von der Form:

$$A' = c' H + c'',$$

wobei $A' = \text{mkg je } 1 \text{ cm}^3$ Spanmenge, $H = \text{Brinellhärte}$, c' und c'' Konstante bedeuten, liefert für $H = 0$ $A' = c''$, was nicht denkbar ist. Die Gleichung der Geraden mittlerer Streuungswerte:

$$A' = H + 1932 \quad (3)$$

hat deshalb nur innerhalb der Versuchsgrenzen Geltung. Um über diesen Bereich hinaus eine Beziehung $A = f(H)$ aufzustellen, gehen wir von der Überlegung aus, daß die A -Werte mit kleiner werdendem H dem 0-Punkt zustreben müssen, um schließlich bei $H = 0$ ebenfalls den 0-Wert zu erreichen. Diese Bedingung wird erfüllt durch den Exponentialausdruck:

$$A' = c \cdot H^k.$$

Die Konstanten müssen so gewählt werden, daß ein Kurventeil in den Bereich der Versuchswerte zu liegen kommt und dort die Tendenz der

Geraden, Gleichung (3), erfüllt. Dieser Forderung entspricht Gleichung (4):

$$A' = 1465 \cdot H^{0,07}, \quad (4)$$

wie die folgende Tabelle nachweist (Tabelle 10).

Tabelle 10. Berechnung der mechanischen Arbeit mkg je cm^3 beim Feilen in Beziehung zur Brinellhärte.

Mechanische Arbeit A' mkg/cm ³ =		H (Brinellhärte)
1932 H	$1465 H^{0,07}$	
2012	2008	90
2022	2022	100
2032	2030	110
2040	2042	120
2050	2060	130
2062	2074	140
2072	2080	150
2082	2084	160
2092	2100	170
2102	2102	180
2112	2108	190
2122	2120	200
2132	2126	210
2142	2140	220

Die Gleichungen (2) und (4) geben den Ergebnissen je einer Versuchsreihe einen gesetzmäßigen Ausdruck; uns fällt nun noch die Aufgabe zu, beide Gesetze zu einem übergeordneten zu vereinen. Die Abnutzungsformel Gleichung (2) gilt zunächst nur in Anwendung auf ein Material bestimmter Brinellhärte, nämlich derjenigen des verwendeten Probestückes ($H = 162$, siehe S. 102). Gleichung (4) wiederum ist auf einen Feilversuch mit Feilen konstanten Abnutzungsgrades (neue Feilen) gegründet. Gelingt es jedoch, beide zusammenzufassen, dann erhalten wir eine Verbindung der 4 Variablen: A , V , H und f .

In Gleichung (2) ist V auf 250 Feilstriche bezogen. Je ein Feilstrich hat eine Länge von 0,17 m und wurde mit einer Feilkraft $P = 18$ kg ausgeführt. Mithin ist V auf eine Arbeit von $18 \cdot 0,17 \cdot 250 = 765$ mkg bezogen. Auf 1 mkg bezogen, erhalten wir aus der Gleichung (2):

$$V' = \frac{4,76}{765} \cdot \frac{1}{f^{0,28}}. \quad (5)$$

V' bedeutet hierin die je Meterkilogramm abgespannte Volumenmenge. Wir haben somit in V' und A' zwei bezogene Werte, die ihrer Dimension nach reziprok sind, und zwar hat V' die Dimension cm^3/mkg und A' mkg/cm^3 . Schreiben wir für Gleichung (5) ihren reziproken Ausdruck, dann erhalten wir eine auf die Volumeneinheit bezogene Arbeit in Abhängigkeit von der Vorbeanspruchung der Feile. Diese Funktion gilt, wohlgermerkt, nur für $H = 162$.

$$A'' = \frac{765}{4,76} \cdot f^{0,28}. \quad (6)$$

Mit Hilfe des in Gleichung (4) ausgedrückten Gesetzes sind wir in der Lage, an Stelle des in A'' enthaltenen konstanten H -Wertes H als Variable einzuführen, indem wir Gleichung (6) mit $\frac{H^{0,07}}{162^{0,07}}$ multiplizieren.

$$A''' = \frac{765}{4,76 \cdot 162^{0,07}} \cdot f^{0,28} \cdot H^{0,07}. \quad (7)$$

Erweitern wir den Ausdruck nun noch mit dem Volumen V , dann entsteht aus dem Produkt $A''' \cdot V$ die absolute Arbeit A :

$$A = \frac{765}{4,76 \cdot 163^{0,07}} \cdot f^{0,28} \cdot H^{0,07} \cdot V = 112,5 \cdot f^{0,28} \cdot H^{0,07} \cdot V. \quad (8)$$

Die Auswertungsmöglichkeiten der Feiluntersuchung sind mit diesem Ausdruck erschöpft. Er enthält die Materialkonstanten für Feilwiderstand und Grifffähigkeit des Werkzeuges. Man könnte also daran gehen, unter Zugrundelegung eines Materials bestimmter Härte und eines bestimmten f Zahlen zur Gütebestimmung von Feilen zu ermitteln. Ferner ist man in der Lage, für Feilen bestimmter Grifffähigkeit und ebenfalls bestimmter f aus den V -Werten ein Maß für die Bearbeitbarkeit der Werkstoffe verschiedener H zu erhalten. Die Reziprokwerte der Bearbeitbarkeit sind den Feilwiderständen R proportional. Gleichung (8) würde also in der Form:

$$\frac{1}{112,5 \cdot f^{0,28} \cdot H^{0,07}} = \frac{V}{A} = V' \cdot \frac{1}{F} \quad (9)$$

die rechnerische Unterlage für ein Materialprüfverfahren liefern. In dieser Gleichung ist $F = 1$, wenn solche Feilen verwendet werden, wie sie den Versuchen zugrunde lagen, auf denen unsere Ableitung aufgebaut ist. Wollte man also Vergleichszahlen für die Grifffähigkeit verschiedener Feilen durch Prüfung feststellen, so befeile man mittels des Feilapparates ein Werkstück von z. B. $H = H_1$ und $2 \cdot f_1$ Feilstrichen. Die mittlere Feilenvorbeanspruchung beträgt dann $f = f_1$. Das Ergebnis sei eine Spanmenge $V = V_1$, dann ist, da $A = 0,17 \cdot 18 \cdot 2 f$ beträgt, wenn die Hublänge 0,17 m und die Feilenkraft $P = 18$ kg ist,

$$F = \frac{112,5 \cdot f_1^{0,28} \cdot H_1^{0,07} \cdot V_1}{0,17 \cdot 18 \cdot 2 f}. \quad (10)$$

Zur Bestimmung des Feilwiderstandes R erinnern wir uns an die bei den Versuchen festgestellte Feilenbeschleunigung von 420 mm/sec² (S. 101). Die beschleunigte Masse der Feile (ihr Gewicht = 1,2 kg) betrug:

$$\frac{1,20 \text{ kg}}{9,81 \text{ m/sec}^2} = 0,122 \text{ Kilobar.}$$

Die Beschleunigungskraft B beträgt danach $0,122 \cdot 0,42 = 0,052$ kg. Nach den Ausführungen auf S. 94 ist $B = P - R$, worin P in unserem

Falle = 18 kg ist, mithin $R = 18 - 0,052 = 17,948$ kg. Dieser Wert bezieht sich auf ein Material von $H = 162$. Da der Feilenwiderstand proportional der Arbeit A ist, kann gesetzt werden:

$$R = k \cdot A, \quad (11)$$

und, da $A = c \cdot H^{0,07}$ ist, erhalten wir für R allgemein den Ausdruck:

$$R = \frac{17,948 \cdot H^{0,07}}{162^{0,07}} = 1,265 H^{0,07}. \quad (12)$$

Dieser Feilwiderstand bezieht sich auf den Normaldruck $N = 13$ kg. Allgemein hat er die Größe:

$$R = \frac{1,265 \cdot H^{0,07} \cdot N}{13} = 0,0975 \cdot H^{0,07} \cdot N. \quad (13)$$

Schlußbetrachtung über die Feilversuche. Die Durchführung dieser Formelentwicklung zeigt einen Weg, das bisher noch unerforschte Gebiet der Zerspanung durch Handfeilen zu erschließen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die hier eingesetzten Zahlen infolge der erwähnten Versuchsbedingungen nicht als unumstößlich richtig angenommen werden können, da — wie schon erwähnt — die Feilversuche nur dazu herhalten sollten, diejenigen technologischen Unterlagen zu liefern, die zur Beurteilung unserer durch Zeitstudien aufgenommenen Schlosserarbeiten notwendig waren. Unsere Feilversuche sind auf viel zu schmaler Basis aufgebaut, als daß sich allgemein verwendbare Gesetze aus ihnen ableiten lassen. Das Prinzip der ganzen Entwicklung jedoch dürfte erwiesen haben, daß der eingeschlagene Weg gangbar ist, um zum Ziele zu kommen.

Hinweis auf das nächste Kapitel. Im nächsten Kapitel sollen nun die Resultate der technologischen Untersuchung unter Berücksichtigung der Erkenntnisse des vorigen Kapitels vom Wesen des Durchschnittsarbeiters zur Aufstellung einer Zeitermittlungsformel verwendet werden.

IV. Der Aufbau einer Zeitermittlungsformel für das Abrichten von Flächen unter Berücksichtigung der technologischen und psycho-physiologischen Bedingungen.

1. Die Grundlagen für den Aufbau der Zeitermittlungsformel.

Ausgangspunkt der kalkulatorischen Überlegung. Den Ausgangspunkt jeder kalkulatorischen Überlegung bildet die Feststellung des objektiven Arbeitsbetrages. Dann ist die Leistung in Rechnung zu setzen, um aus Arbeit und Leistung die Dauer der Arbeit herzuleiten.

Ergebnisse der bisherigen Untersuchung. Nachdem durch die im Abschnitt I 3c beschriebene Zeitstudie die Zeit und durch die technologische Ermittlung, die den Gegenstand des Kapitels III bildet, Arbeit, Arbeitseffekt und Leistung der spanabnehmenden Schlosserarbeit festgestellt sind, soll hier nunmehr versucht werden, die Beziehung dieser Größen zueinander in ein rechnerisches Gewand zu kleiden. Die Betrachtungen des II. Kapitels haben dargetan, daß man es bei der menschlichen Arbeit mit Faktoren zu tun hat, die den Wirkungsgrad dieser Arbeit in der verschiedensten Weise zu beeinflussen vermögen. Die Arbeitszeit kann also nicht nur nach rein mechanischen Gesichtspunkten errechnet werden, sondern verlangt eine jeweilige Berücksichtigung der besonderen psycho-physiologischen Bedingungen. Da es freilich nicht möglich ist, diese Berücksichtigung bis auf jedes Individuum auszuweiten, ist der Begriff des Durchschnittsarbeiters eingeführt, der die durchschnittliche Fähigkeit einer fest umrissenen Gruppe von Arbeitern besitzt. Die Gruppe selbst besteht aus den Arbeitern eines Betriebes (bzw. einer Werkstatt), die für die Verrichtung bestimmter Arbeiten in Frage kommen, d. h. also, die auf diese Arbeit eingerichtet sind. Die Einflüsse wie Umgebung, Raum, Licht, Temperatur, Feuchtigkeit usw. sowie die periodischen Einflüsse Tageszeit, Wochentag, Monatstag und Jahreszeit können ebenfalls nur in Durchschnittswerten Berücksichtigung finden, wobei auch für sie an Stelle der Bestimmung eines allgemeingültigen Durchschnittes nur ein solcher möglich ist, der für einen vorliegenden Betrieb (bzw. eine vorliegende Werkstatt) Geltung hat. Eine besondere Berücksichtigung kann lediglich die jeweilige Arbeitshaltung erfahren, sofern sie durch die Lage der Bearbeitungsstelle im voraus zu erkennen ist.

Gültigkeitsbereich des abzuleitenden Gesetzes. Aus der lokalen Beschränkung des Durchschnittsbegriffes geht hervor, daß die Gesetze, die aus einer arbeitswissenschaftlichen Untersuchung in einem bestimmten Betriebe abgeleitet werden, nur bedingte Gültigkeit besitzen. Sie werden für verschiedene Betriebe, entsprechend den verschiedenen durchschnittlichen psycho-physiologischen Bedingungen, besondere Abänderungen erfahren müssen. Die Struktur der einmal gefundenen Gesetze dürfte jedoch überall dieselbe bleiben, besonders deshalb, weil wir auf Grund der Formeln (6) bis (13) (S. 106 bis 107) der technologischen Untersuchung in der Lage sind, den verschiedenen Einflüssen von Werkzeug und Werkstoff gerecht zu werden.

Zusammensetzung der Arbeitszeit. Die hier zu bestimmende Arbeitszeit setzt sich aus spanabnehmender Arbeit, Messen und Pausieren zusammen. Die spanabhebende Arbeit ist in der Hauptsache eine körperliche, das Messen eine geistige Beanspruchung. Die Pausen dienen allgemein der Erholung von körperlicher und geistiger Ermüdung. Die

körperliche Ermüdung wird aber teilweise schon während des Messens und die geistige während spanabnehmender Arbeit ausgeglichen. In den Arbeitsschaubildern (Abb. 25, 26 und 28, S. 48 bis 49) ist deshalb Messen und Pausieren zusammengefaßt, weil anzunehmen ist, daß diese Summe der Größe der körperlichen Ermüdung proportional ist. Mit anderen Worten: Da allgemein die körperliche Arbeit überwiegt, fällt das Messen in die Zeit der körperlichen Erholung. Es kommt aber auch vor, daß die Meßorgänge überwiegen, und daß die Zeiten Messen + Pausieren größer sind, als zur körperlichen Erholung notwendig ist, z. B. wenn es sich um feine Einpaßarbeit handelt. Dann ruht der Körper schon genügend während des Messens aus, und die Pausen dienen dann

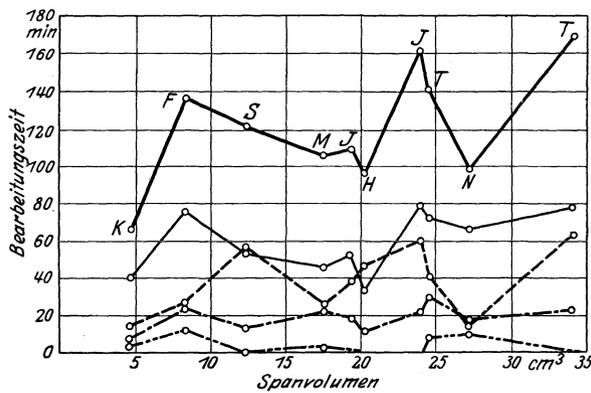


Abb. 67. Bearbeitungszeit für die Fläche *F* an 10 verschiedenen Achsgabeln in Beziehung zur jeweilig abgespannten Materialmenge.

lediglich der geistigen Erholung. Diese Verhältnisse müssen beim Aufbau der Zeitermittlungsformel berücksichtigt werden.

Anteil der Spanarbeit an der Gesamtzeit. Immerhin dürfte die Spanarbeit derjenige Arbeitsanteil sein, von dem wir als Grundlage ausgehen können, um auf die Gesamtzeit zu schließen, denn erstens bietet das abzunehmende Spanvolumen, das wir auf Grund der Vorbearbeitung messen oder schätzen können, einen konkreten Anhalt. Dann ergibt aber auch die Untersuchung selbst, daß — in unserem Falle — der Anteil der Feilarbeit die Arbeitszeit wesentlich beeinflusst als die übrigen Anteile.

Graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse. Abb. 67 stellt die Ergebnisse der Untersuchung an der Arbeitsfläche *F* (siehe Abb. 9, S. 25) dar, und zwar von 10 verschiedenen Achsgabeln. Die an den verschiedenen Bearbeitungsstellen abgespannten Volumen sind in Beziehung zur Arbeitszeit aufgetragen, wobei jedesmal die Gesamtzeit noch in ihre Teilzeiten zerlegt ist. Wir sehen, daß die Gestalt des Linienzuges für Feilen dem Linienzug der Gesamtzeit ähnelt.

Beziehung von Messen und Pausieren zur Spanarbeit. Es kann daher angenommen werden, daß Messen und Pausieren durchschnittlich in einer bestimmten Beziehung zur spanabnehmenden Arbeit stehen, und daß die Art dieses Verhältnisses hauptsächlich davon abhängt, ob es sich nur um gewöhnliches Abrichten einer Fläche handelt oder um Tuschieren von Paß- und Gleitflächen, Flächen zusammenschleifen usw. Ferner wird der Anteil des Messens auch mit der Breite der zu bearbeitenden Fläche wachsen.

Es sei ausdrücklich betont, daß es sich hier wieder um Durchschnittswerte handelt, denn bei den individuell verschiedenen Arbeitsweisen sind natürlich auch die Arbeitsoperationen zahlenmäßig verschieden zusammengesetzt. Es tritt nun die Frage auf, ob es nicht eine objektiv günstigste Zusammensetzung gibt, die man dann mit Hilfe einer besonderen Arbeitsanweisung allgemein fördern könnte. Die Darstellung Abb. 68 zeigt die prozentualen Anteile des Messens, der Pausen und die Summe

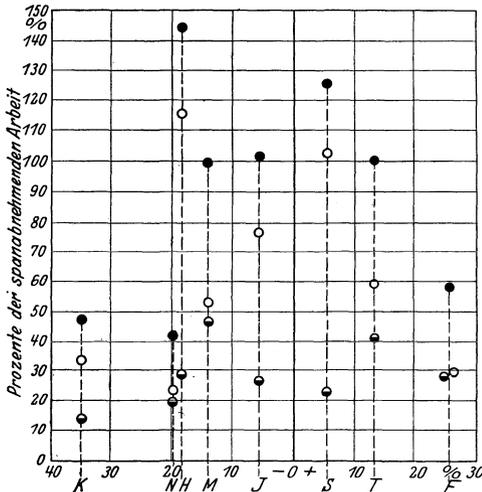


Abb. 68. Messen und Pausen in % der spanabnehmenden Arbeit in Beziehung zu den prozentualen Abweichungen von der durchschnittlichen Arbeitszeit (Fläche F).

● messen + pausieren. } prozentuale Abweichung von
 ● messen } der durchschnittlichen
 ○ pausieren } Arbeitszeit.

der Pausen und die Summe Messen + Pausieren an den spanabhebenden Arbeiten, und zwar in Beziehung zu den jeweilig prozentualen Abweichungen von der Durchschnitts-

schnittszeit. Daraus ersehen wir, daß wir eine solche optimale Zusammensetzung nicht finden können, da sich aus der Streuung der Punkte kein Linienzug mit bestimmter Tendenz entwickeln ließe.

Bedingungen, welche die Arbeitszeit beeinflussen. Nachdem diese Frage geklärt ist, dürften nunmehr die die Arbeitszeit beeinflussenden Bedingungen endgültig festliegen, und zwar in folgender Weise:

Es ist bekannt

1. die zur Zerspanung nötige mkg-Arbeit (technologische Ermittlung),
2. die Art der verlangten Arbeit (lediglich Abrichten oder Ein- und Anpassen) und Dimensionen der Arbeitsfläche,
3. die Arbeitsstellung,
4. das Verhältnis Ruhepausen zu Meßzeiten.

Die mechanische Arbeit als Funktion der Arbeitszeit. Die mkg-Arbeit ist, wie wir wissen, in erster Linie eine Funktion der Volumenmenge, und wir hatten uns schon entschlossen, zunächst eine Beziehung zwischen Arbeitszeit und Spanmenge festzustellen. In dieser Funktion sind dann alle anderen Bedingungen, den vorliegenden Untersuchungsverhältnissen entsprechend, als Konstante enthalten, und die Veränderlichkeit dieser Konstanten anderen Verhältnissen gegenüber muß dann zusätzlich geregelt werden.

Für jede Bearbeitungsstelle liefert die Zeitstudie die Zeiten und die Volumenmessung die abgespannte Materialmenge. Die koordinierten Werte werden im Liniennetz Streuungspunkte eines Gesetzes geben. Dieses Gesetz wird dann durch eine Linie mittlerer Streuungspunkte dargestellt (vgl. auch Abb. 66, S. 102).

Interpolationsmethode. Es sei noch kurz das Verfahren erwähnt, das von uns angewendet wurde, um die empirischen Werte zu einem Gesetz zu idealisieren.

Bei der Annahme, daß es sich um einen linearen Ausdruck handelt, werden die Einzelwerte $P_1 (x_1/y_1)$, $P_2 (x_2/y_2)$, $P_3 (x_3/y_3)$, . . . in ein lineares Liniennetz

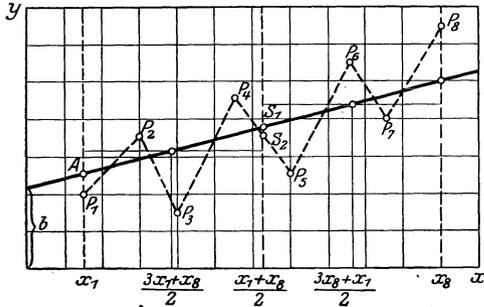


Abb. 69. Grade mittlerer Streuungspunkte. ($y = m x + b$).

eingetragen (Abb. 69) und durch einen Linienzug verbunden. Der Integralwert des Linienzuges $P_1, P_2, P_3, \dots, P_8$ läßt sich durch diese Summe der Inhalte zweier Rechtecke ersetzen, deren Grundlinienlänge je die halbe Abszissenprojektion des Linienzuges beträgt, nämlich $x_1, \frac{x_1 + x_8}{2}$ und $x_8, \frac{x_1 + x_8}{2}$. Die Höhen dieser Rechtecke stellen dann die mittleren Ordinaten der beiden Linienzugzweige rechts und links vom Abszissenmittelpunkt S_2 des gesamten Linienzuges P_1, P_2, \dots, P_8 dar. Durch eine durch die Mittelpunkte C und D der oberen Rechteckseiten gelegte Gerade entstehen zwei Trapeze, deren Inhalte gleich denen der Rechtecke und deshalb ebenfalls gleich den Integralwerten der entsprechenden Linienzugzweige sind. Die Steigung der Geraden C und D entspricht der mittleren Steigung des Linienzuges P_1, P_2, \dots, P_8 für den Bereich der Abszissen

$$\frac{3 x_1 + x_8}{4} \text{ bis } \frac{3 x_8 + x_1}{4},$$

da die Punkte C und D mittlere Ordinaten und Abszissen der beiden Linienzugzweige bilden. Da wir von der Annahme ausgingen, daß die

Punkte P_1, P_2, \dots Streuungspunkte eines linearen Gesetzes sind und die Steigung einer Geraden konstant ist, dürfte die Gerade durch C und $D = \overline{AB}$ diejenige mittlerer Streuung sein.

Ist das vermutliche Gesetz, das unseren Streuungspunkten zugrunde liegt, nicht linear, was sich meist durch Einsetzen der Grenzbedingungen

herausstellt, dann wird sich der Vorgang durch einen Exponentialausdruck wiedergeben lassen. Ein solcher in der Form

$$y x^k = C$$

liefert, im linearen Netz dargestellt, allgemein Hyperbeln höherer Ordnung, im logarithmischen Netz hingegen eine Gerade; denn logarithmieren wir $y x^k = C$, dann erhalten wir in $\ln y + k \cdot \ln x = \ln C$ den analytischen Ausdruck einer Geraden (Abb. 70).

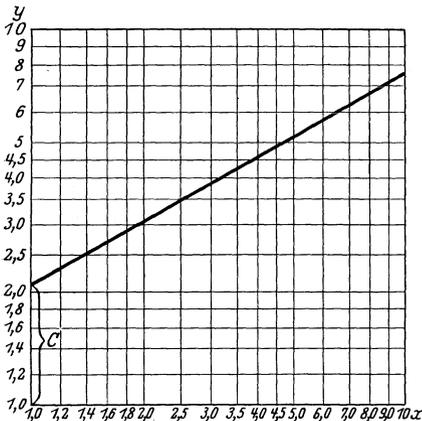


Abb. 70. Graphische Ermittlung der Exponentialfunktion ($y x^k = C$).

Tragen wir die Streuungspunkte in Abb. 67 statt in das

lineare in das logarithmische Liniennetz ein, und verfahren wie vorher, dann können wir den gewünschten Ausdruck nach den Regeln der analytischen Geometrie ablesen.

Dieses ist das gesamte mathematische Rüstzeug, mit dessen Hilfe die nachfolgende Verwertung der Untersuchungsdaten durchgeführt werden kann.

2. Ableitung und Anwendung der Zeitermittlungsformel.

Gewinnung des analytischen Ausdruckes für $t = f(v)$. Der in Abb. 67, S. 109, dargestellte oberste Linienzug, der die Gesamtzeitvolumenwerte der Bearbeitung von Fläche F an 10 Achsgabeln miteinander verbindet, soll zu einem linearen und einem hyperbolischen Gesetz idealisiert werden. Die Tabelle 11 stellt die Zeitwerte t für gleiche Spanvolumen v beider Gesetze zusammen.

Abb. 71 gibt den Linienzug der empirischen Werte und die beiden Linien mittlerer Streuungspunkte (Gerade und Hyperbel höherer Ordnung) wieder, deren analytische Ausdrücke

$$t = 1,14 v + 100 \quad (1)$$

$$\text{und} \quad t = 88 \cdot v^{0,103} \quad (2)$$

sind.

Aus den Anfangsbedingungen $v = 0$ erhalten wir nach Gleichung (1) für t den Wert $t = 100$. Obgleich eine gewisse Rüstzeit für Herrichten des Arbeitsplatzes, Holen von Werkzeugen usw. bereits vor der eigentlichen Zerspanungsarbeit auftritt, dürfte doch der Wert von 100 Minuten dafür unwahrscheinlich groß sein, weshalb wir zu dem Schluß kommen, daß das lineare Gesetz für v -Werte, kleiner als die des Beobachtungsbereiches, keine Gültigkeit besitzt. Deshalb scheint der Gleichung (2) größere Wahrscheinlichkeit zuzukommen, weshalb sie auch als Ausgangsgleichung der weiteren Entwicklung Verwendung finden soll.

Tabelle 11. Zeit-Volumen-Berechnung.

t (sec) =		v (cm ³)
$1,14 v + 100$	$88 v^{0,103}$	
103,4	98,6	3
104,6	101,6	4
105,7	103,9	5
106,8	105,8	6
108	107,6	7
109,1	109,1	8
110,3	110,3	9
111,4	111,6	10
112,5	112,6	11
113,7	113,5	12
117,1	116,2	15
122,8	119,9	20
128,5	122,6	25
134,2	125	30
139,9	127	35
145,6	128,8	40

Gültigkeitsbereich der Gleichung (2). Die Gleichung (2) hat ihrer Herkunft entsprechend nur einen ganz speziellen, begrenzten Gültigkeitsbereich. Sie gilt, streng genommen, nur für solche Bearbeitungsstellen, deren Bedingungen denen der Fläche F vollkommen gleich sind. Die in der Gleichung in den Konstanten enthaltenen Sonderbedingungen müssen durch unabhängige Veränderliche ersetzt werden. Deshalb

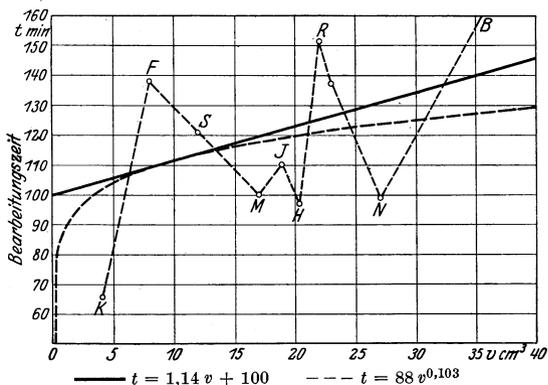


Abb. 71. Linien mittlerer Streuungspunkte.
 a) linear: $t = 1,14 v + 100$, b) hyperbolisch: $t = 88 v^{0,103}$

müssen zunächst die konstanten Sonderanteile möglichst zahlenmäßig aufgeführt werden.

Die Sonderbedingungen der Untersuchung und die Berücksichtigung des allgemeinen Falles. Die durchschnittliche Brinellhärte der Bearbeitungsstellen unserer Lokomotivrahmen beträgt $H = 113$ und der mittlere Abnutzungsgrad der Feilen unserer Werkstatt 41000 Feilstriche. Danach ist die auf 1 cm^3 bezogene mechanische Arbeit A' mkg nach Gleichung (8), S. 106

$$A' = 112,5 \cdot 41000^{0,28} \cdot 113^{0,07} = 3050 \text{ mkg} .$$

Die Art der verlangten Bearbeitung der Flächen F ist eine solche, die im Verhältnis die geringsten Meßzeiten erfordert, nämlich lediglich Abrichten ohne An- oder Einpassen usw. Die Flächengröße beträgt $100 \cdot 500 \text{ mm}$. Die Lage der Bearbeitungsstelle ist im Hinblick auf die vom Schlosser einzunehmende Haltung ungünstig. Die Stelle befindet sich etwa in Hüfthöhe. Sitzendes Arbeiten kommt aus Raumgründen nicht in Frage, so daß teilweise in gebückter Stellung gearbeitet werden muß. Diese letzten drei Bedingungen beeinflussen die Größe der Meß- + Ruhezeiten im Verhältnis zur Spanabnahme. Dieses Verhältnis beträgt im Falle der Fläche F :

$$(m + p) : (f + ms + sch) = 0,89 ,$$

wobei m = Messen, p = Pausieren, f = Feilen, ms = Meißeln, sch = Schaben bedeutet. Durch diese Zahlen wären in der Hauptsache die den speziellen Fällen eigentümlichen Bedingungen zum Ausdruck gebracht. Um die in den 3050 mkg enthaltenen Materialkonstanten auf eine allgemeingültige Basis zu stellen, müssen wir unsere Formel [Gleichung (2)] mit dem Berichtungsgliede $\frac{A'}{3050}$ multiplizieren.

Schwieriger gestaltet sich die Berücksichtigung des Faktors 0,89, weil er nur eine Verhältniszahl darstellt. Um zunächst den Anteil der Flächengröße an den Meßzeiten und Pausen zu bestimmen, benutzen wir die Kresta'sche Zahlentafel, wonach die Bearbeitungszeit proportional der Flächenlänge ist, aber zur Breite b in der Beziehung

$$t = 8 \cdot b^{1,2}$$

steht¹⁾. Den Ausdruck, der aus der graphischen Darstellung von Kresta abgeleitet ist, müssen wir übernehmen. Aus den Aufnahmen unserer Werkstattuntersuchung lassen sich nämlich $t = f(b)$ nicht ableiten, weil an den Bearbeitungsstellen der Achsgabeln die Breite der Rahmen konstant ist und zwar $b = 100$. Der Berichtungsfaktor für

¹⁾ Kresta: Über Berechnungen von Handarbeitszeiten. Werkst.-Techn. 1923, S. 297.

die Flächengröße ist danach

$$\frac{b^{1,2} \cdot l}{100^{1,2} \cdot 500} = \frac{b^{1,2} \cdot l}{125 \cdot 500}.$$

Der Einfluß der Arbeitshaltung bewirkt, daß die Zeiten: Messen + Pausieren für die Fläche F bei ungünstiger Arbeitsstellung bis 60% mehr als bei günstiger betragen. Der Berichtigungsfaktor für die Arbeitshaltung ist demnach

$$\frac{h}{1,6},$$

wenn h den allgemeinen Wert ausdrückt, der in unserem speziellen Falle 1,6 beträgt. Schließlich ist noch die Art der verlangten Arbeit zu berücksichtigen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung können wir jedoch nur angeben, wie die Verhältnisse für einfaches Abrichten gerader und gekrümmter Flächen, für das Einpassen nach Schablone und für das „auf Stichmaß Feilen“ liegen. Die Flächen F werden nur abgerichtet; für sie kommt also der Arbeitsgenauigkeitskoeffizient 1 in Frage.

Der Berichtigungsfaktor $\frac{A'}{3050}$ bezieht sich auf die spanabnehmende Arbeit, die anderen Faktoren auf Messen + Pausieren. Wir müssen deshalb den Ausdruck

$$t = 88 \cdot v^{0,103} \text{ (siehe S. 112)}$$

erst in dem Verhältnis $(m + p)$ zu $(f + ms + sch) = 0,89$ spalten. Wir bilden also eine Summe, deren Summanden $a : b = 0,89$ betragen, und erhalten:

$$t = v^{0,103} \cdot (46,4 + 41,6). \quad (3)$$

Nunmehr setzen wir die Berichtigungsgrenzen ein und erhalten

die endgültige Formel

$$\begin{aligned} t &= v^{0,103} \left[\frac{46,4}{3050} \cdot A + \frac{41,6}{125 \cdot 500 \cdot 1,6} \cdot b^{1,2} \cdot l \cdot s \cdot h \right] \\ &= v^{0,103} \left[\frac{A'}{66} + \frac{b^{1,2} \cdot l \cdot s \cdot h}{2400} \right] \end{aligned} \quad (4)$$

In dieser Formel bedeuten:

- v = abzuspannende Materialmenge in cm^3 ,
- A' = Arbeit $\text{mkg/cm}^3 = 112,5 \cdot f^{0,28} \cdot H^{0,07}$, wobei
- f = durchschnittlicher Feilenabnutzungsfaktor,
- H = Brinellhärte,

die Koeffizienten:

- b = Breite der Bearbeitungsfläche in cm,
- l = Länge der Bearbeitungsfläche in cm,
- s = Schwierigkeitsgrad der Bearbeitung (zu erzielender Genauigkeitsgrad) und
- h = Arbeitshaltungskoeffizient.

Anpassungsfähigkeit der Formel. Auf Grund dieser Koeffizienten besitzt unsere Formel eine sehr große Anpassungsfähigkeit an die verschiedenen Betriebsverhältnisse. Die Werte für h und s , die hier angegeben wurden, haben natürlich nur für die Verhältnisse der Fabrik, in der die Untersuchungen angestellt wurden, ihre Gültigkeit. Aber durch geeignete Wahl und Änderung der Koeffizienten, die sich jedesmal leicht an Hand weniger Zeitstudien feststellen lassen, wird diese Formel auch mit Erfolg in anderen Betrieben Anwendung finden können. Dadurch, daß hier versucht wurde, den Aufbau der Formel möglichst durchsichtig zu gestalten, dürfte es jedem möglich sein, die für andere Verhältnisse sich als notwendig herausstellenden Abänderungen des Ausdruckes vorzunehmen.

Der Übersichtlichkeit wegen sind wir bei der Ableitung der t -Funktion nur von den Werten der Bearbeitungsstelle F' ausgegangen. Tatsächlich ist die Berechnung auf viel größerer Basis vorgenommen worden. Unter anderem wurden auch die Werte für Kantentreppen und Bearbeitung von Hohlkehlen ermittelt. Da diese Untersuchungen prinzipiell dieselben sind wie die für die ebenen Flächen, so wurde davon Abstand genommen, sie hier zur Darstellung zu bringen. Die Werte für h , wie sie sich für vorliegende Verhältnisse ergaben (siehe Abb. 30 bis 36, S. 60 bis 63), sind folgende:

Arbeitshaltungskoeffizient (h).

Seitlich feilen Von unten feilen	Von oben feilen	Lage
1,2	1	in Ellbogenhöhe
1,4	1,1	in Schulterhöhe
1,6	1,2	in Hüfthöhe

Für den Schwierigkeitsgrad der Bearbeitung erhalten wir für unsere Fälle folgende

Werte s :

Einfaches Abrichten gerader Flächen	1,0
Einfaches Abrichten gekrümmter Flächen	1,4
Einpassen nach Schablone	2,75
Auf Stichmaß Feilen	4,75.

Die Feilen der Werkstatt sind, wie schon früher erwähnt, mit $f = 41000$ vorbeanspruchht.

Durchrechnung eines Beispiels. Als Beispiel zur Anwendung der Formel sollen für die Flächen einer Lokomotivachsgabel (siehe Abb. 9, S. 25) die Zeitermittlungen durchgeführt werden. Um das Spanvolumen zu errechnen, muß man für die Vorbearbeitung eine bestimmte Toleranz zugrunde legen, derzufolge auch eine bestimmte Zerspannungstiefe bei der Nachbearbeitung von Hand notwendig wird. Nehmen wir an, der

Vorbearbeitungsgrad der Lokomotivrahmen sei derart, daß eine Zerspannungstiefe von 0,3 mm bei der Nacharbeit von Hand erforderlich ist. Die Spantiefe mit den entsprechenden Flächengrößen multipliziert ergibt die jeweilige Spanmenge. In folgender Tabelle finden wir die notwendigen Rechnungswerte zusammengestellt:

Bezeichnung der Fläche	b	l	H	f	h	s	$v^{0,103}$
F	10	50	113	41000	1,6	1,0	1,315
I	10	43,5	113	41000	1,6	4,75	1,295
C	10	7	113	41000	1,4	2,75	1,07
E	10	7	113	41000	1,4	2,75	1,07
P	10	7	113	41000	1,4	2,75	1,07
N	10	11	113	41000	1,4	2,75	1,13
H_1	10	3,2	113	41000	1,4	1,4	0,995
H_2	10	3,2	113	41000	1,4	1,4	0,995
H_6	10	3,2	113	41000	1,4	1,4	0,995

Für unseren Fall der konstanten Bearbeitungsstellenbreite und des konstanten A' -Wertes vereinfacht sich für die Fläche F und für alle anderen Flächen, bei denen das Verhältnis $(m + p) : (f + ms + sch) = 0,89$ ist, die Gleichung (4) zur Form:

$$t = v^{0,103} (46,44 + 0,66 \cdot l \cdot s \cdot h).$$

Für die Fläche F die entsprechenden Werte eingesetzt, ergibt:

$$t_F = 1,315 (46,44 + 0,66 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 1,6)$$

$$t_F = \sim 131 \text{ Min.}$$

Für die anderen Flächen ergeben sich nach prinzipiell gleichartiger Entwicklung wie bei Fläche F folgende Grundzeiten:

Die Gesamtzeit für die Bearbeitung der ganzen Achsgabel beläuft sich mithin auf 920 Min. = 15,3 Stunden.

Zusammenfassende Betrachtung.

Nachdem die Fäden aus den verschiedenen Gebieten, die in den ersten drei Kapiteln behandelt wurden, in diesem Teile zusammen liefen, ist es schließlich gelungen, als Quintessenz aller Bemühungen einen knappen mathe-

matischen Ausdruck zu finden. Damit wäre auf Grund arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen der beabsichtigte Beitrag zur Frage der Zeitermittlung reiner Handarbeiten geliefert. Hinsichtlich der Brauchbarkeit des gefundenen Gesetzes wird natürlich das Urteil der Praxis abzuwarten sein.

Flächen	Zeit in Min.
F	131
I	345
C	69
E	69
P	69
N	84
H_1	51
H_2	51
H_6	51

V. Die planmäßig-wissenschaftliche Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung bei Handarbeiten mit dem Ziele, die richtig bestimmten Akkorde im Betriebe durchzusetzen.

1. Das Problem der planmäßig-wissenschaftlichen Arbeitszuweisung.

Aufnahme eines neuen Akkordes in der Werkstatt. Die neuzeitlichen Bestrebungen, die alle Mittel zusammenzufassen suchen, um die Stückzeiten richtig bestimmen zu können¹⁾, sind eine Folge heute notwendiger wirtschaftlicher Forderungen. Eine alte Betriebserfahrung ist es jedoch, daß jeder neue Akkord, sobald er in die Werkstatt kommt, hier zunächst einmal scharf angegriffen wird, und daß kein einziger neuer Akkord, auch wenn er noch so richtig bestimmt sein sollte, von einer Opposition verschont wird. Es entbrennt der Kampf um das „Treiben“ und „Halten“ von Akkorden, vielfach verbunden mit einem erheblichen, aber unnötigen Energieverbrauch. Dabei wird dieser Kampf von den beteiligten Menschen oft bedeutend intensiver betrieben als ihre eigentliche produktive Tätigkeit.

Unzweckmäßigkeit der Akkordkämpfe. Hier entsteht die Frage, ob es nicht möglich wäre, die Energie, die bei den Akkordkämpfen vergeudet wird, lieber dem Arbeitsfortschritt oder der Stärkung des menschlichen Verschleißwiderstandes zukommen zu lassen. Das letztere dürfte nicht nur im Sinne einer rationelleren allgemeinen menschlichen Lebensführung allein liegen, sondern auch im Sinne der Rationalisierung der Industriebetriebswirtschaft, die an schnell verbrauchten Menschen kein Interesse haben kann.

Unfeine Kampfmethoden. Freilich sollen der Reiz und der Wert des Kampfes nicht geleugnet werden; vielfach aber ist bei den heutigen Akkordkämpfen von vornherein auf der einen Seite bereits die Aussichtslosigkeit vorhanden, den Kampf zu gewinnen. In diesen Fällen laufen die Akkordkämpfe meistens auf nichts weiter hinaus, als wenigstens den Versuch zu machen, ob es nicht möglich sei, den Gegner vielleicht noch überlisten zu können. Dies führt zu unfeinen Kampfmethoden, die das Verhältnis von Akkordbüro und Arbeiterschaft beeinträchtigen.

Pflichten des Akkordbüros: Es entspricht keineswegs der modernen Auffassung vom Akkordbüro, dieses nur als Instrument des Arbeitgebers anzusehen, mit dem das Erpressen unmöglicher Leistungen erreicht werden soll. Aber Aufgabe des Akkordbüros ist es, über die Aus-

¹⁾ Siehe z. B. Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa).

nutzung der besten und schnellsten Fabrikationsmöglichkeiten durch den Betrieb zu wachen und die immer weiter auszubauende Rationalisierung nicht zu irgendeinem einseitigen Vorteile zu betreiben. Damit übernimmt das Akkordbüro zwei Verpflichtungen. Die erste ist die gegenüber der Arbeit selbst, indem diese unter Annahme der günstigsten Herstellungsbedingungen kalkuliert werden muß; die zweite gegenüber der Arbeiterschaft ist die, dafür zu sorgen, daß die beim Kalkulieren gemachten Annahmen bezüglich der Bedingungen, unter denen die Arbeit auszuführen ist, von der Betriebsleitung verwirklicht werden.

a) Gegenüber der Arbeit. Die Verpflichtung gegenüber der Arbeit muß unabhängig gemacht werden von den Betriebsverhältnissen, wie sie augenblicklich liegen. Das Akkordbüro muß seiner Kalkulation die günstigsten Herstellungsmöglichkeiten zugrunde legen, die überhaupt mit der höchsten technischen und organisatorischen Entwicklung möglich sind¹⁾. Gestattet die Gestalt des Betriebes nicht, daß unter diesen optimalen Annahmen gearbeitet wird, dann sind daraus zwei Notwendigkeiten zu folgern:

1. der Betrieb wird höher entwickelt und

2. das Akkordbüro muß, so lange der Höchststand der technischen und organisatorischen Entwicklung des Betriebes noch nicht erreicht ist, gegenüber den absolut optimalen Herstellungsbedingungen Kompromisse eingehen und wenigstens die günstigsten Bedingungen, die durch die augenblicklichen Betriebsverhältnisse für die Erzeugung gegeben sind, seiner Kalkulation zugrunde legen.

Im Akkordbüro wird man am sichersten erfahren, wie weit die augenblickliche von der idealen höchstleistungsfähigsten Betriebswirtschaft entfernt ist. Akkordbüro und Betrieb stehen daher allein durch das Interesse an der Arbeit selbst in untrennbarer Wechselbeziehung zueinander.

Viel stärker als das Bindeglied sachlicher Interessen zwischen Akkordbüro und Betrieb ist der Umstand, daß beide mit den gleichen Menschen zu tun haben.

b) Gegenüber der Arbeiterschaft. Der Akkordkalkulation darf nicht die Leistungsfähigkeit des Spitzenarbeiters zugrunde gelegt werden, weil — im Hinblick auf die Anreizwirkung des Akkordes — nur ein ganz geringer Teil der Arbeiterschaft von dem Anreizwerte des Akkordes, der für den Spitzenarbeiter gilt, zur Höchstleistung angeregt wird. Es ist nötig, um die Anreizempfänglichkeit eines größeren Kreises der Arbeiterschaft zu berücksichtigen, dem Akkord die Leistungsfähigkeit des Durchschnittsarbeiters zugrunde zu legen. Über dessen Be-

¹⁾ Über den „Satz vom absoluten Minimum der Selbstkosten“ siehe Heidebroek: Industriebetriebslehre. Berlin 1923.

griff ist in dieser Arbeit bereits einiges Wesentliche gesagt worden (S. 64ff.). Aus der dort gegebenen Definition ergibt sich, daß das Akkordbüro abhängig vom Betriebe ist, denn es bezieht das Eignungsschaubild des Durchschnittsarbeiters, dessen Leistungsfähigkeit den Akkorden zugrunde gelegt werden muß, vom Betriebe.

Anreiz eines Akkordes. Das Akkordbüro muß selbstverständlich an der Lebensfähigkeit seiner Akkorde ein Interesse haben, und diese Lebensfähigkeit wird um so gesicherter sein, je größer der Anreiz ist, der von den Akkorden ausgeht. Es entsteht nun die Frage, auf welche Weise man im Betriebe das Anreizpotential eines Akkordes in Bewegungsenergie umsetzt, um diese nutzbringend zur Leistung zu verwenden. Dabei ist den einzelnen Arbeitern gegenüber die Verschiedenheit eines Akkord-Anreizpotentials zu berücksichtigen. Diese Verschiedenheit entsteht dadurch, daß die Anreizempfindlichkeiten der Arbeiter schwanken, und zwar nicht nur von Arbeiter zu Arbeiter betrachtet, sondern auch bei ein und demselben Arbeiter verschiedenen Arbeiten gegenüber. Das letztere dürfte manchmal aus dem Auftreten von Unlustgefühlen vor Inangriffnahme gewisser Arbeiten herzuleiten sein. Diese entstehen oft aus der Erfahrung oder Selbsterkenntnis des Arbeiters, daß die Arbeitserledigung von ihm eine besondere Intensität verlangt. Die Aufbringung einer besonderen Initiative zur Arbeit wird immer dann nötig sein, wenn die Arbeit Anforderungen an den Ausführenden stellt, die über das Maß der für die Arbeitserledigung zur Verfügung stehenden Fähigkeiten hinausgehen. Dabei ist zu beachten, daß Leistungen nicht nur aus äußeren Arbeitsergebnissen bestehen, sondern auch erhebliche physiologische und psychologische, also innere Beanspruchungen erfordern.

Gründe für die Unterschiede der Anreizempfindlichkeiten der Arbeiter.

Die Gründe für die Unterschiede der Anreizempfindlichkeit der Arbeiter sind mannigfacher Art; z. B. ist die persönliche Voreinstellung zur Arbeit oder die suggestive Beeinflussung des Arbeitenden ein nicht zu unterschätzender Faktor. Münsterberg schreibt: „Die Suggestion, daß Zuweisung des Lohnes auf einer sozialen Ordnung beruhe, die grundsätzlich ungerecht ist, und die den Arbeiter seiner wirklichen Früchte beraube, ihn und die Seinen zu niedrigster Lebensführung zwingt, während der wirkliche Lohn für das Werk seines Schweißes mühelos denen zufließt, die niemals ihre Hände zur Arbeit gebraucht haben, muß hemmend, lähmend, zerstörend auf die psychophysikalische Wirtschaftskraft zurückwirken. Die Suggestion dagegen, daß wahres Glück nicht von der äußeren Höhe der Lebenshaltung, sondern von der gewissenhaften Erfüllung der Lebenspflicht abhängt, und auch der geringste Arbeiter an seiner Stelle ein Vollwertiges zum Fortschritt beiträgt, kann alle Unlust hemmen und eine Arbeitsfreudigkeit schaffen, durch die auto-

matisch die Leistung selbst gesteigert und verbessert wird¹⁾. Außerdem sprechen noch andere Gesichtspunkte mit, z. B. Aussicht auf Standesaufstieg, Ehrgeiz nach gutem Ruf bei der Betriebsleitung, Freude an der Verantwortung besonders schwieriger Arbeiten und vieles andere mehr.

Wege zur Berücksichtigung der Individualitäten im Hinblick auf die Auswirkung der Akkordanreizwerte. Wollen wir erstens die individuellen Anreizempfindlichkeiten berücksichtigen und zweitens die verschiedenen Individuen immer nur diejenigen Arbeiten verrichten lassen, welche sie mit dem geringsten äußeren und inneren Aufwande zu leisten imstande sind, dann können drei Wege eingeschlagen werden:

1. spezialisierteste tarifliche Gruppierung,
2. individuelle Akkordbestimmung,
3. individuelle Akkordvergebung.

a) **Spezialisierteste Tarife.** Tarife, die weitestgehend den persönlichen Verschiedenheiten der Arbeiter gerecht werden wollen, würden eine große Kompliziertheit der Lohnverrechnung mit sich bringen. Aus organisatorischen Gründen würden sie aber ohne Zusammenfassungen der Arbeiter in Gruppen doch nicht auskommen können, auch wenn sie noch so sehr bestrebt wären, möglichst sämtliche Eigenarten der verschiedenen Tätigkeiten differenzierend berücksichtigen zu wollen. Die Bestimmung der Lohnsätze müßte daher nach Annahme von Einheitstypen für jede Gruppe vorgenommen werden, d. h. man muß die Berücksichtigung der Individualitäten praktisch doch unter den Tisch fallen lassen.

b) **Individuelle Akkordbestimmung.** Die individuelle Akkordbestimmung, d. h. eine Akkordfestsetzung nicht für den Durchschnittsarbeiter, sondern für jeden einzelnen Arbeiter unter Berücksichtigung seiner individuellen Anreizempfindlichkeit, ist praktisch ebenfalls unmöglich. Selbst wenn es organisatorisch gelänge, bei Ausgabe verschiedener Akkordbeträge für ein und dieselbe Arbeit an mehrere Arbeiter die richtigen Akkorde mit den richtigen Leuten zusammenzubringen, so würde das unter den Arbeitern zuerst immer das Gefühl erwecken, daß einige bevorzugt, andere ungerecht behandelt werden. Außerdem ist es gerade eine Stärke des Akkordsystems, daß die Selbstkostenermittlung mit konstanten direkten Löhnen rechnen kann, ein Vorteil, der mit gleitenden Akkorden für ein und dieselbe Arbeit wegfallen würde.

c) **Individuelle Akkordvergebung.** Es bleibt uns, um die individuellen Anreizempfindlichkeiten zu berücksichtigen und die richtigen Arbeiten zu den richtigen Leuten zu bringen, als einzigstes

¹⁾ Münsterberg: Grundzüge der Psychotechnik S. 402. Leipzig 1920.

Mittel nur noch die individuelle Akkordvergebung auf wissenschaftlicher Grundlage, d. h. praktisch eine Zuteilung der Arbeit an das jeweils geeignetste Individuum. Dazu ist die Kenntnis der Arbeitsanforderungen und der zu ihrer Erledigung in einer Werkstatt vorhandenen physiologischen und psychologischen Energien erforderlich. Nur eine tiefgreifende arbeitspsychologische Schulung wird diese Kenntnisse vermitteln. Wir können also nicht die Arbeiter die ihren Fähigkeiten und Veranlagungen entsprechenden Arbeiten sich selbst aussuchen lassen, sondern nur ein für diese Tätigkeit besonders geschulter Mann kann die richtigen Arbeiten den richtigen Leuten zuweisen; wir brauchen also eine Arbeitszuweisung.

Die Arbeitszuweisung. Diese soll zunächst einmal für eine Arbeit denjenigen Mann ausfindig machen, der zu ihrer Verrichtung die geeignetsten Fähigkeiten besitzt, und der daher voraussichtlich den geringsten Aufwand zur Erledigung der Arbeit benötigt. Weiterhin soll die Arbeitszuweisung aber auch die Arbeiten so zuteilen, daß die individuellen Veranlagungen berücksichtigt und gefördert werden. Zu den Veranlagungen eines Menschen gehört auch z. B. seine Anreizempfindlichkeit. Daher ist es Aufgabe der Arbeitszuweisung, diese zu beachten, sie wach zu halten und, wenn möglich, sie zu steigern. Damit hat die Arbeitszuweisung das einflußreichste Mittel in der Hand, individuelle Leistungssteigerungen bewirken zu können. Sie hat aber — gebunden durch ihren betriebswirtschaftlichen Zweck — auch die Verantwortung, die Anreizwerte eines Akkordes für eine Arbeit nicht zu groß werden zu lassen, da sonst die Arbeitsverrichtung gesundheitsschädlich werden kann. Praktisch tätigt also die Arbeitszuweisung eine richtige Akkordanwendung im Betriebe, indem sie höchste individuelle Leistung mit Berücksichtigung der individuellen sozialhygienischen Forderungen betreibt.

Notwendigkeit der Arbeitszuweisung. Nach den bisherigen Ausführungen läßt sich erkennen, daß die Arbeitszuweisung unbedingt notwendig erscheint. Sie ist zunächst eine arbeitswissenschaftlich-wirtschaftliche Forderung bei der Einführung verbesserter Leistungsmethoden, weiterhin ist sie eine soziale Forderung, und schließlich wird sie bei der Umsetzung der Idee in die Praxis noch eine Forderung moderner Industriebetriebsorganisation. Sie unterscheidet sich wesentlich von der Arbeitsverteilung, die für einen planmäßigen, richtigen zeitlichen Ablauf der Auftragserledigung sorgt und daher in erster Linie an den Aufträgen und ihren Werkstücken, insbesondere an den Terminen interessiert ist. Die Arbeitszuweisung hingegen ist eine Fürsorge für die Menschen und Maschinen. In ihr spielt nicht die zeitliche, sondern die energetisch-wirtschaftliche Erledigung der Arbeiten die Hauptrolle. Sie gehört aus diesem Grunde zur wissenschaftlichen Betriebs-

führung, da sie sich mit der Durchdenkung des Arbeitsprozesses in bezug auf seine technologischen, physiologischen und psychologischen Anforderungen befaßt. Sie ist aber auch ein Teilgebiet der Wissenschaft von der Menschenwirtschaft, da sie ja die in den Menschen vorhandenen Energien richtig ausnützen und zu Höchstleistungen bei möglichst geringen Aufwendungen führen soll. Die Arbeitszuweisung muß planmäßig sein, weil sie dispositionsangebend gehandhabt werden muß, und sie muß schließlich wissenschaftlich betrieben werden, indem Objektivität in ihrer Arbeitsweise waltet.

2. Aufgaben der Arbeitszuweisung, nachgewiesen an einem Beispiel.

Vergleich der Schlosser H und T. Die in folgendem durchgeführte Gegenüberstellung zweier bezüglich ihrer Leistungen grundverschiedenen Individuen basiert auf Ergebnissen derselben Werkstattuntersuchung, die schon den Ausführungen der bisherigen Teile dieser Abhandlung zugrunde lag. Die beiden aus unserer achtköpfigen Schlossergruppe für das Beispiel ausgewählten Leute sind der Mann H und der Mann T.

Bedingungen, unter denen beide Schlosser arbeiteten. Sie waren bei der Verrechnung des Akkordverdienstes der gesamten Gruppe durch einen gleichen Anteilsatz am Verdienst beteiligt, lohntechnisch also nivelliert. Die Arbeit, die auszuführen war, stellte an jeden einzelnen Mann der Gruppe, mithin auch an den Mann H und an den Mann T genau die gleichen Anforderungen in bezug auf Form und Art der Ausführung. Die Schlosser arbeiteten alle so eng nebeneinander, daß sie sich gegenseitig beobachten konnten. Die Zeit, welche die Leute zur Erledigung der Arbeit brauchten, wurde durch Messungen festgestellt, die beschränkt waren auf die Ermittlung der Dauer von Arbeitskomplexen ohne Trennung der einzelnen Arbeitselemente (Begriff des Arbeitselementes siehe S. 33ff.). Berücksichtigt wurden nur Verluste, die aus dem nichtdienstlichen Verlassen des Arbeitsplatzes und durch außerdienstliche Betätigung am Arbeitsplatz entstanden.

Verlustzeiten der Gruppenmitglieder. Solche Verlustzeiten ergaben für die ganze Gruppe zusammengestellt folgendes Bild (Tabelle 12):

Tabelle 12.

Verlustzeithöhen 8 verschiedener Schlosser bei gleicher Arbeit.

Verlustzeiten in % der Gesamtarbeitszeit	5,5	6,4	7,2	9,7	10,0	10,1	12,7	14,8
Schlosser	T	M	J	F	N	S	H	K

Aus diesen Werten errechnet sich eine mittlere Verlustzeit von 9,6% pro Gruppenmitglied, ein Ergebnis, das auf einem Studium von rund

1000 Arbeitsstunden der ganzen Gruppe aufgebaut ist, wobei jeder Mann etwa gleichanteilig während rund 125 Arbeitsstunden beobachtet wurde. Der Verlustzeit-Mittelwert von 9,6% entspricht durchaus den normalen Akkordzuschlägen, die bei der Akkordbestimmung gewöhnlich für „persönliche Bedürfnisse“ bewilligt werden (10%).

Eine planmäßig-wissenschaftliche Arbeitszuweisung muß zunächst erkennen, daß — von der tatsächlichen Leistung der Arbeiter noch ganz abgesehen — schon solche Schwankungen der Verlustzeiten allein beträchtliche Auswirkungen zur Folge haben können. Wenn die Arbeitszuweisung z. B. die Ausführung eines Akkordes, dem bei seiner Errechnung eine mittlere Verlustzeit von 9,6% zugrunde gelegt ist, nur den Schlossern T, M und I überträgt, so „verdienen“ diese Leute an dem Akkord schon allein deswegen mehr als die anderen Schlosser, weil sie von Natur aus geringere persönliche Bedürfnisse haben, z. B. seltener auszutreten brauchen oder die Fähigkeit besitzen, dieses in kürzerer Zeit erledigen zu können usw. Beabsichtigt die Arbeitszuweisung aber keine oberflächliche, sondern eine planmäßig-wissenschaftliche Ausnutzung solcher Verlustzeiten zum Vorteil der Akkordverdienste der Leute und damit auch des Akkordanreizes, dann ist es ihre Pflicht, den Gründen solcher Schwankungen der Verlustzeiten nachzugehen. Dazu ist nötig, in die Leistungen der einzelnen Leute einen Einblick zu nehmen.

Leistungswerte der Schlosser H und T. In Tabelle 13 sind die Leistungswerte der beiden Schlosser H und T einander gegenübergestellt, ermittelt aus 9 Messungen, denen im ganzen eine Beobachtung von 270 Stunden Arbeitszeit pro Mann zugrunde lag. Es handelte sich um das Ausfeilen von Achsgabeln an Lokomotiv-Barrenrahmenplatten, wie es auf S. 25 schon beschrieben ist.

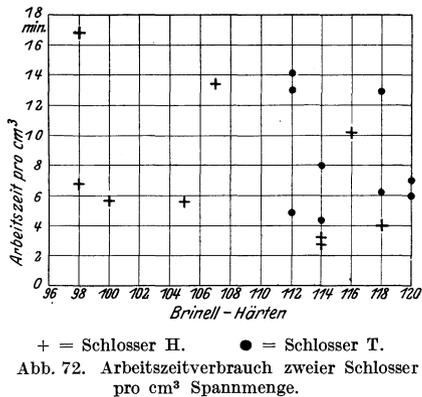
Tabelle 13. Übersicht über die Leistungen zweier Schlosser.

Messung Nr.	Schlosser H				Schlosser T			
	Materialhärte nach Brinell	Spanmenge in cm ³	Gebrauchte Arbeitszeit in Min.	Arbeitszeit pro cm ³ Spanmenge	Materialhärte nach Brinell	Spanmenge in cm ³	Gebrauchte Arbeitszeit in Min.	Arbeitszeit pro cm ³ Spanmenge
1	98	20,4	97	4,75	112	17,6	249	14,15
2	98	25,9	409	16,8	112	30,7	401	13,05
3	100	24,1	137	5,7	112	37,2	180	4,85
4	105	19,5	109	5,5	114	20,6	167	8,1
5	107	12,3	163	13,35	114	46,1	204	4,45
6	114	16,7	44	2,65	118	23,5	304	12,95
7	114	55,5	179	3,2	118	30,3	189	6,25
8	116	12,3	126	10,25	120	23,4	138	5,9
9	118	43,7	176	4,0	120	70,7	284	7,0

Die Eingruppierung der Leistungen in Tabelle 13 erfolgte nach den Werkstückmaterialhärten und innerhalb dieser nach Spanmengen. Im Prinzip müßte eine Umrechnung der Tabelle 13 vorgenommen werden derart, daß Spanmengen und Zeiten auf gleiche Materialhärte bezogen werden. Die Härteunterschiede des Materials sind jedoch von einer Größenordnung, die nach den Erfahrungen bei den Feilversuchen (S. 92 bis 107) eine Vernachlässigung der erwähnten Umrechnung gestattet. Trägt man in ein Koordinatensystem Materialhärten und Zeitverbrauch pro cm³ Spanmenge ein, so wie sie sich für die beiden Schlosser H und T aus der Tabelle 13 ergeben, so erhält man Abb. 72.

Man erkennt sofort eine ungeheure Streuung der Werte, aus denen irgendeine Kurventendenz zu konstruieren nur unter größten Vernachlässigungen möglich wäre. Uns interessieren ja aber gerade erstens die individuellen Unterschiede der beiden Schlosser gegeneinander und zweitens die Leistungsschwankungen der Einzelpersönlichkeit. Aus der Lage der Punkte ist auch zu sehen, daß die Härteunterschiede des Materials in diesen Grenzen von keiner weiteren Bedeutung sein können.

Nach der Tabelle 13 bzw. der Darstellung Abb. 72 ist der Mittelwert der Leistung des Schlossers H = 7,35 Min. pro cm³ Spanvolumen, der des Schlossers T = 8,52 Min., woraus sich ergibt, daß für gleiches Spanvolumen T 16% mehr Zeit braucht als H, oder daß in gleichen Zeiten H 15,5% mehr leistet als T. Die Schwankungen des Zeitverbrauches sind aus der Tabelle 14 zu ersehen.



+ = Schlosser H. ● = Schlosser T.
Abb. 72. Arbeitszeitverbrauch zweier Schlosser pro cm³ Spanmenge.

Tabelle 14.

Übersicht über die Leistungsschwankungen zweier Schlosser. Schwankungsangaben in Prozent der mittleren Leistungen.

Schlosser	mittlerer Zeitverbrauch zur Zerspänung von 1cm ³ Spanmenge	Gesamtschwankungen		Schwankungen um die Mittelleistungen herum			
		der peripheren Leistungswerte	der mittleren über und unter den Mittelleistungen liegenden Leistungswerte	Schwankungen der peripheren über und unter den Mittelleistungen liegenden Leistungswerte		Schwankungen der mittleren über und unter den Mittelleistungen liegenden Leistungswerte	
				nach oben	nach unten	nach oben	nach unten
H	7,35	192	124,5	129	64	83	41,5
T	8,52	114	85,5	66	48	57	28,6
Schwankungsspanne zwischen H u. T				63	16	26	12,9

Leistungsschwankungen der Schlosser H und T. Wir erkennen daraus, daß H in jeder Hinsicht bedeutend größere Schwankungen aufweist als T. Betrachten wir die Schwankungsspannungen, so zeigt sich, daß die Schwankungen der Werte, die unter den Mittelleistungen liegen, kleiner sind als die, welche darüber liegen, d. h. es kann angenommen werden, daß die Schwankungen nach den oberen Werten hin wahrscheinlich mehr äußerlichen Zufälligkeiten zuzuschreiben sind, und daß die verlässlicheren Werte die sind, bei denen der Arbeitszeitverbrauch pro cm³ Spanmenge gering ist. Die Schwankungstendenzen der Leistungswerte (Tabelle 14) drücken sich auch in der allgemeinen Arbeitsweise aus.

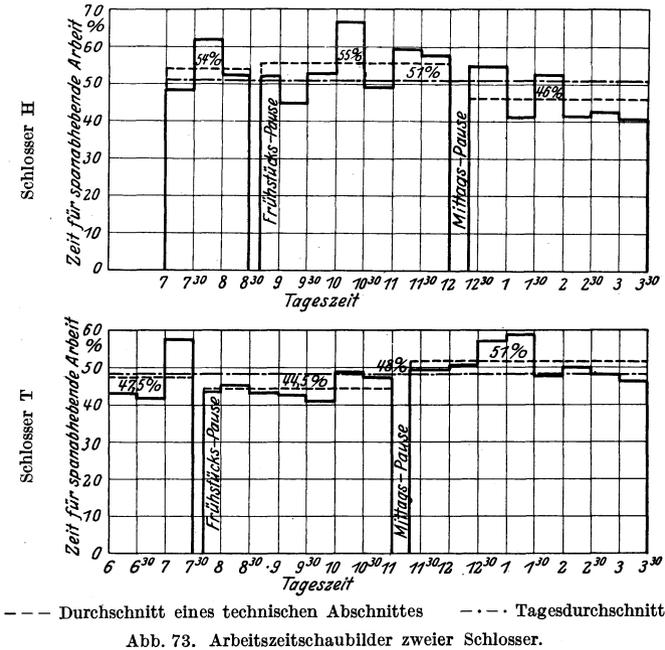


Abb. 73. Arbeitszeitschaubilder zweier Schlosser.

Die Arbeitszeitschaubilder der Schlosser H und T. In Abb. 73 sind die aus 6 Tagesarbeitszeitschaubildern zusammengezogenen Durchschnitts-Arbeitszeitschaubilder der beiden Schlosser H und T gegenübergestellt (Entwicklung des Arbeitszeitschaubildes siehe S. 47ff.). In dem Augenblick, in dem die Beobachtung von H abgeschlossen war, ging man vom Acht- zum Neunstundentag über, so daß dem Diagramm von T schon der neunstündige Arbeitstag zugrunde gelegt werden mußte. Streng genommen lassen sich die beiden Diagramme eigentlich nicht recht vergleichen, genügen aber doch für die Zwecke des vorliegenden Beispiels.

Man erkennt, daß der Schlosser H 51% der Tagesarbeitszeit für span-abhebende Arbeiten verwendet, während T dafür nur 48% des Tages

ausnutzt. Im großen und ganzen zeigt H einen normalen Ermüdungsverlauf, allerdings dauernd zickzackförmig, während T überhaupt keine klare Tendenz des Kurvenverlaufes aufweist. Dieser läßt sich durch Vermutungen — eine sichere Behauptung ist wegen der kurzfristigen Beobachtung von 6 Tagen nicht möglich — etwa folgendermaßen deuten: T nutzt am Morgen jedes Tages etwa ebensoviel der Tageszeit für spanabhebende Arbeit aus, wie er ungefähr am ganzen Tage dafür zu verwenden pflegt (48%). Durch die bevorstehende Frühstückspause erhält er einen starken Anreiz zur zeitlichen Steigerung seiner spanabhebenden Tätigkeit, ist aber durch die Pause faul geworden, was die geringe Zeitausnutzung zu Beginn des zweiten Tagesabschnittes zeigt. Vor der Mittagspause versucht T aller Wahrscheinlichkeit nach noch schnell mit einem sich selbst gesetzten Arbeitsquantum fertig zu werden, was eine intensivere spanabhebende Zeitanwendung zur Folge hat. Er sieht wahrscheinlich, daß seine Gruppenkameraden während des Vormittages mit ihrer Arbeit weiter gekommen sind als er, steigert daher nach der Mittagspause die Zeit der Spanabnahme weit über seine durchschnittliche Ausnutzung der Tageszeit für spanabhebende Arbeit hinaus und hört am Ende der Schicht etwa genau so zu arbeiten auf, wie er am Morgen begonnen hat. Trotzdem nutzt er zur Spanabnahme weniger Zeit aus als H, der gegen Feierabend mit seiner spanabhebend angewendeten Zeit weit unter seiner durchschnittlichen Tages-Spanabnahmezeit liegt.

Arbeitsvorgänge zur Zerspanung von 1 cm³ Spanmenge bei den Schlossern H und T. Wollen wir nun noch einen Einblick in die Art und Weise nehmen, wie die Schlosser H und T ihre Zeit für die einzelnen Arbeitsoperationen verwendet haben, so steht uns Tabelle 15 zur Ver-

Tabelle 15. Anteile der Arbeitsvorgänge zur Zerspanung von 1 cm³ Spanmenge bei zwei Schlossern.

Bearbeitungs- stelle	H						T					
	Arbeits- zeit pro cm ³ Span- menge	feilen	meißeln	schaben	messen	Pause	Arbeits- zeit pro cm ³ Span- menge	feilen	meißeln	schaben	messen	Pause
F	4,76	1,61	—	0,33	0,56	2,26	5,76	2,83	—	—	1,21	1,72
J	15,86	5,76	1,36	1,25	2,39	5,10	13,03	5,23	—	0,09	2,73	4,98
H ₁	8,28	5,04	0,77	—	0,92	1,55	16,82	6,90	1,70	0,64	4,58	3,00
H ₂	16,60	10,38	1,20	—	0,65	4,37	14,90	7,32	1,95	—	3,65	1,98
H ₆	4,30	1,57	0,91	—	0,48	1,34	16,40	6,66	1,81	0,26	3,86	3,81
C	12,79	4,78	0,69	0,35	1,65	5,32	11,61	3,91	1,61	0,64	1,91	3,54
E	13,08	5,08	0,23	1,44	1,41	4,92	17,21	8,46	0,25	—	2,72	5,78
N	124,71	44,82	4,43	6,29	28,42	40,75	85,02	29,21	4,58	—	24,63	26,60
P	10,65	2,86	1,77	0,52	1,71	3,79	18,13	5,96	1,39	—	2,71	8,07
Σ	211,13	81,90	11,36	10,18	38,19	69,50	198,88	76,48	13,29	1,63	48,00	59,48
%	100 %	38,8	5,38	4,82	18,1	32,9	100 %	38,4	6,68	0,82	24,1	29,9

fügung. Diese ist das Ergebnis einer Zeitbeobachtung von 30 Stunden pro Mann und einer exakten Spanmengenermittlung. Die Spalten: feilen, meißen, schaben geben die tatsächlich nur spanabhebend angewendete Zeit an. Die Ruhepausen, auch die kleinsten, während ein und desselben Arbeitsvorganges sind in der Spalte „Pause“ zusammengefaßt.

Die erste Längsspalte dieser Tabelle gibt die Reihe der verschiedenartigen Flächen an, die den beiden Schlossern zur Bearbeitung übergeben wurden (siehe Abb. 9, S. 25). Die unterste Querspalte zeigt, daß — bei der gleichen Arbeit — beide Leute ungefähr gleich viel feilen, H mehr schabt und pausiert als T, und dieser mehr meißeilt und mißt als H. Die Tabelle 15 gibt aber auch Aufschluß über die in den Arbeitszeitschaubildern nicht geklärten Verhältnisse zwischen dem Zeitverbrauch beim Messen und dem Pausieren. In den Arbeitszeitschaubildern wurde Messen und Pausieren deswegen zusammengefaßt, weil sich ja auch in der Zeit des Messens die körperliche Leistungsfähigkeit wieder erholt. Aus der Betrachtung des Wertes Messen + Pause der Tabelle 15 zeigt sich, daß T mehr mißt und pausiert als H, in diesem Falle 13%. Setzt man Messen + Pausieren für jeden Mann = 100%, und bestimmt man den Zeitanteil des Messens, so ergibt sich, daß bei Zerspanung des gleichen Spanvolumens jeder der beiden Leute ungefähr gleich viel mißt (H: 44%, T: 44,6%).

Das Verhältnis der Meßzeiten zu den Werten Messen + Pausieren bei den Schlossern H und T. Die vorliegende Arbeit erforderte nur ein geringes Messen mit Instrumenten; die überwiegende Meßart bestand in dem einfachen Anhalten eines Lineals oder einer Schablone an eine Fläche, um zu sehen, ob diese gerade ist. Die Meßzeit war daher überwiegend von der Aufnahmegeschwindigkeit abhängig, mit der die Höhlungen und Überhöhungen der Flächen an der angehaltenen Linealkante erkannt wurden. Vergleicht man in den Eignungsschaubildern (siehe S. 72) die Apperzeptionsfähigkeiten der Schlosser H und T, dann findet man, daß gerade darin H eine bedeutend glücklichere Veranlagung hat als T. Auch wenn man andere Eigenschaften, die für Meßzeiten von Belang sein könnten, zum Vergleich von H und T heranzieht, wie Augenmaß, Handgelenkempfinden und Handruhe, dann steht T immer bedeutend hinter H zurück.

Im vorliegenden Falle war der Vorbearbeitungsgrad der Flächen (Sauberkeit und Ebenheit durch die mechanische Vorbearbeitung) meßbar fast kaum zu unterscheiden, d. h. also H und T arbeiteten von gleichen Bedingungen aus. Daher ist es nicht recht einzusehen, warum der gerade für Meßarbeiten bedeutend befähigtere Schlosser H genau so viel Meßzeit braucht wie der ungeeignere Schlosser T. Wollte man nun glauben, daß H durch seine unverhältnismäßig großen Meßzeiten gegenüber T eine bedeutend höhere Sauberkeit seiner Arbeits-

ausführung erreicht, so bestätigt sich diese Vermutung nicht durch das Ergebnis der Arbeitsprobe (Abb. 37, S. 70). Der Schlosser H steht darnach nicht nur mit seinem absoluten Sauberkeitsgrad hinter T zurück, sondern auch in der Rangreihe: Grade der Sauberkeit bezogen auf die Arbeitszeit. Man kann daher schließen, daß bei der Zeitaufnahme H mehr gemessen hat als nötig war, um die Höhe seiner zahlreichen Pausen durch den Eindruck einer scheinbaren produktiven Tätigkeit etwas zu beschönigen.

Ergebnis der Gegenüberstellung der Schlosser H und T. Zusammengefaßt ergibt sich also folgendes: Die augenscheinliche Leistung des Schlossers H, die an und für sich schon höher ist als die des T (Tabelle 14, S. 125), ließe sich noch um ein Beträchtliches steigern. H merkt in der Gruppe seine Überlegenheit gegenüber T, pausiert deshalb während der Arbeitszeit zwischen den einzelnen Arbeitsoperationen viel häufiger als dieser, bzw. er mißt im Verhältnis zu T viel zu viel, um seine zahlreichen Pausen zu bemänteln. Da H aber trotzdem immer noch schneller arbeitet als T, entfernt er sich vom Arbeitsplatze und gestattet sich Verlustzeiten, die gegenüber denen des T als anormal hoch anzusprechen sind (siehe Tabelle 12, S. 123). Es lassen daher sämtliche vorstehend angeführten Belege folgende Schlüsse zu:

1. Der Schlosser H ist bei weitem leistungsfähiger als T.
2. Die gleiche Beteiligung von H und T am Akkordverdienst der ganzen Kolonne wirkt auf H derart, daß er seine höhere Leistungsfähigkeit, obwohl er sich ihrer bewußt ist, nicht zur vollen Geltung bringt, weil er keinen individuellen Anreiz hat.
3. Die Leistungsschwankungen von H lassen sich daraus erklären, daß er „bremst“, sobald er einen kleinen Arbeitsvorsprung vor T bemerkt, und zwar so lange, bis T ihm ungefähr wieder nachgekommen ist. Dieses Spiel tritt in dem Arbeitszeitschaubild von H auffällig hervor. Die hohe Verlustzeit von H dem T gegenüber läßt sich aus denselben Gründen herleiten.
4. T versucht durch größtes Niedrighalten seiner Verlustzeit den Vorsprung, den er bei H bemerkt, wett zu machen. Da es ihm nicht gelingt, ihn aufzuholen, hält H mit seiner Leistungsfähigkeit zurück, also:
5. T dämpft die Arbeitslust von H.
6. T muß, wie aus den Eignungsschaubildern beider Schlosser zu schließen ist (Abb. 42, S. 72), mit viel größeren physiologischen und psychologischen Vorbeanspruchungen seine Arbeit verrichten, zeigt vor allem zu eigener Leistungssteigerung guten Willen (niedrige Verlustzeit, kontinuierliches Arbeiten).
7. Die Schlosser H und T passen in keiner Weise zu derselben Arbeit, daher beim vorliegenden Falle auch nicht zusammen in eine Gruppe, dürfen mithin auf keinen Fall lohntechnisch nivelliert werden.

Eine planmäßig-wissenschaftliche Arbeitszuweisung hätte zunächst einmal die große Aufgabe, solche in der industriellen Praxis zu tausenden vorkommende, vom Standpunkt der Arbeitswissenschaft, der sozialen Gerechtigkeit und der Energiewirtschaft mit Menschenkraft unstatthafte Verkoppelungen von leistungsverschiedenen Individuen zu beseitigen. Damit kann weit über die Grenzen der privatwirtschaftlichen Interessen der Industriebetriebe hinaus eine im ganzen Wirtschaftsleben durchgeführte Arbeitszuweisung der gesamten Volkswirtschaft unersetzliche Werte erhalten oder zuführen. In der Privatwirtschaft soll sie die heute schon als dringend notwendig erkannten Bestrebungen nach Wirtschaftlichkeit der Energieerzeugung ergänzen, und zwar durch Sparsamkeit beim Energieverbrauch. Neben den reinen Wirtschaftlichkeitsinteressen, die ihr Lebensberechtigung geben, hat sie die kulturelle Aufgabe der Ethisierung der Industriearbeit. Sie erfüllt diese durch das Hineintragen des Interesses am Menschen in die Industriebetriebe und durch die Erweckung und Wachhaltung von Arbeitslust und Arbeitsliebe beim Arbeitenden. Sie muß die Arbeit gerecht zuteilen, bei strittigen Fragen der Arbeitsbewertung für eine objektive Schlichtung eintreten und schließlich Sachen und Menschen geschickt auszunutzen verstehen zur Erreichung ihres höchsten Zieles, der Hebung des körperlichen und geistigen Niveaus der Industriebetriebswerkstätten.

3. Durchführung der Zuweisung einer Schlosser-Gruppenarbeit.

Im ersten Teile dieses Kapitels ist zunächst die Notwendigkeit der Arbeitszuweisung begründet und ihr Aufgabenkreis gezeigt worden. Zur richtigen Ausführung einer Arbeitszuweisung gehört eine wichtige Vorbedingung, nämlich die Kenntnis, welcher Akkord für die zuzuweisende Arbeit ausgegeben ist. Der beste und richtigste Akkord ist ineffektiv, wenn seine Anwendung im Betriebe nicht richtig gehandhabt wird. Dieses Ziel der Arbeitszuweisung, eine richtige Akkordanwendung im Betriebe zu tätigen, wird die Lösung der Frage der richtigen Gruppenzusammensetzung einschließen, wenn es sich darum handelt, eine praktische Arbeitszuweisung auch bei den Handarbeiten zu treiben, die in Gruppen (Kolonnen) verrichtet werden.

Aufgabenkreis der Arbeitszuweisung bei Gruppenarbeit. Bei Gruppenarbeiten wird der Aufgabenkreis der Arbeitszuweisung erweitert. Es handelt sich darum, zunächst die für die zu leistende Arbeit notwendigen Fähigkeiten und Veranlagungen durch eine Auswahl von Leuten zu einem geschlossenen Komplex, der Gruppe, zusammenzuschmelzen. Sodann müssen die für eine Bearbeitung durch einen einzelnen Mann

geeigneten Teile der insgesamt zu leistenden Arbeit jedesmal dem Manne aus der Gruppe zugewiesen werden, der die beste Eignung für die Erledigung dieser Teilarbeiten besitzt. Dabei wird man manchmal im Interesse des ganzen Komplexes gewisse Kompromisse eingehen müssen, die durch äußere Bedingungen der Arbeitsausführung, wie etwa Arbeitsangriffsmöglichkeit oder Fabrikationsgeschwindigkeit usw., notwendig werden können.

Die Grundkenntnisse zur Durchführung der Arbeitszuweisung. Die eben beschriebene Tätigkeit auszuüben wird nur möglich sein, wenn man die Faktoren kennt, welche die Leistung einer Gruppe bestimmen. Diese Kenntnis muß man sich verschaffen:

1. durch das Studium der vorkommenden Arten der Gestaltungsarbeit,
2. durch das Studium der Anforderungen der Arbeit an die Arbeiter,
3. durch das Studium der äußeren Bedingungen, unter denen die Arbeitsausführung vorgenommen wird und
4. durch das Studium der verschiedenen Leistungsfähigkeiten der Arbeiter.

Erst wenn diese vier elementaren Grundkenntnisse über einen Betrieb gegeben sind, kann die geplante Arbeitszuweisung in die Tat umgesetzt werden.

Zusammenhang zwischen Gruppenakkord und Gruppenzusammensetzung. Zwischen Gruppenakkord und Gruppenzusammensetzung besteht ein wechselseitiger Zusammenhang. Der Gruppenakkord ist richtig, wenn ihm die unter Berücksichtigung der äußeren Arbeitsbedingungen zu leistende reine Arbeit, bezogen auf die Leistungsfähigkeit des Durchschnittsarbeiters, zugrunde gelegt ist. Die Gruppenzusammensetzung ist richtig, wenn die wissenschaftlich bestimmte Gruppenakkordzeit durch die Gruppe eingehalten, oder wenn ein Mehrverdienst erzielt werden kann. An dem wissenschaftlich bestimmten Gruppenakkord hat man daher einen Maßstab, ob die Gruppe richtig gearbeitet hat. Ziel der Arbeitszuweisung innerhalb der Gruppe ist, den Mehrverdienst für die ganze Gruppe, der aus der Akkordzeit herauszuholen ist, einem Maximum zuzuführen, damit der Anreiz des Akkordes erhalten oder in vorteilhafter Weise gesteigert wird. Die Faktoren, welche die Bestimmung von Akkord und Gruppenzusammensetzung beeinflussen, sind in der bei der Einleitung gegebenen und erläuterten Übersicht (Abb. 1, S. 3) zusammengestellt.

Entwicklung der Arbeitszuweisung für die Gruppenarbeit: Aufteilen von Lokomotivachsgabeln. Für dieselbe Arbeit, für die im IV. Kapitel dieser Abhandlung die Zeitermittlung durchgeführt worden ist, soll hier nun noch die Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung vorgenommen werden.

a) Die Formbildung. Die Formbildung ist bekannt: Verwandlung von unebenen Flächen in ebene Flächen (F, I, C, E, N und P , Abb. 9, S. 25), von Unrundungen in maßgerechte Hohlkehlen (Flächen H_1, H_2 und H_6) und von Ecken in Abrundungen $F(S_a$ und $S_i), I(T_a$ und $T_i), (CH_1$ und $EH_2)$ (Q_a und $Q_i), (N$ und $PH_6)$. (U_a und U_i).

b) Einblick in die Zerspanungsarbeit mit Hilfe der Spanmengenenermittlung. Die Spanmengenenermittlung ergab die Tatsache, daß durchschnittlich 1,1 mm von den Flächen heruntergefeilt wurde. Wir erkennen daraus, daß die Zerspanung durch das Nachfeilen viel zu umfangreich war und dies besonders dann sein mußte, wenn es sich um einfaches Abrichten der Flächen handelte. Die unnötig ausge dehnte Feilerei war in diesem Falle weniger durch einen unsorgfältigen Vorbearbeitungsgrad der Barrenrahmenplatten bedingt (siehe auch Abb. 54, S. 85); wenn hier zu viel gefeilt wurde, so lag das daran, daß eine besondere Arbeitseinstellung der ganzen Gruppe vorhanden war, derzufolge die Freude und der Ehrgeiz, die schönsten spiegelglatten und polierten Flächen zu liefern, Selbstzweck bei der Arbeitsausführung wurden. Die Flächen brauchen gar nicht tuschiert und poliert zu werden, da auf sie Maschinenteile zu liegen kommen, deren Arbeitsgenauigkeits- und Sauberkeitsgrad auch nicht größer ist als der, der sich beim normalen Fräsen nach Lehren erreichen läßt. Ja bei einer ganz sorgfältigen mechanischen Vorbearbeitung der Barrenrahmenplatten ließe sich das Nachfeilen vielleicht überhaupt erübrigen. Wir sehen, daß erst die Spanmengenenermittlung uns die Erkenntnis der unnötig großen Zerspanung verschaffte, ein Beweis dafür, daß bei Handarbeiten das Zeitstudium allein keine restlos befriedigenden Ergebnisse bringen kann, sondern daß neben dem Zeitstudium bei Handarbeiten die technologischen Untersuchungen von gleicher Wichtigkeit sind.

c) Zerspanungstiefe und Zeitermittlungsformel. Bei der als Beispiel im IV. Kapitel dieser Abhandlung durchgeführten Akkordbestimmung für die Flächen der Lokomotivachsgabel der P 10-Lokomotive wurden der Berechnung die durch die Spanermittlung festgestellten in der Werkstatt gewohnheitsmäßig gefeilten Zerspanungstiefen von 1,1 mm nicht zugrunde gelegt, da die mechanische Vorbearbeitung eine solche für Nacharbeiten ungewöhnlich große Zerspanungstiefe gar nicht nötig machte. Aus der Spanmengenenermittlung ließ sich errechnen, daß die Toleranz der mechanischen Vorbearbeitung der Barrenrahmenplatten 0,2 mm betrug; im Höchstfalle war es also nötig, diese Tiefe an den Flächen abzunehmen. Die Akkordermittlung ist auf 0,3 mm Spantiefe aufgebaut; also ist noch ein Sicherheitsfaktor vorhanden.

d) Folgerungen aus a bis c für die Gruppenzusammensetzung. Die Gruppe ist zunächst auf eine neue Arbeitsweise ein-

zuschulen, die sich auf das unbedingt Notwendige bei der Nacharbeit beschränkt; die Gruppenzusammensetzung muß infolgedessen Leute bevorzugen, die durch möglichst wenig Feilen eine unebene Fläche in eine ebene verwandeln können. Es kommt bei der Ausführung dieser Arbeit weniger auf das Vorhandensein beträchtlicher körperlicher Kraft und Ausdauer an, um ein möglichst großes Spanquantum recht leicht zerspannen zu können, als vor allem auf die bestimmte Arbeitsgeschicklichkeit, einen hohen Sauberkeitsgrad mit möglichst wenig Aufwand an Zeit und Kraft zu erreichen.

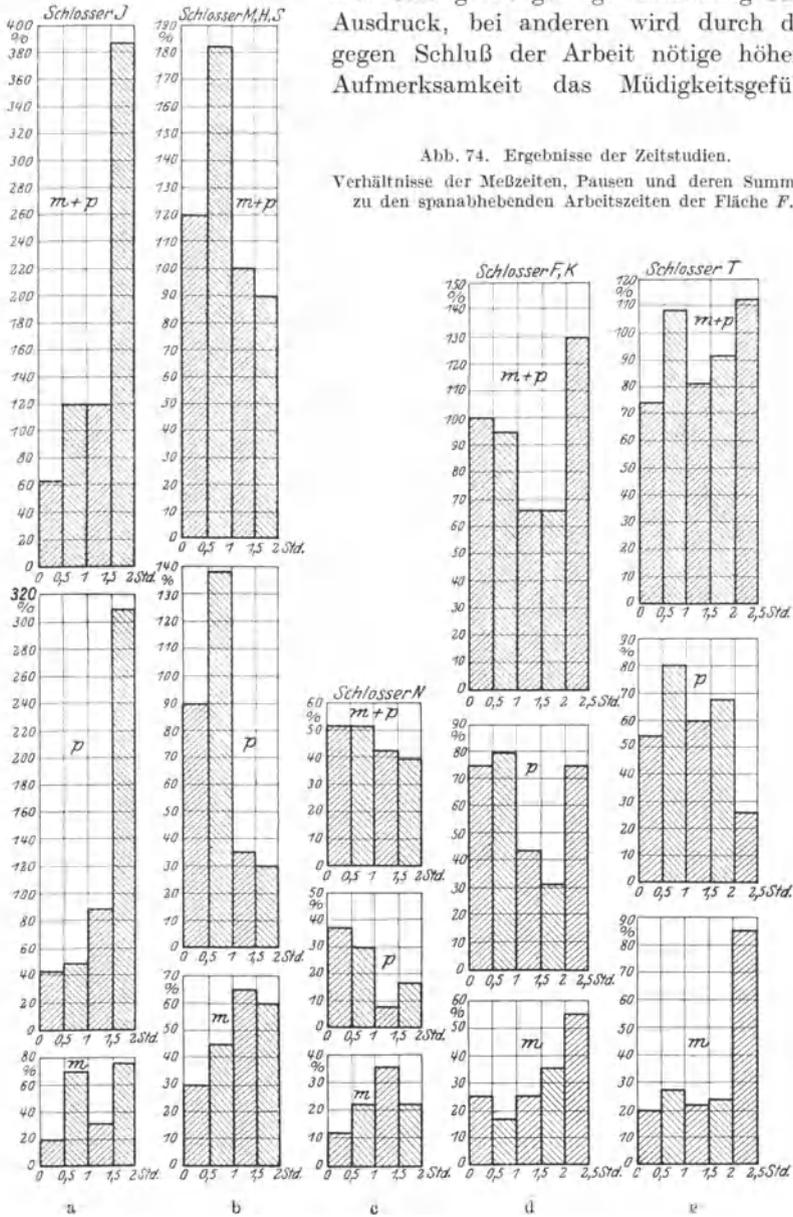
e) Einblick in die Meßmethoden der Schlosser. Die erwähnte Arbeitsgeschicklichkeit wird in Zusammenhang stehen mit der Art, wie sich die Meßvorgänge in die spanabhebende Bearbeitung einschließen. Hierin Einblick zu gewinnen, gestatten uns die Zeitstudien, wenn wir in der gleichen Weise, in der wir die spanabhebenden Arbeitszeiten und die Summen Messen + Pausieren zum Arbeitszeitschaubild über den Verlauf eines Tages gestaltet haben (siehe S. 48ff.), die Verhältnisse der Meßzeiten, Pausen und deren Summen in Prozenten der spanabhebenden Arbeitszeiten während des Verlaufes der gesamten Bearbeitung jeder Fläche zusammentragen. Für die Flächen F sind diese Schaubilder, wie sie sich durch die Arbeitsweisen der 8 Schlosser ergaben, in Abb. 74 wiedergegeben.

Allgemein lassen sich die Meßvorgänge in dieser Abbildung in 2 Gruppen teilen. Bei der einen steigen die Meßzeiten gegen Ende der Fertigungszeit, bei der anderen sinken sie. Auffallend sind die längeren Pausen des I (Abb. 74a) vor Schluß der Arbeit; bei der Eignungsprüfung ist jedoch festgestellt worden, daß I stark unter dem Einfluß geistiger Ermüdung steht. Darin mag der Grund für den großen Pausenbedarf des I gegen Ende der Bearbeitung liegen, denn das Messen ist in erster Linie eine geistige Tätigkeit.

Aus der gleichzeitigen Betrachtung der Resultate der Arbeitsproben (Abb. 37, S. 70) und der Darstellungen des Messens und Pausierens im Verhältnis zu den spanabhebenden Arbeitszeiten (Abb. 74a bis 74e) ergibt sich, daß diejenigen Schlosser, deren Kurven gegen Schluß der Arbeit eine steigende Tendenz zeigen, auch die größte Sauberkeit in kürzester Zeit erreichen. Aus der Gegenüberstellung der Arbeitsproben und der Abb. 74b und 74c folgt, daß die Schlosser bei diesen Arbeitsmethoden zu einem höheren Sauberkeitsgrad nur durch einen größeren Zeitaufwand gelangen. F und K, die den größten Sauberkeitsgrad bei geringstem Zeitverbrauch aufweisen, haben auch eine gemeinsame Arbeitsmethode (Abb. 74d). Sie messen sofort bei Beginn der Arbeit ausführlich, merken sich wahrscheinlich mehrere Stellen, an denen Material wegzunehmen ist, auf einmal, feilen dann planmäßig an allen Unebenheiten der ganzen Fläche gleichzeitig und beenden ihre Arbeit

mit einem stetigen langsamen Anstieg der Meßzeiten. Allgemein läßt sich noch sagen, daß die Tendenzen für Messen und Pausieren besonders gegen Ende der Arbeitszeit Bedeutung gewinnen. Bei einigen kommt hier eine große geistige Ermüdung zum Ausdruck, bei anderen wird durch die gegen Schluß der Arbeit nötige höhere Aufmerksamkeit das Müdigkeitsgefühl

Abb. 74. Ergebnisse der Zeitstudien.
Verhältnisse der Meßzeiten, Pausen und deren Summen zu den spanabhebenden Arbeitszeiten der Fläche F.



verdrängt. Diese Erkenntnisse müssen bei der Gruppenzusammensetzung berücksichtigt werden.

f) Die Arbeitsgenauigkeitsgrade. Die beim Ausfeilen der Achsgabeln verlangten Arbeitsgenauigkeitsgrade waren: einfaches Abrichten gerader Flächen bei Fläche F , einfaches Abrichten gekrümmter Flächen bei den Flächen H_1 , H_2 , H_6 , Einpassen nach Schablone bei den Flächen C , E , P , N und Feilen auf Stichmaß bei der Fläche I . In der Akkordbestimmung sind diese Arbeitsschwierigkeitsgrade durch den Faktor s berücksichtigt worden (siehe S. 117).

g) Die Arbeitsvorgänge. Die Arbeitsvorgänge sind: Meißeln, Feilen, Schaben, Messen und Pausieren. Es mag befremdlich erscheinen, wenn die Pausen zum Arbeitsvorgang gerechnet werden; jedoch ist bei Handarbeiten ihre Zahl, Länge und Verteilung von großer Wichtigkeit und von wesentlichem Einfluß auf die Leistung, die durch die reinen Zerspanungsarbeitsvorgänge erzielt werden soll. Zwischen diesen und den Pausen bestehen enge Beziehungen hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen auf den körperlichen Energievorrat des arbeitenden Menschen. Bei Handarbeiten sind häufige Pausen unbedingte Notwendigkeiten, da der Körper ganz anders in Mitleidenschaft gezogen wird als bei Maschinenarbeiten. Der Akkord für diese wird bekanntlich auf der Maschinenleistungsfähigkeit aufgebaut, und die „persönlichen Bedürfnisse“ werden dabei gewöhnlich durch einen Zeitzuschlag berücksichtigt, der auf die errechnete „reine“ Arbeitszeit gegeben wird. Bei Handarbeiten ist diese Art der Berücksichtigung der „persönlichen Bedürfnisse“ — als solche kann das Pausieren aufgefaßt werden — nicht zugänglich; denn hierbei ist die Einschaltung der Arbeitspausen von ganz anderen Notwendigkeiten diktiert als bei den Maschinenarbeiten. Der Maschinenleistungsfähigkeit würde bei den Handarbeiten die Menschenleistungsfähigkeit entsprechen. Diese braucht aber von Zeit zu Zeit Erholungspausen, um auf ihrer Höhe zu bleiben. Schwer-, Mittel- und Leichtarbeit bedürfen bei den Handarbeiten gesonderter Beachtung und Klassifizierung hinsichtlich der Erholung und Auffrischung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Die Pausen sind aus den gesamten Arbeitsanforderungen heraus mit den formbildenden Arbeitsvorgängen fest verkettet; für jede Handarbeit ist der Pausenbedarf verschieden, steht jedoch zu der Gesamtarbeit in gesetzmäßiger Beziehung. Daher empfiehlt es sich, bei Handarbeiten die Pausen als Arbeitsvorgänge aufzufassen und ihren Zusammenhang mit der Charakteristik jeder gerade vorliegenden Arbeit hinsichtlich ihrer Erholungsansprüche besonders zu betonen.

h) Arbeitsanforderungen. Als besondere Anforderung, die bei der Arbeitserledigung: Ausfeilen von Lokomotivbarrenrahmen-Achsgabeln die Ausführenden beansprucht, ist die teilweise recht schwierige

Arbeitshaltung zu berücksichtigen. Von oben und in Ellbogenhöhe feilen kommt im vorliegenden Falle überhaupt nicht in Betracht. Die Flächen C , E , P , N , H_1 , H_2 und H_6 sind in der Hauptsache nur einem seitlichen Feilen in Schulterhöhe (siehe Abb. 30, 35, S. 60), die Flächen F und I nur einem seitlichen Feilen in Hüfthöhe zugänglich. Die Berücksichtigung dieser Anforderungen ist bei der Akkordbestimmung durch die Arbeitshaltungskoeffizienten h erfolgt (S. 117).

i) Äußere Bedingungen der Arbeitsausführung. Von äußeren Bedingungen, durch welche die Gruppenzusammensetzung bestimmt wird, sind die Arbeitsangriffsmöglichkeiten und die Fabrikationsgeschwindigkeit besonders einflußreich. Im vorliegenden Falle können an einem Lokomotivrahmen 8 Schlosser gleichzeitig arbeiten, da 8 Achsgabeln vorhanden sind. Die Fabrikationsgeschwindigkeit war zur Zeit der Untersuchung 2 Stück Lokomotiven dieser Type (P 10) pro Woche, weshalb die Gruppenzusammensetzung auch unter Berücksichtigung dieser Fabrikationsgeschwindigkeit durchgeführt werden soll.

k) Die Leistungsgrade der Schlosser. Die Unterschiede der Leistungsfähigkeit der für die Gruppenzusammensetzung zur Verfügung stehenden Schlosser zeigen sich, wenn man in einem Koordinatensystem, auf dessen Abszisse die Spanmengen und auf dessen Ordinate die von den verschiedenen Schlossern gebrauchten Bearbeitungszeiten aufgetragen sind, die Linien mittlerer Streuungspunkte konstruiert (siehe Abb. 71, S. 113). Die über dieser Kurve liegenden Schlosser sind diejenigen mit geringeren, die unter ihr liegenden die mit höheren Leistungsgraden. Man kann aus dem Diagramm direkt das Prozentverhältnis ermitteln, in dem die Bearbeitungszeit, die ein Schlosser zur Zerspannung einer bestimmten Materialmenge gebraucht hat, zu der mittleren Arbeitszeit für die betreffende Spanmenge steht. Der Mehrverbrauch, also die ungünstigere Zeit, gemessen an der durchschnittlichen, drückt sich in einem $+$, die Ersparnis durch schnelleres Arbeiten in einem $-$ Wert aus.

In Abb. 68 (S. 110) ist für die Fläche F eine graphische Darstellung der Verhältnisse Messen, Pausieren und Messen + Pausieren zur spanabhebenden Arbeit gegeben, wobei als Abszisse die erwähnten prozentualen Abweichungen von der durchschnittlichen Arbeitszeit gewählt wurden. Aus dieser Darstellung kann man also die Prozenhöhen direkt ablesen, um welche die einzelnen Schlosser über oder unter dem durchschnittlichen Leistungsgrade liegen. Liest man die Namen der Schlosser unter der Abszisse in Abb. 68 (S. 110) von links nach rechts, so ergibt das die Rangreihe vom best- zum wenigst- für die Bearbeitung der Fläche F geeigneten Manne. Als Ordinaten sind in Abb. 68 die Werte Messen + Pausieren und Messen und Pausieren in Prozenten der Zeiten für spanabhebende Arbeiten aufgetragen. Diese Werte sind für uns —

Tabelle 16. Leistungswerte der 8 Schlosser.

Fig- chen	Schlosser	F	H	I	K	M	N	S	T
F	Ges.-Arbeitszeit in % d. Durch- schnittszeit	+ 26,5	- 18,5	- 7	- 34,5	- 14,5	- 19,5	+ 6	+ 13,5
	Rangreihe:	VIII	III	V	I	IV	II	VI	VII
	Messen + Pau- sieren in % der spanabhebend. Arbeitszeit	58,5	144,3	103	47,6	99	41,4	125	100
	Rangreihe:	III	VIII	VI	II	IV	I	VII	V
	Messen in % d. spanabheben- den Arbeitszeit	28,6	28,7	26,7	14,2	46,3	22,3	22,5	41
	Rangreihe:	V	VI	IV	I	VIII	II	III	VII
I	Pausieren in % der spanabhe- benden Ar- beitszeit	29,9	115,6	76,3	33,4	52,7	19,1	102,5	59
	Rangreihe:	II	VIII	VI	III	IV	I	VII	V
	Ges.-Arbeitszeit in % d. Durch- schnittszeit	+ 55,6	+ 13,3	+ 26,7	- 39,2	+ 17,7	+ 19	- 62,9	+ 11
	Rangreihe:	VIII	IV	VII	II	V	VI	I	III
	Messen + Pau- sieren in % der spanabheb. Ar- beitszeit	61,4	85,6	93,1	72,5	82,72	56,5	75,5	144,8
	Rangreihe:	II	VI	VII	III	V	I	IV	VIII
C	Messen in % d. spanabhebend. Arbeitszeit	31,9	27,3	40,5	25,2	22,65	24,8	15,5	51,3
	Rangreihe:	VI	V	VII	IV	II	III	I	VIII
	Pausieren in % der spanabhe- bend. Arbeits- zeit	29,5	58,3	52,6	47,3	60,07	31,7	60,0	93,5
	Rangreihe:	I	V	IV	III	VII	II	VI	VIII
	Ges.-Arbeitszeit in % d. Durch- schnittszeit	+ 23,75	+ 25	± 0	- 53,875	+ 10,55	+ 41,05	- 21,3	- 4,25
	Rangreihe:	VI	VII	IV	I	V	VIII	II	III
E	Messen + Pau- sieren in % der spanabheb. Ar- beitszeit	92,325	111,3	109,3	95,475	52,725	72,95	67,3	120,3
	Rangreihe:	IV	VII	VI	V	I	III	II	VIII
	Messen in % d. spanabheben- den Arbeitszeit	53,0	33,45	60,725	49,325	20,95	37,925	23,325	42,85
	Rangreihe:	VII	III	VIII	VI	I	IV	II	V
	Pausieren in % der spanabhe- benden Ar- beitszeit	39,325	77,85	48,575	46,15	31,775	35,025	43,975	77,45
	Rangreihe:	III	VIII	VI	V	I	II	IV	VII

Tabelle 16 (Fortsetzung).

Flächen	Schlosser	F	H	I	K	M	N	S	T
H_1	Ges.-Arbeitszeit in % d. Durchschnittszeit	8,2	37,4	23,7	55,24	31,5	23,6	48,9	21,9
	Rangreihe:	V	III	VIII	I	IV	VII	II	VI
H_2	Messen + Pausieren in % der spanabheb. Arbeitszeit	51,9	53,3	59,6	51,6	33,48	59,43	39,0	77,03
	Rangreihe:	IV	V	VII	III	I	VI	II	VIII
H_6	Messen in % d. spanabhebenden Arbeitszeit	32,9	13,6	39,5	27,6	15,26	22,13	9,13	44,53
	Rangreihe:	VI	II	VII	V	III	IV	I	VIII
H_8	Pausieren in % der spanabhebenden Arbeitszeit	19	39,7	20,1	23,9	18,22	37,3	29,87	32,5
	Rangreihe:	II	VIII	III	IV	I	VII	V	VI

nach den Ausführungen der S. 133ff. — zur Beurteilung der Arbeitsgeschicklichkeit von Bedeutung. Die Darstellung Abb. 68 (S. 110) war — wie erinnerlich — zur Klärung der Frage notwendig, ob es möglich sei, als Grundlage für den Aufbau der Zeitermittlungsformel eine objektiv günstigste Zusammensetzung der Arbeitsanteile: Spanabnahme, Meßvorgänge und Pausen zu finden. Die Feststellungen, die wir im Interesse der Gruppenzusammensetzung machen müssen — Rangreihen der Schlosser für die Werte Messen + Pausieren und Messen und Pausieren in Prozent der spanabhebenden Arbeitszeit — bedürfen keiner graphischen Grundlagen. Die tabellarische Zusammenstellung, Tabelle 16, gibt uns für die 8 Schlosser und die verschiedenen Flächen (diejenigen mit gleichen Anforderungen an die Arbeitsausführung sind zusammengefaßt) die Unterlagen, die wir benötigen.

Ermittlung der Eignung der Schlosser für die Bearbeitung der verschiedenen Flächen. Bilden wir für jede Fläche aus den 4 Rangreihenwerten jedes Schlossers einen Mittelrangwert, und nehmen wir die Ergebnisse der Arbeitsprobe Abb. 37 (S. 70) zu diesen Mittelrangwerten dazu, so erhalten wir folgende Namensreihen, die von links nach rechts gelesen fallend die Eignung der Schlosser für die Bearbeitung der verschiedenen Flächen angeben:

Flächen	Schlosser
F	K, N, F, I, M, T, S, H;
I	K, S, F, N, M, H, I, T;
C, E, N, P . . .	M, S, K, F, N, T, I, H;
H_1, H_2, H_6 . .	S, K, M, F, H, I, T, N.

Aus diesen 4 Reihen läßt sich in unserem Falle folgende „mittlere Eignungsreihe“ für das Ausfeilen einer Lokomotivachsgabel entwickeln:

K, S, M, F, N, I, H, T.

Diese Rangreihe ist also aufgebaut auf einer Beurteilung der Leistungen, für die folgende Gesichtspunkte maßgebend waren:

1. Die absolut kürzeste Arbeitszeit für die Zerspannung einer bestimmten Materialmenge,
2. das vorteilhafteste Verhältnis Messen + Pausieren zur spanabhebenden Arbeitszeit,
3. der geringste Meßzeitenverbrauch in Prozenten der spanabhebenden Arbeitszeit,
4. der kleinste Pausenbedarf in Prozenten der spanabhebenden Arbeitszeit und
5. die größte Sauberkeit der Arbeitsausführung.

Vorgehen der planmäßig-wissenschaftlichen Arbeitszuweisung bei der Eignungsbestimmung. Die planmäßig-wissenschaftliche Arbeitszuweisung würde den eben gewiesenen Weg der Eignungsbestimmung verschiedener Individuen für die Ausführung einer Arbeit voraussichtlich nicht einschlagen. Sie würde vielmehr die auszuführende Arbeit analysieren und sich aus den Eignungsschaubildern der Schlosser (Abb. 42, S. 72) diejenigen zur Arbeitserledigung aussuchen, welche die durch die Analyse bestimmten erforderlichen Eigenschaften in genügendem Maße besitzen. Eine rein psychotechnisch-wissenschaftliche Arbeitsanalyse für das Ausfeilen von Lokomotivachsgabeln war im Rahmen unserer Werkstattuntersuchungen nicht möglich; infolgedessen konnte die hier durchgeführte Eignungsbestimmung nur durch den Umweg über die Zeitstudien erfolgen.

Bestimmung der Gruppenstärke. Die Grundzeit des Akkordes für das Ausfeilen einer Lokomotivachsgabel der P 10-Lokomotive beträgt 920 Min. (siehe S. 117). Bei der von uns gewählten Fabrikationsgeschwindigkeit (2 Lokomotiven pro Woche) müssen demnach $920 \cdot 16 = 14720$ Arbeitsminuten pro Woche bewältigt werden. Bei neunstündiger täglicher Arbeitszeit würde ein Mann 514 Min. täglich und 3240 Min. wöchentlich leisten. Die Stärke der Gruppe ist demnach $\frac{14720}{3240} = 4,55$ Mann, und es soll zunächst untersucht werden, ob die Arbeit von 4 Mann bewältigt werden kann.

Nach unserer „mittleren Eignungsreihe“ (siehe oben) kommen für die Arbeitserledigung nur die Schlosser K, S, M und F in Frage. Als Kolonnenführer wählen wir aus diesen 4 Mann den mit höchster allgemeiner Intelligenz und größtem technischem Verständnis aus, da uns von den in vorliegendem Falle psychotechnisch geprüften Eigenschaften (Abb. 42,

S. 72) nur diese beiden zur Verfügung stehen, um auf die Eignung zum Gruppenführer schließen zu können. Von den 4 Gruppenmitgliedern würde nach den Eignungsschaubildern voraussichtlich der Schlosser S am besten die Gruppenführertätigkeit ausüben. Damit wäre der erste Teil der Aufgabe, die Gruppe zusammenzusetzen, gelöst, da ihre Stärke bestimmt ist und die Gruppenmitglieder gewählt sind.

Zuweisung der Gruppenteilarbeiten. Nunmehr handelt es sich um die richtige Zuweisung der Gruppenteilarbeiten an die einzelnen Gruppenmitglieder. Aus den Eignungsrangreihen der Schlosser im Hinblick auf ihre Tauglichkeit zur Bearbeitung der verschiedenen Flächen mit deren verschiedenen Anforderungen an die Arbeitsausführung (S. 137) ergibt sich folgendes:

		Rangwerte: I II III		
Für die Bearbeitung der Flächen F		sind geeignet die Schlosser		
dgl.	I	K	S	F
dgl.	$C E N P$	M	S	K
dgl.	H_1, H_2, H_6	S	K	M

Da der Schlosser K den Rangwert I bei der Bearbeitung der Flächen F und I (siehe Abb. 9, S. 25) besitzt, werden wir ihn vornehmlich an diesen Flächen arbeiten lassen. Die Arbeitsausführung der Stellen CH_1 , EH_2 , PH_6 (siehe Abb. 9, S. 25) würde voraussichtlich leiden, wenn man etwa den Mann M nur die ebenen Flächen und den Mann S nur die Hohlkehlen ausführen ließe. Es soll daher immer die ebene Fläche und die sich daran anschließende Hohlkehle von einem und demselben Manne bearbeitet werden. Da der Schlosser K für die Bearbeitung der Flächen F bzw. I vorbehalten bleiben soll, so können die Flächen CH_1 , EH_2 , PH_6 und N nur von den Schlossern M und S in Angriff genommen werden. Der Schlosser F bleibt dann zur Aushilfe an den Flächen F und I .

Zerspannungspensum des Schlossers M. Die Organisierung der Gruppenarbeitsausführung erfordert die Festsetzung eines Zerspannungspensums für jeden Schlosser. Bei 2 Lokomotiven = 16 Achsgabeln Wochenlieferung sind zu bearbeiten 16 Flächen F , 16 Flächen I , 64 Flächen C, E, N, P und 48 Flächen H_1, H_2, H_6 . Der Schlosser M braucht für das Nachfeilen der Flächen C, E, N, P 10,55% Zeit mehr, für das der Hohlkehlen H_1, H_2, H_6 31,5% Zeit weniger als der Durchschnittsarbeiter, auf den sich der Akkord von 920 Min. für das Ausfeilen einer P 10-Lokomotivachsgabel bezieht (siehe Tabelle 16, S. 137). M wird also eine der Flächen C, E oder P in 76,55 Min., die Fläche N in 93 und eine der Hohlkehlen in 35 Min. fertigen. Für die Flächen $C, E, N, P, H_1, H_2, H_6$ einer Achsgabel wird M mithin ~ 428 Min. verbrauchen; in 3240 Min. (Wochenarbeitszeit) wird er imstande sein, an 7,55 Achsgabeln die genannten Flächen auszufeilen. Sein Zerspannungspensum wird daher folgendermaßen festgesetzt:

Sp _M : 30 Flächen <i>C, E, N, P</i>	2 378 Min.
23 „ <i>H₁, H₂, H₆</i>	805 „
	3 183 Min.

Die von dieser Summe zur voll ausgenützten Wochenarbeitszeit (3240 Min.) fehlenden 57 Min. sollen M als Ausgleichszeit zugebilligt werden.

Zerspannungspensum des Schlossers S. Für den Schlosser S bleiben noch 34 Flächen *C, E, N, P* und 25 Hohlkehlen übrig. Nach der Tabelle, 16 (S. 137) wird S voraussichtlich zur Bearbeitung von *C, E, N, P* 21 3% und zu der von *H₁, H₂, H₆* 48,9% Zeit weniger brauchen, als im Akkord vorgesehen ist, d. h. 57,5 Min. für eine Fläche *C, E, N* oder *P* und 26 Min. für eine Hohlkehle. Damit würden erst 1955 + 650 = 2605 Min. der Wochenarbeitszeit des S ausgenutzt sein. Nach der Eignungsrangreihe (S. 140) kämen für ihn dann nur noch die Flächen *I* als Arbeitsangriffsmöglichkeiten in Frage. Eine von diesen würde er voraussichtlich in 128 Min. fertigstellen. Diktiert man ihm 3 dieser Flächen zur Bearbeitung zu, so wird sein Zerspannungspensum.

Sp _S : 34 Flächen <i>C, E, N, P</i>	1 955 Min.
25 „ <i>H₁, H₂, H₆</i>	650 „
3 „ <i>I</i>	384 „
	2 989 Min.

Er hat somit pro Woche 251 Min., d. h. täglich 40 Min. Zeit für die Erledigung von Arbeiten, die infolge seiner Stellung als Gruppenführer notwendig sind (Kontrollieren der Gruppenkameraden, dienstliche Besprechungen mit anderen Kolonnenführern, Verhandlungen mit Meistern usw.).

Zerspannungspensum des Schlossers K. Der Schlosser K findet noch 13 unfertige Flächen *I* vor, nach der Tabelle 16 (S. 137) und dem Akkorde (S. 117) würde er in etwa 210 Min. eine solche Fläche bearbeiten. Die nunmehr noch als Arbeitsrest bestehenden Flächen *F* würden bei einer Bearbeitung durch K eine Herstellungszeit von etwa 86 Min. je Fläche erfordern. Das Zerspannungspensum für K wird daher folgendermaßen festgelegt:

Sp _K : 13 Flächen <i>I</i>	2 730 Min.
6 „ <i>F</i>	510 „
	3 240 Min.

Betrachtung der bisherigen Gruppenzusammensetzung. Die Schlosser M, S und K schaffen nach dieser neuen Arbeitsorganisation ohne Erhöhung ihrer Leistung das gleiche Quantum, welches früher die achtköpfige Gruppe in der Woche leistete, abzüglich 10 Flächen *F*. Eine Erhöhung der Leistungen der Schlosser erfolgte bei der neuen Arbeitsweise bisher nicht, da bei der Bestimmung jedes Zerspannungspensums vom wissenschaftlich bestimmten Akkord und von den Zeitstudien-

ergebnissen ausgegangen wurde, wobei die letzteren die Abweichungen jedes Individuums vom abstrakt gebildeten Durchschnittsarbeiter zu ermitteln gestatteten. Müßte wegen des Arbeitsrestes von 10 Flächen *F* die Gruppe noch um einen weiteren Schlosser verstärkt werden, so würde dessen Leistungsfähigkeit nicht ausgenutzt werden können. Nach den Eignungsrangreihen (S. 140) käme nur der Schlosser *F* in Frage. Dieser würde zur Bearbeitung der Fläche *F* 165,5 Min., also zu 10 Flächen 1 655 Min. brauchen und infolgedessen während 1 585 Min. seiner Wochenarbeitszeit nicht ausgenutzt werden. Die Gruppe soll daher nicht verstärkt sondern zu der Leistungssteigerung angereizt werden, außer dem Normalzerspannungspensum in der Woche auch noch die 10 Flächen *F* zu fertigen. Die zu dieser höheren Leistung notwendige Steigerung der Normalleistung soll am Akkord ermittelt werden. 16 Achsgabeln erfordern darnach 14 720 Arbeitsminuten; die Arbeitszeit für 10 Flächen *F* (1 310 Min.) davon abgezogen ergibt 13 410 Min. Bestünde die Gruppe aus lauter Durchschnittsarbeitern, so müßten diese ihr Arbeitsquantum, das sie in 14 720 Min. erledigen sollen, in 13 410 Min. bewältigen, d. h. ihre Leistung um $\sim 10\%$ erhöhen. Es wird zugegeben werden müssen, daß in dieser Forderung kein unmenschliches Verlangen liegt.

Erfolg der durchgeführten Gruppenzusammensetzung bzw. Arbeitszuweisung. Die Leistungssteigerung der Gruppenmitglieder soll natürlich eine Anerkennung in klingender Münze erfahren. Man wird bei der Festsetzung der Höhe einer solchen Prämie am besten von der Größe der Ersparnis ausgehen, die durch die verbesserte Arbeitsweise der ganzen Gruppe und durch die erwünschte Leistungssteigerung jedes einzelnen Gruppenmitgliedes erzielt wird. Die Werkstattuntersuchung ergab, daß bei dem bisherigen Arbeitsverfahren die Grundzeit für die Fertigung einer Achsgabel durchschnittlich 28,31 Stunden betrug (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17.

Arbeitszeiten für das Ausfeilen von Lokomotivbarrenrahmenplatten-Achsgabeln auf Grund von Leistungsaufnahmen an 8 Schlossern.

Zeiten in Stunden.

F	H	I	K	M	N	S	T
Achsgabeln ausgefräst:							
25,88	25,60	29,45	27,65	27,58	26,08	26,07	30,17
25,57	28,17	29,33	30,17	29,65	27,85	31,48	28,22
29,50	29,60	28,60	27,48	28,92	26,83	28,08	27,60
27,38	29,28	30,60	29,32	29,00	28,33	30,53	29,17
Mittelwerte der einzelnen Schlosser:							
26,56	28,16	29,49	28,40	28,79	27,27	29,04	28,79
Mittelwert aller Schlosser: 28,31							

Auf Grund dieses Zeitstudienresultates wären für die Fertigung von 16 Achsgabeln pro Woche $16 \cdot 28,31 \cdot 60 = 27180$ Min. als Grundzeit für die Akkordvorgabe erforderlich. Bei der verbesserten Arbeitsweise der gesamten Gruppe und bei erhöhter Leistung der einzelnen Gruppenmitglieder wird die Grundzeit: 3 (Zahl der Gruppenmitglieder) \cdot 3240 (wöchentliche Arbeitszeit pro Gruppenmitglied) = 9720 Min.; die gesamte Ersparnis der neuen gegenüber der ursprünglichen Grundzeit beträgt somit 17460 Min., d. h. $\sim 64\%$. In Wirklichkeit ist die Ersparnis in Prozenten der Grundzeit der früheren Fertigung gemessen noch größer, da der frühere Akkord nicht in der Vorgabe der Grundzeit von 28,31 Stunden bestand, sondern in dieser + einem Zuschlag für Überverdienst. Der frühere Akkord hatte die Höhe von 34 Stunden für das Ausfeilen einer P 10-Lokomotivachsgabel. Es fragt sich nun, ob die im IV. Kapitel dieser Abhandlung ermittelte Grundzeit von 920 Min. für das Ausfeilen einer P 10-Lokomotivachsgabel bei Voraussetzung einer Verwirklichung der in diesem Kapitel durchgeführten Gruppenzusammensetzung und Arbeitszuweisung als Akkord ohne einen Zuschlag für Überverdienst vorgegeben werden kann. Der Akkordvorgabe von 920 Min. pro Achsgabel = 14720 Min. für die Wochenlieferung (16 Achsgabeln) würde eine Fertigungszeit von 9720 Min. (siehe oben) gegenüber stehen, d. h. der Verdienst der Gruppe würde 51% betragen. Wenn sich also die vorgeschlagene Gruppenzusammensetzung und Arbeitszuweisung verwirklichen läßt, so kann die Grundzeit von 920 Min. als Akkord ohne Zuschlag für Überverdienst vorgegeben werden, da der Verdienst der Gruppe ausreichend ist. Die wirkliche Ersparnis würde dann $34 \cdot 16 \cdot 60 - 9720 = 22920$ Min. betragen, das sind in Prozenten der Grundzeit der früheren Fertigungsweise von 28,31 Stunden gemessen 84%. Der Überverdienst der Gruppe bei der früheren Fertigung betrug 34 Stunden (Akkordvorgabe) gegenüber 28,31 Stunden (Fertigungszeit nach Zeitstudien) = 20%. Die Akkordverdienststatistik wies als Durchschnitt über einen Zeitraum von 5 Wochen den gleichen Prozentsatz auf. Die Gruppenmitglieder verdienen nach der neuen Arbeitsmethode das 2,55fache des früheren Überverdienstes, während sie ihre Leistung nur um das 1,1fache zu steigern brauchen. Von einer besonderen Prämierung der Wochenleistung von 16 P 10-Lokomotivachsgabeln durch die Schlosser S, M und K kann daher Abstand genommen werden.

Individuelle Aufteilung des Gruppenverdienstes unter die Gruppenmitglieder gemäß der verschiedenen Leistungsanteile. Die Akkordverrechnung darf die Schlosser nicht dadurch nivellieren, daß alle einfach mit dem gleichen Anteilsatz an dem Gesamtverdienst der Gruppe beteiligt werden. Jedes einzelne Gruppenmitglied muß gemäß seiner Leistung am Verdienstsatz der Gruppe beteiligt werden. Für den vorliegenden Fall ist die Lohnberechnung für jedes Gruppenmitglied

äußerst einfach; es muß nur für jeden Schlosser registriert werden, welche und wieviele Flächen er während einer Woche bearbeitet hat. Es sind ihm dann von den Akkordteilbeträgen für die einzelnen Flächen nur so viele anzurechnen, wie er gefertigt hat; diese Zahl ist mit dem Stunden-Grundlohnsatz zu multiplizieren, um den Lohnbetrag je Gruppenmitglied für die Woche zu erhalten. Nehmen wir an, daß in unserem Falle einmal in einer Woche fertigten:

M:	23	Flächen	<i>C, E, P,</i>
	7	„	<i>N,</i>
	23	„	<i>H₁, H₂, H₃,</i>
	3	„	<i>F;</i>
S:	25	Flächen	<i>C, E, P,</i>
	9	„	<i>N,</i>
	25	„	<i>H₁, H₂, H₃,</i>
	3	„	<i>I,</i>
	4	„	<i>F;</i>
K:	13	Flächen	<i>I,</i>
	9	„	<i>F.</i>

Bei einem Stundenlohn von 0,50 M. würde der Minutenlohn 0,00833 M. betragen. Demnach bekommen für die angeführte Wochenleistung die Schlosser K, M und S folgende Lohnbeträge:

M:	23 · 69 · 0,00833	= 13,22 M.
	7 · 84 · 0,00833	= 4,91 M.
	23 · 51 · 0,00833	= 9,76 M.
	3 · 131 · 0,00833	= 3,27 M.
Summe:		<u>31,16 M.</u>
S:	25 · 69 · 0,00833	= 14,38 M.
	9 · 84 · 0,00833	= 6,29 M.
	25 · 51 · 0,00833	= 10,62 M.
	3 · 345 · 0,00833	= 8,62 M.
	4 · 131 · 0,00833	= 4,36 M.
Summe:		<u>44,27 M.</u>
K:	13 · 345 · 0,00833	= 37,40 M.
	9 · 131 · 0,00833	= 9,82 M.
Summe:		<u>47,22 M.</u>

Insgesamt wären also an die 3 Schlosser in dieser Woche 122,65 M. zu zahlen. Diese Summe läßt sich aus folgender Rechnung kontrollieren: Die Schlosser sollten 51% über ihren Wochenlohn verdienen, wenn sie 16 Achsgabeln in der Woche liefern. Infolgedessen muß sein:

3 (Zahl der Schlosser) × 54 (wöchentliche Arbeitszeit pro Schlosser in Stunden) × 0,50 (Stundengrundlohnsatz) × 1,51 (Verdienstsatz) = 122,50 M. Die Überverdienste der einzelnen Schlosser lassen sich aus den Verhältnissen der Wochenlohnbeträge zum Wochenstundenverdienst ohne Überverdienst berechnen. Der letztere beträgt pro Mann

27 M. Demnach verdienten M: 16%, S: 64% und K: 74% über dem Stundenrundlohnsatz.

Schlußbetrachtung. Zum Schluß sei noch gestattet, einen kleinen wirtschaftlichen Überblick über das Ergebnis der Untersuchung anzustellen. Der Arbeitgeber spart auf Grund des neuen Akkordes und der richtigen Gruppenzusammensetzung und Arbeitszuweisung pro Achsgabel $34 - \frac{920}{60} = 18,7$ Stunden, das sind bei einem Stundenlohn von 0,50 M. = 9,35 M. Die gesamte Untersuchung, die zur Durchführung der Akkordbestimmung im IV. Kapitel und der Arbeitszuweisung im V. Kapitel dieser Abhandlung benötigt wurde, kostete folgende Zeit:

1. Zeitstudien (siehe S. 53)	310 Std.
2. Leistungsstudien (siehe Tabellen 12 u. 17).	680 „
3. Spanmengenmessungen	330 „
4. Feilversuche	500 „
5. Psychotechnische Untersuchung	300 „
6. Gesamte Auswertung	4000 „

Summe: 6120 Std.

Der durchschnittliche Stundensatz für die an der Untersuchung beteiligten Kräfte (2 Diplom-Ingenieure, 2 Meister, 4 Praktikanten) betrug 0,55 M. Die Untersuchung kostete mithin 3380 M., abgesehen von den Materialkosten für die kleinen Hilfseinrichtungen wie Feilapparat, Meßscheibenschablonen usw. Um die Deckung dieser Kosten aus der ermittelten Ersparnis zu erreichen, müßten 360 Achsgabeln, d. h. 45 Lokomotiven gefertigt werden. Von der 46. Lokomotive an sind die 9,35 M. Ersparnis pro Achsgabel Reingewinn des Unternehmers.

Schlußbemerkung.

Es mag erstaunlich erscheinen, daß sich über ein Gebiet wie das vorliegende so viel hat sagen lassen. Zumal der praktische Zeitermittler, der vielleicht schon jahraus und jahrein seinen Beruf ausgeübt hat, ohne sich mit Fragen zu beschäftigen, die heute Gegenstand der Arbeitswissenschaft sind, wird verwundert den Kopf schütteln. Er wird meinen, daß der Aufwand einer solchen Untersuchung in keinem Verhältnis zum Ergebnis steht. Er wird geneigt sein, vieles des hier Gesagten als unnütze Theorie abtun zu wollen. Dabei vergißt er aber die eigene ständige Mühe und den mitunter aufreibenden Kampf. Denn Ärger und Zwistigkeit bringt die Tätigkeit eines Akkordbeamten mit sich, der sich lediglich bei Beurteilung der Arbeitszeit auf seine eigene Schätzung und auf die anderer verlassen muß, oder der sich im günstigsten Falle auf schriftlich niedergelegte Erfahrungen stützt.

Seitdem für die Zeitermittlung der mechanischen Bearbeitung die exakten Berechnungsmethoden allmählich die früheren Gepflogenheiten-

des Ratens und Schätzens verdrängen, geht auch langsam das Verständnis für die großen Vorteile auf, die in den objektiven Feststellungen begründet sind. Die Bearbeitungszeiten werden objektiv erfaßt, und die Akkordhandhabung geht reibungslos vonstatten. Deshalb dürfte auch der Wunsch für exakte Berechnungsmethoden zur Ermittlung der Handarbeitszeiten nahe liegen.

Wir haben uns bemüht zu zeigen, wie die verschiedenen Gebiete menschlichen Wissens in den Bereich der Arbeitswissenschaft hineinspielen. Der Betriebsmann wird daher, will er seiner Aufgabe in höherem Sinne gerecht werden, über eine Allgemeinbildung verfügen müssen, die über seine berufliche Ausbildung weit hinaus geht, und dieses um so mehr, als die gegenwärtigen kritischen Zeitverhältnisse auf allen wirtschaftlichen Gebieten eine Fortentwicklung und das Einschlagen neuer Wege fordern.

Lebenslauf.

Ich heiße Josef F . . . und bin am 7. Mai 94 als ältester Sohn des Gräflich-Schafgotschen Hegers Johann F . . . zu Koppitz, Kr. Grottkau geboren und gehöre der kath. Konfession an. Meine Mutter heißt Maria und ist eine geborene H . . . Ich habe noch zwei Brüder und zwei Schwestern, von denen die letzteren, Maria und Gertrud, 25 und 15 Jahre alt, im Haushalt meiner Eltern tätig sind. Von meinen Brüdern ist der ältere, Heinrich, 24 Jahre alt und von Beruf Kaufmann. Der jüngere Bruder Theodor ist 23 Jahre alt und von Beruf Landwirt.

Von meinem 6.—14. Lebensjahre besuchte ich regelmäßig die kath. Volksschule in Koppitz. Nach meiner Schulentlassung war ich zunächst ein halbes Jahr bei meinen Eltern um am 1. Oktober 1908 bei dem Maschinenbaumeister Stephan Gießmann in Grottkau eine Lehre als Maschinenbauer anzutreten, die bis zum 1. Oktober 1911 dauerte. Nach gut bestandener Gesellenprüfung verließ ich am 10. Oktober 1911 Grottkau und begab mich durch große Überanstrengung während meiner Lehre auf kurze Zeit zu meinen Eltern zur Erholung. Am 9. November dess. J. trat ich bei der Schlesischen Feuerwehrrfahrzeugfabrik von Gebr. Kielich, Patschkau, in Stellung und arbeitete daselbst auf moderne Fahrzeuge bis zum 10. Mai 1913. Von Patschkau aus wandte ich mich nach Chemnitz, wo ich bei der Sächs. Masch.- und Lokomotivfabrik vorm. R. Hartmann A.G. Stellung nahm und vom 15. Mai 1913 bis 2. August 1914 tätig war. Da ich glaubte, in den nächsten Tagen zum Militär einberufen zu werden, verließ ich Chemnitz und fuhr zu meinen Eltern. Meine Einberufung erfolgte aber erst im Mai 15, weshalb ich erneut in Stellung ging, diesmal im Lok.-Bau der Firma L. H. W. zu Breslau.

Von hier wurde ich am 7. 5. 15 zum Kraftfahrer-Bataillon in Berlin-Schöneberg eingezogen und nach meiner Ausbildung nach der Ostfront geschickt. Hier führte ich als Unteroffizierdiensttuender Gefreiter die Kraftwagen-Reparaturwerkstatt des 41. Reserve Korps bis zum 1. 1. 17. Von der Ostfront ging es nach Gnitz Sa.A. woselbst ich durch ein militärisches Arbeitskommando auf schwere Kraftschlepper arbeitete und bis zum 9. November 1918 verblieb. Nach dieser Zeit trat ich wieder in den Dienst der L.H.W. zu Breslau ein wo ich heute noch bin. Um im Leben vorwärts zu kommen arbeite ich dauernd an meiner beruflichen Weiterausbildung. Zu diesem Zweck besuchte ich schon in Chemnitz und anderen Städten technische Abendkurse die aber an mangelnden Vorkenntnissen nicht den richtigen Erfolg zeitigten. Aus diesem Grunde faßte ich nach meiner und schon während meiner Militärzeit den Entschluß von Grund auf neu anzufangen. Durch unausgesetzte Arbeit in meinen Mubestunden war es mir möglich Ostern 1923 die Reife für Obersekunda einer Oberrealschule zu erwerben. Ganz besonders günstig fiel diese Prüfung in Mathematik, Physik, Chemie, Geographie, Geschichte aus.

Obwohl die Zeichen der Zeit nicht besser sondern eher schlechtere geworden sind, werde ich nicht nachlassen mich zu meinem Ziele durchzuringen.

Penser est vivre, vgter est mourir!

Josef F . . . , Breslau, Brüderstr. 55 III.

Mein Lebenslauf.

Ich, Paul H. . . , wurde am 15. April 1898 als Sohn des Maurerpoliers Albert H. . . zu Breslau geboren. Meine Mutter hieß Anna H. . . geb. S. . . , und war die 2. Frau meines Vaters. Wir waren 4 Geschwister, wovon 2 Brüder aus erster Ehe waren, und zwar hießen sie Alfred und Albert, und meine Schwester Martha und ich stammen aus letzter Ehe. Im Alter von 6 Jahren verlor ich jedoch meine Mutter durch eine Lungenentzündung. Da aber mein Vater viel auf Montage weilte, und er sich nicht so um uns kümmern konnte, brachte er uns beide in das Stift „Maria-Hilf“ auf der Lehmgrubenstr., welches einer Frau Gräfin Stolberg gehörte. Hier hatten wir eine strenge und gute Erziehung, und lernten sehr viel fürs Leben. Hier in diesem Stift blieb ich bis zur Schulentlassung. Besuchte die Volksschule Nr. 50 auf der Lehmgrubenstr. 92, und ging glatt alle Klassen durch. Als ich aus der Schule kam, erlernte ich das Schlosserhandwerk bei der Firma Noskowsky & Jeltsch auf der Tauentzienstraße. Als ich in die Lehre ging, nahm mich mein Vater aus dem Stift heraus zu sich. Doch nicht lange, ein halbes Jahr später starb auch mein Vater und war nun auf mich selbst angewiesen. Doch meine Verwandten nahmen sich meiner an, da sie mich aus der Lehre nicht rausreißen wollten. Ich kam zu meinem Onkel auf die Frankfurterstraße, er hieß Josef L. . . , und er ließ mich weiter in die Lehre gehen, obgleich es ihm auch schwer fiel. Da ich mich in der Lehrzeit gut führte, wurde mir von Seiten der Firma ein halbes Jahr geschenkt und machte mit $3\frac{1}{2}$ Jahr Lehrzeit mein Gesellenstück nämlich eine $\frac{3}{8}$ Gewindekluppe und wurde darauf freigesprochen. blieb daselbst noch das halbe Jahr bis April 1916, und ging dann als Schlosser zur Städtischen Straßenbahn in Breslau, um mich in jedem Fach einzuarbeiten. Auch hier blieb ich nicht lange, und wurde bei der Firma I. Kemna als Werkzeugschlosser eingestellt. Doch auch da war noch keine Ruhe für mich, da der Drang nach vorwärts mir Kenntnisse zu holen in mir steckte. Ich ging deshalb zu Linke-Hofmann im September 1916. Von hier aus wurde ich dann zum Militär eingezogen und wurde als Pionier in Königsberg i/Pr. ausgebildet, und machte von Arys i/Ostpr. als Minenwerfer ins Feld, wo ich bis Schluß den Feldzug gegen Frankreich mitmachte. Am 22. Januar 1919 ging ich beim Militär ab, und trat wieder bei der Firma Linke-Hofmann als Schlosser ein, woselbst ich bis zum heutigen Tage noch hier arbeite. Habe mich am 29. September 1920 verheiratet, und ich mich nicht unter fremden Leuten herumdrücken wollte. Meine Frau heißt Else, geb. P. . . und ist die Tochter eines Vorschlossers. Die Ehe ist bis zum heutigen Tage kinderlos verlaufen und habe meine Wohnung in Kl. Gandau b. Breslau. Widme mich in meiner freien Zeit dem Turnen und Sport.

Kl. Gandau, d. 13. August 1924.

Paul H. . . , Maschinenschlosser.

Lebenslauf.

Ich Eduard J. . . , bin geboren am 26. Mai 1889 zu Königshütte O/S Als erster Sohn des Hüttenschmieds Florian J. . . . Mein Vater ist seit dem 1. Juni 1924 Sohnort und lebt in Königshütte. Er steht in 63. Lebensjahre. Mein Vater war stets gesund, außer einigen Unfällen, die er sich bei der Arbeit zugezogen hatte. Meine Mutter hieß Marie geborene M. . . . Und starb an Schlaganfall, vor 15 Jahren. Nach mir kamen noch zwei Brüder. Beide sind im Felde gefallen. Dann kommen 5 Schwestern. Sie sind alle am Leben. Mit 6 Jahren besuchte ich die Volksschule, bis zum 14. Lebensjahre, und trat aus der Klasse 1 aus. Sobald ich die Schule verlassen hatte, mußte ich in einem Laboratorium als Laufbursche eintreten, da-

selbst arbeitete ich bis zum 16. Lebensjahr. Sodann lernte ich das Schlosserhandwerk in der Räder und Weichenfabrik zu Königshütte. Mit 19 Jahren lernte ich aus. Alsdann arbeitete ich bis zum 23. Jahre in der Bismark- und Falvahütte O/S zum Teil in der Maschinenfabrik und Lokomotivreparaturwerkstätte, Mit 23 Jahren wurde ich eingezogen und machte meine 2 jährige Dienstzeit beim Infanterieregiment 156 in Brieg ab. Nach meiner Entlassung arbeitete ich wieder in der Maschinenfabrik in der Falvahütte. Von März 1914 bis heut arbeite ich bei den Linke Hoffman Werken zu Breslau. Außer der Zeit wo ich im Felde war. Und zwar war ich vom 4. August 1914 bis 15. Dezember 1918 als Soldat, im Felde und in der Garnison tätig. Außer einer Reklamierung der Linke-Hoffmann Werke, wo ich wieder als Schlosser beschäftigt war im Lokomotivbau und zwar in der Zeit vom März 1917 bis 31. Januar 1918. In der Zeit, wo ich im Felde war, wurde ich einmal verwundet am linken Unterschenkel. Auszeichnungen hatte ich nicht erhalten, außer dem Verwundetenabzeichen. Seid dem 11. März 1914 bin ich verheiratet mit Marie, geb. D Ich habe 4 Kinder, 1 Tochter ist 9 Jahre alt, die zweite Tochter 5 Jahre. Dann kommen zwei Söhne und zwar 3 und 1½ Jahr. Ich wohne schon 7 Jahre in ein und demselben Hause und zwar im Hinterhause 1. Stock. Meine Wohnung besteht aus einer 2fenstrigen Stube nach dem Hof raus, aus einer 1 fenstrigen Küche nach dem Lichtschacht raus, und Entree. Die Wohnung ist im Sommer sehr trocken und im Winter feucht. Meine freie Zeit verbringe ich meistens im Schrebergarten mit meiner Familie. Ich tu auch gerne radeln.

Eduard J . . . , Breslau 6, Leuthenstr. 43, Hinterhaus 1. Stock links.

Mein Lebenslauf.

Ich, Willi K . . . , Wurde als Sohn des Arbeiters Wilhelm K . . . und der Frau Gertrud K . . . geb. W . . . , am 1. 5. 1900 in Gräbschen Krs. Breslau geboren. Als ich sechs Jahre alt war trat ich in die evangelische Volksschule 88 ein. Da meine Eltern in meinem Geburtsort verblieben, konnte ich meine 8 Jahre Schulzeit in oben genannter Schule besuchen. Meinen Verpflichtungen bin ich nachgekommen und wurde dadurch von Jahr zu Jahr versetzt. Im März 1914 wurde ich in der St. Trinitats Kirche konfirmiert und am 1. April 1914 als Schüler der 1. Klasse entlassen. Da ich das Bestreben hatte, das Schlosserhandwerk zu erlernen, so besorgte mir mein Vater eine Lehrstelle und zwar in dem Eisenwerk von Herrn Gustav Trelenberg. Hier wurde ich am 1. Mai 1914 eingestellt. Meine Lehrzeit betrug 4 Jahre. Die ersten 3 Jahre sollte ich die Fortbildungsschule besuchen, wurde aber von dieser das 3. Jahr befreit, da die Firma Kriegsarbeit lieferte. Die Arbeit bestand größtenteils aus Munitions- und Proviantwagen. Nun rückte das Jahr 1918 heran. Meine Aufgabe war, die Gesellenprüfung zu bestehen. Als Gesellenstück lieferte ich einen Handleuchter. Im April 1918 vollzog sich die Prüfung. Ich mußte nach der Blumenstraße und wurde dort geprüft. Nach zierka 2 Stunden war die Prüfung beendet, welche ich mit gut bestanden hatte. Jetzt arbeitete ich in der Firma als Geselle und zwar bis zum 9. 9. 1918. Ich wechselte das Arbeitsverhältnis und wurde am 11. 9. 1918 bei den Linke-Hofmann Werken eingestellt, wo ich bis heute noch beschäftigt bin. Während dieser Zeit und zwar im November 1922, starb meine Mutter. Die Zeit, welche ich nach der Arbeitszeit frei bekomme, verbebe ich auf dem Fußballplatze, da ich Mitglied eines Vereins bin.

Willi K . . . , Breslau 24, Fröbel Str. 12.

Breslau, den 15. 8. 1924.

Mein Lebenslauf.

Als Sohn des Haushälters Gottfried M. . . , wurde ich Rudolf M. . . am 17. April 1896 zu Breslau geboren. Mit dem 6. Lebensjahr besuchte ich die Volksschule auf der Sadowastraße. Mit 8 Jahren verlor ich meine Mutter. Kurze Zeit vorher wechselte Mein Vater die Wohnung. Infolgedessen wurde ich umgeschult, und kam nach der Schule 57 am Sauerbrunn. Hierselbst blieb ich bis zu 14 Jahren, und brachte es bis zur 1. Klasse. Nach erfolgter Schulentlassung trat ich bei dem Schlossermeister Herrn Albert Sartory in die Lehre, um das Schlosserhandwerk zu erlernen. Meine Lehrzeit betrug 3 Jahre. Als Gesellestück machte ich ein 3. Bolzengeldschrankschloß. Später arbeitete ich noch als junger Geselle bei verschiedenen kleinen Firmen, bis daß ich am 11. Oktober 1915 zum Militär gerufen wurde. Nachdem ich die Militärausbildung hinter mir hatte, zog ich im März 1916 ins Feld, und zwar nach Frankreich. Hier wurde ich im Frühjahr 17 Gefreiter und ein halbes Jahr später auch Unteroffizier. Trotzdem ich seit März 16 ununterbrochen an der Front kämpfte kehrte ich nach schluß des Krieges unverwundet in die Heimat zurück. Wurde auch dann bald nach Hause entlassen. Als ich nach Hause kam waren meine 3 älteren Brüder bereits verheiratet, so daß ich mit meinem alten Vater und mit meinen beiden Schwestern allein zuhause war. Als dann im Februar 1922 mein Vater starb, und meine ältere Schwester ein Jahr später heiratete, sa ich mich gezwungen auch zu heiraten. So das ich heute mit meiner Frau und meinem Kinde, sowie mit meiner jüngsten Schwester in der elterlichen Wohnung Augustastr. 24 wohne. Meine Wohnung ist eine im 4. Stock gelegene schöne Sonnenwohnung. Sie besteht aus 2 zweifenstrigen Zimmern, Kabinet, Küche und Entre, so das ich also für meine Person vollständig zufrieden bin. In meiner freien Zeit witme ich mich meiner Familie beteilige mich aber noch öfters an Sportlichen veranstaltungen.

Rudolf M. . . , Schlosser, Augustastr. 24.

Mein Lebenslauf.

Ich der Schlosser Josef N. . . geboren am 29. Februar 1896 zu Reimen Krs. Neiße bin der Sohn des Schlossers Josef N. . . und seiner Ehefrau Amalie geb. K. . . . Meine Schulbildung genoß ich zuerst in Zedlitz Krs. Grottkau woselbst mein Vater selbständig war, bis zu meinem achten Lebensjahr. In dieser Zeit gab mein Vater das Geschäft auf und wiew zogen nach Breslau, wo ich weiter die Volksschule bis zur 1. Klasse besuchte von Geschwistern hab ich noch einen Bruder 24 Jahr alt jetzt, welcher im Bankfach tätig ist. Nach meiner Schulentlassung trat ich bei der Firma M. G. Schott Frankfurterstr. als Lehrling ein, woselbst ich 2 $\frac{1}{2}$ Jahr lernte und dann als Schiffsjunge zur Kriegsmarine mich in Flensburg stellen mußte, da ich mich vorher beworben hatte daselbst blieb ich 8. Tage und nach nochmaliger Untersuchung wieder in die Heimat befördert wurde. Nach 14tägiger Unterbrechung trat ich bei Cäsar Wolheim in die Lehre und wurde im April 1914 nach Anfertigung eines Gesellenstückes welches mit gut bestanden wurde, Geselle ich blieb noch bei genannter Firma bis zum August 14, wo ich dann noch bei 2. kl. Handwerksmeistern arbeitete bis ich im September oder Oktober bei den Linke-Hoffman Werken in Arbeit trat, ich blieb da $\frac{3}{4}$ Jahr bis ich im September 1915. nach Potsdam eingezogen wurde, im Frühjahr 16 kam ich nach dem Westen ins Feld wurde dem 15ten Jäger Battl. zugewiesen und nahm an den Kämpfen in Westen und Osten teil Frühjahr 17 wurde ich zu Zwecken der Landesverteitigung

nach Rathenow als Reparaturschlosser in eine Pulverfabrik abkommandiert woselbst ich blieb bis zur Revolution, im Dezember 1918. trat ich wieder ins Arbeitsverhältniß der Linke Hoffman Werke. Mit 23 Jahren trat ich in die Ehe meine Frau ist 1 Jahr jünger als ich. habe mit ihr 1. Sohn welcher jetzt 6 Jahr alt wird unsre Wohnung besteht aus 2. Stuben Größe 20—25 qm hinten raus keine Sonne den ganzen Tag während meiner Freizeit geh ich im Sommer baden im Winter spazieren.

Josef N . . . , Zehnerstr 3a.

Breslau d. 13. 8. 24.

Lebenslauf.

Erich S . . . geb. am 29. 12. 94. zu Hennersdorf b. Görlitz Sohn des Eisenbahnbeamten Karl S . . . z. Zt. in Ohlau Beide Eltern sowie eine jüngere Schwester und zwei jüngere Brüder leben, ein jüngerer Bruder in Kindesjahren gestorben Meine Schulzeit begann 1901 in Weidenhof b. Breslau u. endete 1909 in Kempen (Volksschule) In der Zwischenzeit meiner Schuljahre habe ich mehre andere Volksschulen passiert infolge öfteren Versetzungen meines Vaters. Was das lernen in der Schule anbetraf, war ich sehr intresselos was ich bedaure, nach des Lehrers Meinung Geistig wenig rege, dafür intressierte mich das Amt meines Vaters und saß lieber mit ihm bis in die späte Nacht bei Rechnungsabschlüssen in Güter u Personenverkehr. Ich hatte es in der Kindheit gut und hatte mir es in den Kopf gesetzt Lok. Führer bei der Bahn zu werden. Ich erlernte dann auch das Maschienschlosser-Handwerk mit großem Eifer 3¹/₂ Jahr in Kempen i/P die Lehrjahre waren keine gute, insofern, man kann nicht zwei Herren zugleich dienen, wenn Meister u Sohn kommandieren. Mein Gesellenprüfungsstück war eine Einkurbilige Welle für ein Schüttelwerk im Brenneibetrieb, die Welle drehen dazu Kurbellager Seitenlager ausbohren Niete und Keile anfertigen u.s.w. Prüfung im praktischen und teoretischen mit „Gut“ bestanden. Blieb da noch ein halbes Jahr als Geselle u ging dann im April 1913 in den Lok Bau der L. H. L. Werke zu Breslau, weil ich mir Kenntnisse über Lokomotiven fürs spätere erwerben wollte, um nach der Militärzeit ein leichteres Vorwärtskommen b. der Bahn zu haben. Leider hat aber der Krieg mich wie so viele andere auf andre Bahnen gedrängt, Wurde 1914 zur Marine nach Kiel eingezogen u kam 1915 im Frühjahr nach Flandern in das Matrosen Regt. Nr. 4. wo ich die Flandernkämpfe bis zu Ende des Krieges mit immer viel Glück u ohne Verwundungen mitmachte. Ostende war während des Krieges unsere eigentliche Garnison. Von dort ging es zu Ende des Krieges zu Fuß nach Deutschland durch Holland zurück bis in das Städtchen Ebe b. Dortmund, Wurde am 2. 12. 1918 als Res. Unteroffz. entlassen und nahm am 5. 12. 18. wieder auf meiner alten Arbeitsstelle bei L. H. L. Breslau die Arbeit auf. Der Wunsch zur Bahn war infolge der ganzen Umwälzung vorbei. Im Jahre 1919 August verheiratete ich mich u lebe mit meiner Frau Marie geb. A . . . u 1 Kind. in den denkbar besten Verhältnis soweit es diese schwere Zeit zuläßt. Begüttert sind wir beide nicht, bin von meinem Verdienst abhängig, die Hauptsache ist gesund an Leib u Seele u Frieden, der für Arbeit und stetigen Verdienst sorgt.

Erich S . . . , Breslau, Siebenhufenerstr. 69.

Mein Lebenslauf.

Bin als Sohn des Arbeiters Gußtav T . . . am 20ten August 1890. zu Breslau geboren. Besuchte von dem sechsten Lebensjahr an die Volksschule daselbst, und beendete meine Schulzeit mit dem vierzehnten Jahre. Ostern 1904. bewarb ich mich als Schlosserlehrling, bei Herrn Wilhelm Langer, Maschinenfabrick zu Breslau. Wurde Eingestellt und zwar für vier Jahre Lehrzeit, nach beendigung derselben verbrachte ich mein Gesellenstück mit Genügend. Arbeitete zürcka drei Monate noch bei meinem Lehrherren, und versuchte mein Heil in einer anderen Fabrick auf, und zwar in der Maschinenfabrick von Guttmann hierselbst. Arbeitete $1\frac{1}{2}$ Jahr als Maschinenschlosser in selbiger wurde wegen Arbeitsmangel entlassen. Nachdem bekam ich bei Linke Hoffmann Werck Breslau Anstellung, wurde von hier aus mit zwanzig Jahren zur Marine, Kiel eingezogen. Nach Beendigung der drei Jährigen Dinstzeit wurde ich wieder bei Lincke Hoffmann Werck Breslau eingestellt. Während des großen Streicks verließ ich Breslau, und arbeitete als Maschinenschlosser auf einer Schiffswerft in Danzig, und wurde von hier 1914 wieder zur Marine eingezogen. Nach Beendigung des Krieges bewarb ich mich als Schlosser an das Eisenbahn Werckstättenamt 4a zu Breslau, wurde eingestellt, und nach $3\frac{1}{2}$ Jähriger Arbeit mit Abgebaut. Nachdem wurde ich wieder bei Lincke Hoffmann Breslau eingestellt wo ich bis jetzt noch bin. Bin seit 1919 Verheiratet und besietze ein Kind.

Hermann T . . ., Schlosser.

Berichtigung.

Seite 10, 7. Zeile von oben: lies „das andere Ende“ statt „das andere Stück“.

Seite 26, letzte Zeile: lies Arbeitsplan Tafel II statt Arbeitsplan II.

Seite 33: Die Bezeichnungen „Preßluftbohrmasch.“ und „Schlittenbohrmasch.“ unter Abb. 15 sind gegeneinander zu vertauschen.

Seite 48, 2. Absatz, 6. Zeile von unten: lies ... im Intervall 10 bis 10^{30} statt im Intervall 10 bis 10^{10} .

Seite 71, Abb. 38: lies ungünstige Arbeitsweise statt günstige Arbeitsweise.

Seite 88, 3. Zeile von oben: lies ω , y , o und ψ statt ω , η , o und ψ .

Seite 123, Tabelle 12, Schlußzeile und Seite 134, Abb. 74a: lies Schlosser *I* statt Schlosser *J*.

Seite 141, 9. Zeile von oben: lies 21,3% statt 213%.