

**Schriften der Arbeitsgemeinschaft
Deutscher Betriebsingenieure • Band V**

**Schlosserei- und
Montage-Arbeitszeitermittlung
und Zeitbedarf verwandter Handarbeiten**

Bearbeitet von

Kalkulator M. Belke, Abteilungsvorsteher P. Bothe, Obering.
O. Flacker, Dr.-Ing. H. Freund, Prof. K. Gottwein, Direktor
K. Hegner, Betriebsdirektor G. Laufs, Ing. Fr. Schleif,
Kalkulator W. Schulz, Kalkulator A. Wartus,
Dr.-Ing. A. Winkel, Dr.-Ing. E. Wüsthube

Herausgegeben von

K. Gottwein

o. Professor an der Technischen Hochschule
zu Breslau

Mit 139 Textabbildungen
und 106 Zahlentafeln



Berlin
Verlag von Julius Springer
1928

ISBN 978-3-642-98837-0

ISBN 978-3-642-99652-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-99652-8

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Copyright 1928 by Julius Springer in Berlin.
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1928

Vorwort.

Der Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa) hat in den kurzen Jahren seines Bestehens eine umfangreiche Gemeinschaftsarbeit geleistet, die bereits weiten Kreisen der metallverarbeitenden Industrie zugute kommt. Die Ergebnisse seiner Arbeiten sind in den bekannten „Refablättern“ niedergelegt und umfassen heute schon den größten Teil der spanabhebenden Metallbearbeitung. Man findet hierin sowohl die Zeiten für reine Maschinenarbeit — die „Maschinenzeiten“ — als auch die Zeiten für die mit der Maschinenbearbeitung verbundenen Handgriffe aller Art — die „Handzeiten“. Ferner sind die Zeituntersuchungen für die verschiedenen Arten der spanlosen Formung in lebhafter und z. T. vorgeschrittener Bearbeitung.

Auch die Anregung zu vorliegendem Buche ist durch Gedankenaustausch beim Refa entstanden, da das Bedürfnis vorlag, baldigst Unterlagen für den Zeitbedarf der reinen Handarbeiten in der Schlosserei und Montage (Zusammenbau) zu schaffen. Auf dem Wege über die Breslauer Ortsgruppe der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure (ADB) fiel dem Unterzeichneten die Aufgabe zu, das zufließende Material mit den betreffenden Verfassern zu bearbeiten und als einen Band der Schriftenreihe der ADB herauszugeben. Der in dem Buche niedergelegte Stoff sollte dann als Unterlage zu weiteren Untersuchungen des Zeitbedarfs für Schlosser- und Montagearbeiten dienen. Aus diesem Grunde wurde das Hauptgewicht zunächst auf zahlenmäßige Unterlagen und Beispiele aus diesen Fachrichtungen gelegt, während die Darstellung eines breiteren Aufbaues der Handarbeitszeiten für das ganze erwähnte Gebiet einem etwas späteren Zeitpunkt vorbehalten werden muß. Soweit als möglich wurde aber in den einführnden Abschnitten und bei den Beispielen auch auf das Grundsätzliche und für Handarbeit allgemein Gültige hingewiesen. Die engumschriebene Aufgabe sowie der begrenzte Raum des Buches gestattete es ferner nicht, auf die Beziehungen zur Arbeitswissenschaft näher einzugehen; diese wurde aber in dem Beitrag Freund-Wüstehube in gewissen Grenzen herangezogen. Am Schlusse des Buches ist auf das Schrifttum über Zeitermittlung hingewiesen, so daß ein weiterer Überblick ermöglicht wird.

Bei der Gliederung des Stoffes war es nicht überall möglich, von den Elementen der Handarbeit stetig zu immer größeren Gruppen fort-

zuschreiten. So z. B. hat es sich nicht als durchführbar erwiesen, die Stückschlosserei lückenlos bis in alle ihre Verästelungen zu behandeln und dann erst zum Zusammenbau überzugehen. Insofern dürften die Anforderungen, die an ein Lehrbuch zu stellen wären, nicht durchaus erfüllt sein. Der Grund für diese Unvollkommenheit liegt darin, daß es vorerst vermieden werden mußte, die Beiträge der einzelnen Verfasser nach dem Gesichtspunkt: Stückschlosserei-Montage auseinanderzutrennen, da sonst der organische Aufbau und die gegenseitige Unabhängigkeit der einzelnen Abhandlungen beeinträchtigt worden wäre. So sind auch einige Schlosserarbeiten, wie Gewindeschneiden von Hand, Aufkeilen von Maschinenteilen, Schaben von Lagern und Buchsen von mehreren Verfassern bearbeitet. Beim Vergleich des Zeitbedarfes für diese Arbeiten zeigen sich gewisse Unterschiede, die auf die verschiedenen Arbeitsbedingungen und darauf zurückzuführen sind, daß unter dem angegebenen Zeitbedarf bald nur die Hauptzeit, bald die Grundzeit, die außer der Hauptzeit noch mehr oder weniger Nebenzeiten enthält, verstanden ist. Man erhält dadurch ein Bild darüber, wie ähnliche Arbeiten an verschiedenen Stellen mit unterschiedlichen Arbeitsbedingungen in ihrem Zeitbedarf verschieden bewertet werden.

Die Kritik wird feststellen, daß nur ein karger Ausschnitt aus den Schlosser- und Montagearbeiten behandelt ist. Dies ist einerseits durch den beschränkten Umfang des Buches bedingt, andererseits dadurch, daß bis jetzt nur ein verhältnismäßig kleiner Kreis von Mitarbeitern zu gewinnen war. Dennoch darf bemerkt werden, daß dem Herausgeber eine umfangreiche Aufgabe und Mehrarbeit dadurch zufiel, daß der recht verschiedenartige Stoff den Grundbegriffen und Richtlinien des Buches einheitlich angepaßt werden mußte. Sehr zu begrüßen wäre es, wenn die Praxis dem Buche die Anregung entnehmen würde, sich künftig in weitergehendem Maße an dem Erfahrungsaustausch über Handarbeitszeiten zu beteiligen. Dann wäre der Zweck des Buches, in dieser Hinsicht einen Anfang zu bilden, erfüllt. Verbesserungsvorschläge werden vom Herausgeber stets mit Dank entgegengenommen.

Es ist mir noch ein Bedürfnis, an dieser Stelle denjenigen Firmen, die unsere Arbeit durch Überlassung von Material in entgegenkommender Weise unterstützt haben, sowie der Verlagsbuchhandlung für die vorzügliche Ausstattung des Buches meinen besten Dank auszusprechen.

Breslau, im Februar 1928.

K. Gottwein.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung. Von K. Gottwein und O. Flacker, Breslau.	
I. Wesen und Beispiele reiner Handarbeitszeiten	1
II. Grundbegriffe für Handarbeiten unter besonderer Beachtung von Schlosser- und Montagearbeiten	6
III. Eigenart der reinen Handarbeiten hinsichtlich der Erfassung ihres Zeitbedarfes	12
Entwicklungs- und Berechnungsbeispiele für Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten. Von Fr. Schleif, Cannstatt.	
I. Teilschlosserarbeiten	23
A. Allgemeines	23
B. Bildung von Bezugszeiten und Entwicklungsbeispielen für Arbeiten in der Teilschlosserei	27
1. Anreißen	29
2. Feilen	32
3. Schaben	47
4. Aufreiben	57
5. Gewindeschneiden	61
6. Messen	63
7. Lasthebearbeiten	63
8. Verschiedene Einrichte- und Nebenarbeiten	65
9. Einschrauben von Schrauben und Muttern	66
C. Anwendungsbeispiele	66
1. Beispiel über Anreißen	67
2. Beispiel über Ankörnen	68
3. Beispiel über Feilen	70
4. Beispiel für Gewindeschneiden	72
5. Beispiel für Flachscharben	74
II. Kalkulations-, Richt- oder Vergleichswerte zur Berechnung von Teilgruppen- und Hauptgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten	75
A. Teilgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten	75
1. Entwicklungsbeispiele	75
2. Anwendungsbeispiele	78
B. Hauptgruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten	82
1. Entwicklungsbeispiele	82
2. Anwendungsbeispiele	91
Beispiele verschiedener Schlosserarbeiten. Von K. Gottwein, Breslau und A. Wartus, Erfurt.	
1. Meißeln von Hand	94
2. Feilen	96
3. Abrichten und Tuschieren	98
4. Abgraten und Abrunden	99
5. Einpassen von Keilen und Aufkeilen von Scheiben	99

	Seite
6. Spannen im Schraubstock	101
7. Schneiden von Whitworthgewinde	101
8. Beispiel für obengenannte Schlosserarbeiten	103
9. Schaben und Aufpassen von Lagerbuchsen	104
Berechnungsunterlagen von Montagearbeiten. Von K. Hegner,	
Berlin.	
1. Beispiele für wiederkehrende Teilschlosserarbeiten bei der Montage	106
2. Montage eines Spindelkastens	110
Über Handarbeitszeiten im Eisenbahnwagenbau einschließlich	
Tischler-, Stellmacher- und Lackiererarbeiten.	
I. Übersicht. Von K. Gottwein, Breslau	112
A. Wagenzusammenbau	113
B. Tischler- und Stellmacherarbeiten	113
C. Lackiererarbeiten	114
II. Organisatorische Maßnahmen beim Zusammenbau an Hand	
von Beispielen. Von G. Laufs, Breslau	114
A. Beispiele über Zusammenbau	115
B. Organisatorische Maßnahmen für die Zeitermittlung	119
C. Arbeitszergliederung und Aufbau der Zeiten an Hand eines Beispiels	129
III. Beispiele aus der Tischlerei, Stellmacherei, Lackiererei,	
Rohrleitungsschlosserei. Von P. Bothe, Breslau	132
A. Tischlerei-Bankarbeit	132
1. Putzen von Leisten aus Kiefernholz	132
2. Anfertigung einer Sitzbank mit Lattenbelag	133
3. Fertigen einer Tür mit abgeplatteten Füllungen und Rahmen-	
stücken	134
B. Tischlerei-Montagearbeiten	134
1. Leistenwerk einschneiden, anpassen, befestigen	134
2. Einbau einer Tür	135
3. Einbau der Bekleidung um die Tür	136
C. Stellmacherarbeiten	136
1. Fertigung und Zusammenbau des Gerippes einer Eisenbahnwagen-	
Seitenwand im Gruppenakkord	136
2. Anfertigung des Wagenbodens	137
D. Lackiererarbeiten	138
1. Stückzeiten für Lackieren von Flächen mit Deckenleisten oder	
verschiedener Nietenzahl	138
2. Beschriftungen	139
E. Rohrschlosserei	140
1. Bankarbeit	141
2. Montagearbeit	141
Schlosserarbeiten aus der Lokomotivmontage. Von H. Freund,	
Gummersbach, Rhld. und E. Wüstehube, Breslau.	
Vorbemerkung	143
I. Einführung in das Untersuchungsgebiet	143
II. Das Zeitstudium der Elementarzeiten	162
III. Die psycho-physiologischen Bedingungen der Schlosserarbeiten und die	
Feststellung des Durchschnittsarbeiters auf Grund psychotechnischer	
Eignungsprüfung	184

	Seite
1. Grundsätzliches	184
2. Die Physiologie der beruflichen Arbeit	186
3. Die Eignungsprüfung zur Feststellung des Durchschnittarbeiters	193
IV. Technologische Ermittlungen bei spanabhebenden Schlosserarbeiten zur Ermittlung des Arbeitsbetrages und der sächlichen Einflüsse auf die Arbeitszeit	203
1. Analogie zwischen mechanischer Spanabnahme und Spanabnahme von Hand	203
2. Feststellung der abgespannten Materialmenge an den Bearbeitungsstellen der Achsgabeln von Lokomotiv-Barrenrahmen	207
3. Feilversuch zur Feststellung des Einflusses von Materialfestigkeit und Feilenabnutzung auf die Arbeitszeit und zur Ermittlung der zur Zerspanung der Volumeneinheit benötigten mechanischen Arbeit	222
V. Der Aufbau einer Zeitermittlungsformel für das Abrichten von Flächen unter Berücksichtigung der technologischen und psycho-physiologischen Bedingungen	236
1. Die Grundlagen für den Aufbau der Zeitermittlungsformel	236
2. Ableitung und Anwendung der Zeitermittlungsformel	241
Arbeitszeitermittlung in Handwerksbetrieben. Von A. Winkel, Nürnberg.	
I. Besonderheiten der handwerklichen Fertigung	247
II. Die Anwendung der Refa-Kalkulation im Handwerk	252
Zusammenbau einer Universal-Rundschleifmaschine. Von M. Belke, Obertürkheim.	
A. Einteilung der Hauptgruppen I—X	264
B. Arbeitsauftrag I, Ständer-Montage	266
C. Arbeitsauftrag II, Getriebeplatte-Montage	268
D. Arbeitsauftrag III, Verbindungswelle-Montage	274
E. Arbeitsauftrag IV, Tischantrieb-Montage	275
F. Arbeitsauftrag V, Werkstückantrieb-Montage	277
G. Arbeitsauftrag VI—X	280
H. Zahlentafel über Gewindeschneiden, Einpassen von Zylinderstiften und Paßfedern	281
Einige Schlosserarbeiten aus dem Großmaschinenbau. Von K. Gottwein, Breslau und W. Schulz, Hamburg.	
1. Einschaben eines Drucklagers	286
2. Dichtschaben der Teilflächen eines Kühlwasser-Pumpengehäuses	287
3. Aufkeilen eines Kreisrades für Haupt-Kühlwasserpumpe	288
4. Ausreiben der Bolzenlöcher des Kupplungsflansches einer Druck- und einer Tunnelwelle	289
5. Nabe einer Schraubenwelle aufkeilen	291
6. Befeilen und Entgraten einer Schubstange (einschl. Gewindeschneiden)	292
Umschau und Schrifttum. Von K. Gottwein, Breslau.	
I. Übersicht	294
II. Erscheinungsformen der Handarbeit im allgemeinen	296
III. Normzeiten und Richtzeiten bei reiner Handarbeit	300
IV. Benennungen bei Montage-(Zusammenbau-)Arbeiten	301
V. Allgemeines zum Zeitbedarf häufig vorkommender Teilschlosserarbeiten	302
VI. Schrifttum über Zeitaufnahmen und Zeitermittlung	306
Sachverzeichnis.	310

Einleitung.

Von K. Gottwein und O. Flacker.

I. Wesen und Beispiele reiner Handarbeitszeiten.

Bei der schweren Aufgabe des deutschen Volkes, seine Wirtschaft wieder empor zu bringen, muß jeder, der im Wirtschaftsleben tätig ist, an seinem Teile mitwirken. Da aber der einzelne immer nur einen kleinen Ausschnitt der weit verzweigten Wirtschaft genauer beurteilen kann, so bedarf es der Zusammenarbeit oder Gemeinschaftsarbeit auf möglichst breiter Grundlage, um unnötige Doppelarbeit zu vermeiden. Gleichviel, um welchen Teil der Wirtschaft es sich nun handelt, sei es Landwirtschaft, Industrie oder Handel, alle sehen sich durch die Zeitverhältnisse dazu gezwungen, durch vernünftige Einschränkungen, durch Vereinfachungen und Verbesserungen jeder Art oder durch bessere Organisation die Ergiebigkeit der menschlichen Arbeit zu steigern. Auf dem Gebiete der industriellen Fertigung sind z. B. in den letzten Jahren beachtenswerte Erfolge durch die planmäßige Untersuchung von Arbeitsvorgängen und ihres Zeitbedarfs erzielt worden. Ausführliche und umfangreiche Ergebnisse über Arbeitszeitermittlung bei spanabhebender Formung liegen bereits vor und sind in den bekannten „Refablättern“, die vom Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung (Refa) herausgegeben werden, niedergelegt. Diese umfassen bis heute die Zeitbestimmung für die verschiedenen Arten der Maschinenbearbeitung und u. a. für diejenigen Handarbeiten, die in Verbindung mit der Maschinenarbeit im Fertigungsplan auftreten. Die die Handarbeit betreffenden Zeiten werden in diesem Zusammenhang „Nebenzeiten“ oder „Handzeiten“ genannt; s. z. B. die Refablätter I—1 und IV—4; die Maschinenzeiten bilden die „Hauptzeit“. Obwohl nun die Verwendung der Maschine in der industriellen Fertigung immer mehr an Raum gewinnt, und obwohl die körperliche Arbeitsleistung des Menschen, also die Handarbeit, immer mehr durch die der Maschine ersetzt wird, so gibt es doch in den meisten industriellen Betrieben noch zahlreiche Arbeiten, die vorwiegend von Hand ausgeführt werden müssen und bei denen dann die Handarbeit sowohl die Hauptzeit als auch die Nebenzeit bildet. Diese reinen Handarbeiten erscheinen in einer reichen Fülle von Formen und große Anteile an der Fertigung sind ihnen heute noch vorbehalten.

Die Handarbeit weist bekanntlich die Eigenart auf, daß bei ihr die Arbeitsleistung oder die Fertigungszeit nicht mehr in gleicher Weise der zahlenmäßigen Berechnung zugänglich ist, wie bei einer Werkzeug- oder bei einer Arbeitsmaschine, sondern daß hierbei die Leistung in erheblichem Maße an die Persönlichkeit der Arbeiter gebunden ist, also auch an deren in weiten Grenzen schwankenden körperlichen, geistigen und seelischen Veranlagungen. Nun muß aber auch bei Fertigungsgebieten, in denen die Handarbeit vorherrscht, ein Optimum der Arbeitsleistung und damit der Erzeugung angestrebt werden, was einerseits durch systematische Untersuchung der Arbeitsverfahren und der Arbeitsbedingungen und anschließende Verbesserung (Rationalisierung) der Fertigung zu geschehen hat; andererseits aber auch dadurch, daß man für den Arbeiter einen Anreiz in Form einer angemessenen, seine Leistung berücksichtigenden Entlohnung schafft. Durch die Erforschung der für Handarbeiten erreichbaren optimalen Arbeitszeiten in Verbindung mit einer Hand in Hand gehenden Rationalisierung der Fertigung fördern wir sowohl die richtige Selbstkostenermittlung und Preisbildung unserer Erzeugnisse, als auch den für das Gedeihen unserer Industrie so notwendigen Wirtschaftsfrieden.

Die Schwierigkeiten, die sich der Erfassung der Handzeiten entgegenstellen, besonders dort, wo diese auch als Hauptzeiten auftreten, sind nicht gering; gleichwohl ist ihre planmäßige Untersuchung ein Erfordernis der Zeit. Die hier noch bestehende Lücke auszufüllen und die erforderlichen Unterlagen zu schaffen, ist eine umfangreiche Aufgabe der Gemeinschaftsarbeit. Die Ausführungen dieses Buches sollen lediglich einen Anfang in dieser Richtung darstellen.

Die Forderung von Leistung und Gegenleistung, die durch das Wirtschaftsleben hindurchgeht, tritt in gleicher Weise bei der Erzeugung von Werten in Handwerk, Industrie und Landwirtschaft, wie auch beim Austausch und Absetzen von Erzeugnissen, im Handel auf. In manchen Fällen, besonders im Handel, läßt sich der Gegenwert für ein Erzeugnis oder der Verkaufspreis verhältnismäßig leicht feststellen, wenn zur Festsetzung des Preises die Selbstkosten als Grundlage dienen, wie dies in normalen Zeiten stets der Fall sein sollte. Beim Handelsunternehmen müssen außer den Einkaufskosten noch die Unkosten, die durch den Verkauf entstehen, die Handlungskosten, gedeckt und womöglich ein angemessener Verdienst oder Gewinn erzielt werden. In einem Fabrikunternehmen dagegen, wo die Erzeugnisse nicht nur vertrieben, sondern auch hergestellt werden, ist die Ermittlung der Selbstkosten oft schwieriger, da unmittelbar nur die Kosten der von auswärts bezogenen Materialien und Gegenstände bekannt sind. Die Herstellungskosten setzen sich aus drei Posten zusammen: dem Materialwert, den zur Herstellung der Waren auf-

gewendeten Löhnen und den Unkosten. Da die Betriebsunkosten in der Maschinenindustrie gewöhnlich in Prozenten der Löhne ausgedrückt werden, sind es also die Löhne, auf die es im wesentlichen ankommt, und auf denen sich die Kalkulation aufbaut. Hieraus geht hervor, wie wichtig es ist, für die Ermittlung der Löhne eine sichere Grundlage zu haben, die gleichzeitig eine Gewähr für die gerechte Entschädigung der Arbeitsleistung bietet.

Nun können manche schwierigen Arbeiten im Handwerk und in der Industrie oft nur von besten Sonderfachleuten eingeschätzt werden ; so z. B. die Herstellung von Flächen oder Passungen von höchster Genauigkeit, wie bei Präzisionsgeräten, Parallel-Endmaßen u. dgl. Betrachten wir aber die normale Neuanfertigung von Maschinen und Geräten oder auch von Gegenständen des täglichen Bedarfs aus der Maschinen- und metallverarbeitenden Industrie, so ist die Beurteilung einer Arbeitsleistung und ihrer angemessenen Entschädigung einem größeren Kreise von Fachleuten möglich. So werden auch die beruflichen Fähigkeiten eines Arbeiters, ferner seine körperliche und geistige Regsamkeit oder Rührigkeit vor allem von seinen engeren Arbeitskollegen scharf und sicher eingeschätzt ; weiterhin auch vom Vorarbeiter, Meister und Fachkalkulator. Bei verwickelteren Arbeiten, die außerdem große Hand- oder Kunstfertigkeit bedingen, wird der betreffende Facharbeiter nur das vorgenannte Forum zur Beurteilung seiner Leistungen als zuständig anerkennen. Hieraus ergibt sich auch die Notwendigkeit, die Arbeiter innerhalb ein und derselben Kategorie, wie Schlosser, Tischler, Kesselschmiede, je nach ihrer Geschicklichkeit und fachlichen Tüchtigkeit für den gleichen Zeitaufwand oder für die Zeiteinheit, die Stunde, verschieden zu entlohnen ; die Möglichkeit hierzu ist bei den bestehenden Lohnstarifen meist bis zu gewissem Grade gegeben (Lohnstaffel).

Um die gerechte Entschädigung für eine normale Arbeitsleistung in der Industrie oder im Handwerk im voraus festzusetzen, ist es also notwendig, den Zeitbedarf im voraus zu ermitteln. Man ist dann in der Lage, die Arbeiten im Stücklohn oder Akkord zu vergeben, auf dessen Vorteile gegenüber dem Zeitlohn hier nicht eingegangen zu werden braucht. Auch die Angebotsvorkalkulation, die die Preise im voraus abgeben muß, verlangt eine Vorausermittlung der Lohnkosten. Nun setzt die Vorherbestimmung der Arbeitszeiten oft bedeutende Fachkenntnisse und Erfahrungen voraus, häufig auch Spezialkenntnisse, die sich nicht vollständig schulmäßig erlernen lassen, sondern die in der Praxis vervollkommen werden müssen. Gilt dies schon für Maschinenarbeiten, so ist es bei der Vielseitigkeit der Handarbeiten für den einzelnen geradezu unmöglich, in allen, oder auch nur in mehreren Zweigen — z. B. der Maschinenfertigung — die nötigen eingehenden Kenntnisse und Erfahrungen in sich zu vereinigen. Entdeckt doch selbst

der jahrelang in seinem Spezialfach tätige intelligente Arbeiter immer feinere Eigenheiten bei den Fertigungsvorgängen; d. h. er findet diese Feinheiten erst durch verständnisvolles Eingehen auf die Besonderheiten der Arbeit heraus. Nur der Fachmann weiß, wie schwierig manche Handarbeiten sind, weil die Schwierigkeiten bei der Ausführung nicht immer so in Erscheinung treten, daß sie der Außenstehende in ihrem vollen Ausmaße erkennen kann. Die Virtuosität des Ausführenden, die für den Kenner oft einen ästhetischen Genuß bildet, läßt die schwierigsten Arbeiten mitunter spielend leicht und einfach erscheinen. „Wer etwas nicht kennt und nicht wirklich versteht, ist unfähig, die feineren Verschiedenheiten wahrzunehmen, die selbst die einfachste Arbeit für den Ausführenden bietet¹.“ Daraus folgt, daß der Zeitermittler in dem betreffenden Fertigungsweig ein guter Fachmann sein muß. Hier interessieren besonders diejenigen Fertigungsarten, bei denen die Handarbeit nicht mehr in einer gewissen Abhängigkeit von dem Schrittmacher „Maschine“ steht, und ihr Zeitbedarf daher als Nebenzeit auftritt, sondern bei denen die Handarbeit auch als Hauptzeit in der Grundzeit enthalten ist; die Tätigkeit des Arbeiters ist somit für den Zeitverbrauch ausschlaggebend. Hier sei bemerkt, daß der Begriff „Handarbeit“ nicht unmittelbar einen Gegensatz zur „Kopfarbeit“ darstellen soll. Letzterer Ausdruck besagt nur, daß fast ausschließlich „Denkarbeit“ geleistet wird. Bei der „Handarbeit“ dagegen sind im allgemeinen Hand und Kopf je nach der Art der Fertigung oder der Arbeitsleistung mit wechselndem Anteil am Werke.

Aus all' dem ergibt sich, daß uns die Handarbeiten in recht verschiedenartigen Formen vor Augen treten werden. So ist der Arbeiter vorwiegend körperlich und ohne Verwendung eines Werkzeuges tätig, wenn er Werkstücke schichtet, einordnet oder transportiert; andererseits können wir ihn mit den verschiedensten Handwerkzeugen wie beim Feilen, Meißeln, Schaben, Messen beschäftigt oder auch vorwiegend geistig tätig sehen, wenn er die Arbeitsfolge überlegt, die Zeichnung liest usw. Vollständiger ergeben sich die Erscheinungsformen der Fertigung an Hand des Schemas Abb. 2, S. 297 im Abschnitt Umschau und Schrifttum.

Einige uns naheliegende Beispiele über reine Handarbeiten, die sowohl mit Haupt- als auch mit Nebenzeiten auftreten, sind nachstehend angeführt:

1. Schlosserarbeiten:

a) am einzelnen Stück. Vorzeichnen (anreißen), ausmitteln, feilen, feilen nach Lehre, abgraten, verputzen, verrunden (abrunden), Kanten brechen, meißeln (von Hand und mit Preßluft), biegen, richten,

¹ Michel: „Wie macht man Zeitstudien?“, S. 118.

spannen (Blechplatten), auspoltern (Lagermetall), bördeln, kümpeln (stülpen), schlichten (mit Feile), Gewinde schneiden (von Hand), messen, kontrollieren, probieren mit Wasserdruck usw., stempeln (einzelne Zahlen oder Buchstaben), signieren (Firmen- oder Markenbezeichnung), ätzen, gravieren, härten, schweißen usw.;

b) beim Zusammenbau. Anpassen, anbringen, losnehmen, zusammensetzen, auseinandernehmen, anschrauben, verbohren, aufreiben, versplinten, sichern, knarren, von Hand nieten, verstemmen, abdichten, warm aufziehen, Buchsen einziehen, Stiftschrauben einziehen, Verschlußpfropfen einziehen, verkeilen, Keile einpassen, einlagern, auf Achsen setzen, ausfluchten, Rundungen anpassen, aufpassen, einschaben (tuschieren) von Lagern und Dichtungsflächen, Ventilsitze einschleifen, reinigen, gangbar machen, Verkleidungen anfertigen, anpassen und anbringen, Gerüste aufstellen, Rohre biegen, Rohrleitungen verlegen, Rohrleitungen isolieren, löten, fertigmachen zum Versand u. a.

2. Stellmacher- und Tischler-Arbeiten:

Leimen, sägen, hobeln von Hand, verzapfen, stemmen, zurichten, anreißen, furnieren, polieren, putzen; Einbau von Füllungen, Wandbekleidungen, Leistenwerk; Zusammenbau von Fenstern, Türen, Rädern, Kasten, Wagen, Böcken, Leitern usw.

3. Oberfläche behandeln:

Abrosten, beizen, auskitten, grundieren, spachteln, schleifen von Hand, streichen, lackieren, polieren, brünieren, metallisieren, vernickeln usw., abbrennen und einsatzhärten.

4. Verschiedenes:

Verpacken, verladen, aufladen, wiegen, abladen, einlagern, sortieren, einfüllen usw.

Wie bereits erwähnt, ist die Beurteilung des Zeitbedarfs bei reinen Handarbeiten deswegen besonders schwierig, weil mathematische Zusammenhänge fehlen, wie sie bei der spanabhebenden Formung nutzbar gemacht werden können. Indessen lassen sich häufig auch für Handarbeiten „Bezugsgrößen“ angeben oder Bezugszeiten finden, welche die Erfassung der Zeiten für die Bearbeitung der Werkstücke erleichtern. So kann man manche Handarbeiten — Feilen, Lackieren, Aufkeilen, Verschrauben, Vernieten — in Beziehung setzen z. B. zu der Größe der zu bearbeitenden Flächen, dem Gewicht, dem Durchmesser, der Länge, der Zahl der Löcher, Schrauben, Nieten usw. Das Lackieren von Flächen z. B. wird sich nach der Größe der Fläche und der Zahl der etwa vorhandenen, auf 1 qm entfallenden Nietköpfe richten. Die Zeit für das Befeilen (Schruppen, Schlichten), für das Bemeißeln,

für das Zusammenpassen von Flächen unter bestimmten Verhältnissen kann je nach Werkstoffart und -zugabe, Lage der Flächen (wagerecht, senkrecht oder schräg zum Stand des Arbeiters usw.) z. B. auf 1 cm² der Fläche bezogen werden. Das Blechspannen, die Zeiten für das Schaben (Tuschieren), Aufschleifen von Dichtungsflächen, das Holzhobeln von Hand, Lackieren (Grundieren, Spachteln, Schleifen), das Reinigen und Putzen von Flächen, sowie sonstige Oberflächenbehandlungen können ebenfalls auf die Flächeneinheit bezogen werden. Die Zeit für das Kantenbrechen, Abrunden, Verstemmen, Abdichten, Verleimen und Behobeln von Holzleisten usw. wäre etwa auf den laufenden Meter zu beziehen.

Durch zweckmäßige Wahl von Bezugsgrößen oder Bestimmung von Bezugszeiten werden viele Handarbeiten der eigentlichen Stückzeitberechnung oder der Zeitermittlung überhaupt erst zugänglich gemacht.

II. Grundbegriffe für Handarbeiten unter besonderer Beachtung von Schlosser- und Montagearbeiten.

Es ist zweckmäßig, sich über die Bezeichnung derjenigen Begriffe zu einigen, die sich im Laufe der Erörterung stetig wiederholen. Daher sei nachstehend eine Zusammenstellung der häufig gebrauchten Begriffe gegeben, deren Erklärung sich soweit als möglich an die Refabblätter für spanabhebende Bearbeitung anlehnt.

Begriff.	Erklärung.
I. Arbeitsvorgänge.	(Vgl. Refabblatt I—2.)
a) Arbeitsgang:	Zusammenfassung mehrerer Arbeitsstufen, die zu einer bestimmten Fertigung des Werkstückes durch einen Arbeiter oder eine organisch zusammenhängende Gruppe von Arbeitern (Kolonne) auf einem Arbeitsplatz erforderlich sind.
b) Arbeitsstufe:	Teil einer Arbeit, bestehend aus einer Anzahl von Griffen, dadurch gekennzeichnet, daß sie ohne Ausspannung des Werkstückes auf einer Maschine oder an einem Arbeitsplatz erfolgen.
c) Griff:	Einzelne in sich abgeschlossene Betätigung des Arbeiters, bestehend aus einer Anzahl von Griffelementen am Werkstück, Werkzeug oder an der Maschine zum Zwecke der Bearbeitung oder zu ihrer Vorbereitung.

- d) Griffelement: Kleinster meßbarer Teil einer Arbeitsverrichtung, die höchstens aus einer in sich abgeschlossenen Bewegung besteht.
2. Arbeitsverfahren.
- a) Arbeitsverkettung oder Arbeitsverkopplung: Maßnahmen, durch welche die Arbeiten möglichst an eine optimale Zeit dadurch gebunden werden, daß die Abwicklung der einzelnen Arbeitsgänge in eine gegenseitige Abhängigkeit und damit in eine gewisse Zwangsläufigkeit gebracht wird.
- b) Fertigung mit gleichzeitigem Kolonneneinsatz: Arbeitsverfahren in der Reihenfertigung, bei dem die einzelnen Kolonnen im gleichen Zeitschritt¹ arbeiten.
- c) Hand in Hand-Arbeit: Arbeitsverfahren in der Reihenfertigung, bei dem das Werkstück von Hand zu Hand geht, ohne daß für dasselbe eine Pause in der Bearbeitung eintritt.
- d) Arbeit im Einzelakkord: Akkordarbeit (Gedinge), die von einem Arbeiter allein ausgeführt wird.
- e) Arbeit im Gruppenakkord: Akkordarbeit (Gedinge), die von einer Gruppe (Kolonne) von Arbeitern ausgeführt wird.
3. Arbeitsleistung. (Die auf eine bestimmte Zeit bezogene oder die in der Zeiteinheit geleistete Arbeitsmenge.)
- a) Optimale Arbeitsleistung: Leistung, die der Arbeiter oder der Facharbeiter ohne Überanstrengung, aber unter Einsetzung seiner vollen Arbeitskraft nach Maßgabe seiner körperlichen und geistigen Fähigkeiten während der Schichtzeit hergeben kann.
- b) Arbeitsstreckung: Absichtliches Nachlassen in der optimalen Arbeitsleistung.
- c) Arbeitsintensität: Verhältnis zwischen der augenblicklichen Leistung eines Arbeiters und der als optimal anzusehenden Arbeitsleistung².
- d) Arbeitspensum: Dem Arbeiter zur Ausführung übertragene und dem Umfange nach genau festgelegte Arbeitsmenge, die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt fertiggestellt sein muß.

¹ s. S. 18 und S. 158.

² Vgl. auch S. 170.

- e) Arbeitsfortschritt: Zunahme der geleisteten Arbeitsmenge innerhalb eines Auftrags zu bestimmten Zeiten, gemessen in Arbeiter-Stunden.
- f) Arbeitsfortschrittslinien: Linienzug, der den Arbeitsfortschritt in Abhängigkeit von der Zeit darstellt.

4. Zeiten.

- a) Zeitgliederung: Diese entspricht dem Refabblatt I—1. Für die Zwecke der reinen Handarbeiten sind einige Begriffe zum Teil mit kleinen Ergänzungen nachstehend nochmals angeführt:
- a) Einrichtezeit: Diejenige Zeit, die ausschließlich der Vorbereitung des Arbeitsplatzes, der Einrichtung der Maschine, des Werkzeugs und der Abrüstung dient und nur einmal für jede beliebige Stückzahl vorkommt.
- β) Grundzeit: Diejenige Zeit, die für die Ausführung des Arbeitsganges an einem Werkstück oder des Montageauftrags erforderlich ist, ausschließlich der Verlustzeit. Sie setzt sich aus Handarbeitshaupt- und Handarbeitsnebenzeit zusammen.
- γ) Hauptzeit: Diejenige Zeit, während der die Form-, Lage- oder Zustandsänderung des Werkstückes nur oder fast nur durch Handarbeit erfolgt, oder während welcher Montage- oder Paßarbeit geleistet wird.
- δ) Nebenzeit: Diejenige Zeit, die nur mittelbar für Form-, Lage- oder Zustandsänderung des Werkstückes verbraucht wird, ohne daß irgendwelche Arbeitsmerkmale daran entstehen, oder diejenige Zeit, die die Montage- oder Paßarbeit nur mittelbar fördert.
- b) Zeitermittlung:
- a) Schätzen: Die Zeit wird auf Grund einer rohen Rechnung ermittelt, wobei der Arbeitsumfang nach praktischen Gesichtspunkten möglichst unterteilt wird (Arbeitsstufen).
- β) Vergleich und Erfahrungswerte: Die Zeiten für ein Werkstück oder für einen Montageauftrag können durch Vergleich mit dem schon bekannten Zeitbedarf ähnlicher Arbeiten ermittelt werden. Oder

es werden die Zeiten aus planmäßig zusammengestellten Unterlagen aufgebaut oder auf bestimmte Größen bezogen. (Bezugsgrößen, Bezugszeiten s. S. 10.) Die Zeitunterlagen oder Bezugszeiten beruhen entweder auf der Erfahrung oder auf Arbeitsaufnahmen mit der Stoppuhr.

γ) Genaue Zeitaufnahmen bei der Arbeitsausführung:

Diese erfolgen nach den Richtlinien des Refablattes VI—1. Für die Auswertung der Zeiten bei Schlosser- und Montagearbeiten kommt vorwiegend die Mittelwertsmethode in Betracht.

δ) Organisatorische Mittel:

Hier wird durch geeignete Terminverfolgung, Zwanglauf der Werkstücke oder der Maschinenteilgruppen durch den Betrieb¹, ferner durch Zeitakkord, der Werkstatt die Fertigstellungszeit soweit als möglich vorgeschrieben.

c) Verlustzeit:

Zeit innerhalb der Arbeitszeit am Werkstück oder am Montageauftrag, während der die Arbeit nicht vorwärts geht, weil sie durch nicht vorauszusehende, unregelmäßige Vorgänge unterbrochen werden mußte. Mit solchen Störungen ist bei jeder Arbeit zu rechnen; ihr Umfang hängt von den jeweiligen Betriebsverhältnissen und von der Werkstättenorganisation ab.

d) Wartezeit:

Eine Verlustzeit, die durch Warten entsteht.

e) Normzeiten:

Zeiten für kleine Arbeitskomplexe, die bei den verschiedensten Teilen und Arbeitsvorgängen immer wieder genau in derselben Weise vorkommen. Ihre Größe ist durch genaue Zeitaufnahmen ein für allemal festzulegen, so daß sie bei der Stückzeitermittlung in der verschiedensten Aneinanderreihung immer wieder benutzt werden können. Sie sollten Dauerwert haben, also womöglich auch in andere Werkstätten mit annähernd den gleichen Arbeitsbedingungen unmittelbar übertragbar sein. Wegen der

¹ Vgl. auch S. 119.

Kleinheit der Griffkomplexe sind die Normzeiten — besonders bei reinen Handarbeiten — von den wechselnden Arbeitsbedingungen in den verschiedenen Betrieben verhältnismäßig wenig abhängig. Näheres s. unter Umschau und Schrifttum, S. 300.

f) Richtzeiten:

Diese Zeiten haben weniger genauen Charakter als die Normzeiten und werden daher für größere Arbeitskomplexe oder Arbeitsstufen aufgestellt. Sie stellen in der Reihenfertigung eine Art „Arbeitsaufnahme“ dar. Vgl. S. 300. Sie sind für andere Werkstätten dann verwendbar, wenn ein Korrektionsfaktor die anderen Arbeitsbedingungen oder die geänderte Arbeitsausführung in den verschiedenen Werkstätten berücksichtigt.

g) Vergleichszeiten:
(Vergleichseinheiten)

Als solche dienen Herstellungszeiten von Erzeugnissen, die in derselben Form häufig wiederkehren und infolgedessen genau erfaßt sind. Bei der Vorkalkulation von abweichenden Ausführungen können diese Zeiten zum Vergleich herangezogen oder gleich 1 gesetzt werden, so daß man für den Zeitbedarf anderer Erzeugnisse einfache Vergleichszahlen erhält; s. z. B. S. 15.

h) Zeitschritt:

Zeit zwischen Beginn und Beendigung eines Bearbeitungsvorganges in der Reihenfertigung, wobei angenommen ist, daß die Werkstücke oder Maschinenteilgruppen hintereinander von Arbeitsvorgang zu Arbeitsvorgang wandern (Gruppenfabrikation) oder auch, daß das Werkstück oder die Maschinenteilgruppe am Platze bleibt, und die verschiedenen Arbeiterkolonnen der Reihe nach am Werkstück oder am Montageplatz ihre Arbeitsaufträge ausführen.

i) Bezugszeit:
(Bezugsgröße)
(Bezugseinheit)

Diese soll für die Beurteilung des Zeitbedarfs einer Arbeit als Maßstab dienen. Je nach den Verhältnissen kann man den Gesamtzeitbedarf einer Arbeit in Beziehung setzen zur Oberfläche, zum Inhalt oder zum Gewicht des Werkstücks; ferner zu bestimm-

ten Abmessungen wie Durchmesser, Länge, Breite usw., oder auch zur Stückzahl. Man erhält so die Zeiten für 1 lfd. m, 1 m², 1 Stück usw. und kann nach diesen Zeitwerten sodann weitere Arbeiten veranschlagen bzw. vergeben.

5. Herstellung und Fertigung.

- a) Fertigungsauftrag: Kennzeichnung des Gesamtumfanges der Fertigung. (Nach Refablatt I—2.)
- b) Fertigungsplan: Zusammenfassung aller Arbeitsvorgänge für eine Fertigungseinheit (Werkstück, Einzelteil, Teilgruppe oder ganzes Erzeugnis). (Entsprechend Refablatt I—2.)
- c) Teileerzeugung: Herstellung und Fertigung der Werkstücke durch spanlose und spanabhebende Formung.
- d) Teilevereinigung: Zusammenfassung für die beim Zusammenpassen und beim Zusammenbau (Montage) vorkommenden Arbeiten: Einpassen von Einzel- oder Verbindungsteilen, Zusammenbau von Maschinenteilgruppen¹, und zwar von Neben-, Verbindungs-, Unter- und Hauptgruppen, ferner der Fertigzusammenbau.

Bemerkungen: Die Zusammenbauarbeiten, wie sie in der Metalle und Holz verarbeitenden Industrie, insbesondere beim Zusammenbau (Montage) von Maschinen vorkommen, sind fast ausnahmslos reine Handarbeiten, während bei der eigentlichen Erzeugung, d. i. bei der Herstellung und Fertigung von Werkstücken, die Handarbeit durch die Verwendung von Arbeits- und Werkzeugmaschinen bald mehr, bald weniger eingeschränkt wird. Ersetzen wir vorübergehend den Ausdruck „Werkstück“ durch „Teil“, und den Ausdruck „Zusammenbau“ (Montage) durch den allgemeineren „Teilevereinigung“ (u. U. auch „Teiletrennung“), so finden wir also, daß die Verwendung von Arbeits- und Werkzeugmaschinen bei der Erzeugung von Teilen (Teileherstellung, Teilefertigung) im ganzen größere Fortschritte gemacht hat als bei der Vereinigung von Teilen. Beim Zusammenbau einer Maschine oder irgend eines vierteiligen Geräts ist eben meist eine so große Mannigfaltigkeit verschiedenartiger

¹ Vgl. S. 265.

Griffe oder Handverrichtungen nötig, daß sie nicht durch Maschinen ausgeführt werden können. Hier ist und bleibt die menschliche Hand infolge ihrer hohen Anpassungsfähigkeit der Maschine weit überlegen. Sobald aber die Verrichtungen von Hand auch beim Zusammenbau sich auf eine verhältnismäßig kleine Zahl beschränken lassen und gleichzeitig die Stückzahlen ins Große wachsen, tritt die Maschine auch bei der Teilevereinigung in erfolgreichen Wettbewerb mit der menschlichen Hand; vgl. z. B. Füllen von Tuben, das Verpacken von Massengütern (Kaffee, Zigaretten), Kisten-Nagelmaschinen, Maschinen zum Kugelsortieren, Etikettier- und Markenklebmaschinen, Flaschen-spül- und Verschußmaschinen.

Reine Handarbeiten kommen überwiegend auch in der Schlosserei vor, in der außer den Vollendungs- und ausgleichenden Arbeiten am einzelnen Werkstück (Stückschlosserei) fast stets auch das Zusammenpassen mit anderen Teilen in Betracht kommt. Die Schlosserei bildet also eine unmittelbare Vorstufe des Zusammenbaues. Auch beim Nieten, bei der Holzfertigung, beim Lackieren usw. sind Handarbeiten noch stark vertreten.

III. Eigenart der reinen Handarbeiten hinsichtlich der Erfassung ihres Zeitbedarfs.

Die Arten der Zeitermittlung bei Handarbeiten sind bereits unter Grundbegriffe 4—b, S. 8, angeführt. Bei größeren Schlosser- und Zusammenbauarbeiten kommt der Organisation der Betriebe ein immer größerer Einfluß auf die Fertigungszeit zu. Bei den Betrachtungen hierüber ist sowohl die Entlohnung im Zeitlohn wie auch im Akkord ins Auge zu fassen.

A. Die Fertigung erfolgt im Zeitlohn (Stundenlohn).

Es kommen Arbeiten vor, für die der Zeitbedarf mit dem besten Willen im voraus nicht sicher angegeben werden kann. Solche sind z. B.: Wiederherstellen durch den Gebrauch in der Gießerei beschädigter, schwieriger Modelle, ferner Wiederinstandsetzen von Werkzeugen aller Art, oder von abgenützten oder beschädigten Maschinen, verantwortungsreiche Instandsetzungen im Betrieb des Krafthauses usw. Auch Neuanfertigungen oder Erstausführungen können u. U. der Zeitvorausbestimmung schwer zugänglich sein; so z. B. neue Maschinentypen, bei denen während des Baues noch konstruktive Änderungen eintreten, — so daß die Einzelteile nicht rechtzeitig fertig werden —, und bei denen die rationelle Fertigung erst entwickelt werden muß. Bei Instandsetzungen wird man daher häufig von der Abgabe eines Angebots absehen und mit dem Besteller vereinbaren, daß die

Berechnung auf Grund der Nachkalkulation erfolgt. Solche Fälle sind nicht zu vermeiden, obwohl es bekanntlich bei der Reichsbahn gelungen ist, auch die Instandsetzung von Lokomotiven, Tendern, Eisenbahnwagen usw. im Gedingeverfahren (Akkord) an die Arbeiter zu vergeben. Bei neuen Typen, die auf Lager gefertigt werden, dienen die nach der Fertigstellung ermittelten Lohnkosten — sei es Akkord- oder Zeitlohn — bzw. die vollständigen Selbstkosten zur Bildung des Angebotpreises.

Jedenfalls kommt es vor, daß auch im Zeitlohn oder kurz im „Lohn“ ausgeführte Arbeiten der Vorkalkulation dazu dienen müssen, um für andere ähnliche Arbeiten einen Anhalt über deren optimalen Zeitbedarf zu gewinnen. Dies schließt eine gewisse Gefahr in sich, denn gewöhnlich dauert die gleiche Arbeit im Lohn länger als im Akkord, und es muß daher auch bei Lohnarbeiten ein gewisser Anreiz für den Arbeiter geschaffen werden, um ein Optimum an Leistung und damit an Erzeugung zu erzielen. Stets ist dabei vorauszusetzen, daß die Fertigung gut beaufsichtigt ist und daß die Arbeitsbedingungen so günstig sind, wie dies bei einer im modernen Geiste geleiteten Werkstatt erwartet werden darf. Da bei umfangreichen Instandsetzungsarbeiten oder bei Neuausführungen ein Fertigungsplan oft nur in rohen Umrissen aufgestellt werden kann und manche oder auch viele Überlegungen der Sachkenntnis des Facharbeiters überlassen bleiben, so wird man nur solche Arbeiter zu den genannten Lohnarbeiten zulassen, die ihre Leistungsfähigkeit und Rührigkeit bereits bei normalen Akkordarbeiten nachgewiesen haben. Selbstverständlich muß dann ihr Zeitlohn so bemessen sein, daß er dem mittleren Stundenverdienst dieser Arbeiter im Akkord ungefähr gleich kommt. Die Aussicht für einen Arbeiter zum Zeitlohn zugelassen zu werden — etwa zu auswärtigen Montagen —, bei dem er das gleiche verdient wie im Akkord, bildet für ihn einen Anreiz, auch bei der Akkordarbeit nicht mit seinen Leistungen zurückzuhalten.

Ein weiterer Anreiz ergibt sich, wenn größere Instandsetzungsarbeiten oder sonstige Arbeiten, deren Zeitbedarf schwer zu übersehen ist, an Arbeitergruppen oder -kolonnen vergeben werden, die gewissermaßen im gegenseitigen Wettbewerb stehen. Der Umfang der Arbeiten für die einzelnen Arbeitergruppen muß schätzungsweise gleich groß sein, so daß die Fertigungszeiten, die die einzelnen Kolonnen erzielt haben, einen gewissen Schluß zulassen, welche Gruppe geschickter oder rühriger gearbeitet hat.

Da, wie schon früher hervorgehoben, die Arbeitskollegen sich erfahrungsgemäß gegenseitig am schärfsten beurteilen, so wird eine so vorbereitete „Lohnarbeit“ u. U. ebenfalls zu einer optimalen Produktion führen können.

B. Die Fertigung erfolgt im Akkord, oder überhaupt nach einem Entlöhnungsverfahren, bei dem die Zeit vorgegeben ist (Prämienverfahren).

Bei Akkordarbeiten, die in der Maschinen- und metallverarbeitenden Industrie die Regel bilden, bietet die Vorausermittlung der Arbeitszeit bei umfangreicheren und verwickelteren Handarbeiten, wie etwa der Zusammenbau einer Lokomotive, die Schlosserarbeit an einer Dieselmotor-Brennstoffpumpe, das Einpassen von Achslagergehäusen in einen Lokomotivrahmen, beträchtliche Schwierigkeiten, die wir uns zuerst vor Augen führen wollen, um sodann an ihre Behebung zu denken. Dabei ist vorausgesetzt, daß der Arbeiter, z. B. der Schlosser, beim Zusammenbau alle nötigen Teile zur Verfügung hat, und daß somit keine Verlustzeit durch Warten (Wartezeit) auf den einen oder anderen Teil entsteht. Wenn im übrigen richtige Arbeitsvorbereitung und günstigste Arbeitsbedingungen vorausgesetzt werden, so verbleiben bei der Bestimmung richtiger Zeiten noch folgende Schwierigkeiten:

1. Die Leistung des ausführenden Arbeiters muß im Verhältnis zum „normalleistungsfähigen“ Arbeiter eingeschätzt werden. Diese Schwierigkeit vergrößert sich noch beim Gruppenakkord.

2. Die Hauptschwierigkeit ist die, mit Sicherheit zu erreichen, daß der Arbeiter dauernd das Optimum seiner Leistungsfähigkeit hergibt. Ein Urteil darüber, ob diese Voraussetzung zutrifft, ist aber meist nicht einfach zu erhalten. Solange nicht sicher ist, daß die Arbeit störungsfrei und mit dem besten Willen der Arbeiter, ihre ganze Leistungsfähigkeit zu entfalten, vor sich geht, sind mühevoll und kostspielige Zeitaufnahmen mehr oder weniger verfrüht.

3. Selbst wenn man annehmen darf, daß die Arbeiter mit optimaler Leistung tätig sind, bringt das Aufnehmen der Zeit¹ noch verschiedene Schwierigkeiten mit sich. Für einen bestimmten Auftrag brauchte man bei voll eingesetzter Leistung des Arbeiters allerdings nur Beginn und Ende der Fertigung zu notieren — der Arbeiter könnte sogar im Zeitlohn arbeiten —, aber der Zweck der eingehenden Zeit- oder Arbeitsaufnahmen ist offenbar der, auch für andere, ähnliche Fertigungsaufträge Unterlagen zu schaffen. (Richtzeiten, Bezugszeiten s. unter Grundbegriffe.) Hier gilt es nun, bei den Zeitaufnahmen in den Grenzen der Wirtschaftlichkeit zu bleiben. (Vgl. hierzu Refablatt VI --1.)

Bei reiner oder nur wenig wiederkehrender Einzelfertigung, wie etwa bei Wasserturbinen, Großgasmaschinen, Großhebezeugen ergeben sich viele Handarbeiten, deren Zeitbedarf im voraus schwer zu über-

¹ Vgl. Umschau und Schrifttum S. 306 u. f.

sehen ist und die auch der Bildung von Normzeiten wenig zugänglich sind, oder bei denen der Aufbau der Gesamtarbeitszeit aus Normzeiten unwirtschaftlich wäre. Auch bei solcher Fertigung muß man bestrebt sein, Anhaltspunkte für das Schätzen und Vergleichen zu gewinnen, selbst dann, wenn der Arbeitsplan dem Arbeiter nur in großen Umrissen angegeben werden kann und von Auftrag zu Auftrag stark wechselt. Man kann dann versuchen, eine umfangreichere Bezugszeit oder eine Vergleichszeit¹ (Vergleichseinheit) zu schaffen, auf die man die verschiedenen umfangreichen Arbeiten bezieht. Als Einheiten werden sich die Zeiten für solche Erzeugnisse eignen, die in gleicher Ausführung am häufigsten hergestellt werden und deren Fertigung und Kalkulation infolgedessen besonders gut durchgebildet ist. Die Zusammenbauarbeit an einer Zwillings-Wasserturbine oder einer Zwillingsturbine mit Druckkessel usw. wird dann etwa auf den Zusammenbau einer einfachen Wagerecht-Turbine mit dem gleichen Laufrad-Durchmesser bezogen. Man nimmt dann die Zeit für die Zusammenbauarbeit bei letzterer Turbine als Einheit an. Die Arbeitszeit für den Zusammenbau eines Güterwagens für Sonderzwecke könnte man etwa mit der für einen normalen 15-tonnigen Güterwagen nötigen Zeit vergleichen usw.

Bei wiederkehrender Einzel- oder kleiner Reihenfertigung mit vorwiegender Handarbeit wechselt u. U. die Stückzahl und auch die Arbeitsbedingungen sowie der Arbeitsplan vom einen zum anderen Mal. Hier ist es zweckmäßig, die einmal gemachten Zeit- oder Arbeitsaufnahmen übersichtlich so aufzuzeichnen, daß sie leicht auch für geänderte Verhältnisse nutzbar gemacht werden können. Derartige Aufzeichnungen sind aber bei reinen Handarbeiten meist nicht so leicht und sicher zu machen, wie dort, wo die Handzeit nur als Nebenzeit auftritt. Abgesehen von kleineren Zusammenbauarbeiten völlig maschinenfertiger Stücke etwa bei der Fließfertigung, haftet eben der Handarbeit, wenn sie auch als Hauptzeit vorkommt, nicht die gleiche Zwangsläufigkeit an, wie der Handarbeits-Nebenzeit in Verbindung mit Maschinenzeiten. Letztere Handarbeiten kommen bei den verschiedenen Maschinenarbeiten immer wieder in gleicher Art vor und weisen so von selbst auf die Bildung von Richtzeiten oder von Normzeiten hin, da hier auch eine gute Bildung von Durchschnittswerten möglich ist. Bei Schlosserarbeiten dagegen und im Zusammenbau bleibt dem Arbeiter eine viel größere Freiheit bei der Bearbeitungsfolge und bei der Wahl der Mittel zur Fertigung des Werkstücks bzw. zur Erledigung des Zusammenbau-Auftrages, von der er je nach den Umständen in verschiedener Weise Gebrauch macht. Seine Tätigkeit ist auch häufig

¹ S. u. Grundbegriffe S. 10.

eine mehr ausgleichende oder ergänzende, indem er diejenigen Vollendungsarbeiten ausführt, die durch andere Verfahren (Gießen, Schmieden, Pressen, spanabhebende Bearbeitung) nicht ausgeführt werden konnten. Hierzu gehört z. B. das Nachfeilen von Übergängen, das Abnehmen des Grates, das Einschaben von Lagern, das Einschleifen von Ventilen, alle Arten von Verputzarbeiten, Beseitigung von Bearbeitungsfehlern und -rückständen, Nachdichten, Einpassen nicht maschinenfertiger Stücke usw. All' dies erschwert die Bildung von Normzeiten, und die Zeitaufnahmen und -aufschreibungen werden sich daher häufig auf größere Griffkomplexe beschränken müssen. Hierüber vgl. z. B. S. 300.

Nunmehr seien die vorstehenden Punkte 1—3 näher betrachtet:

Zu 1. Schätzung der Leistungsklasse des ausführenden Arbeiters. Handelt es sich um größere Reihenfertigung, für die sich Zeitaufnahmen mit verschiedenen Arbeitern bei den gleichen Arbeitsgängen lohnen, so ist das Verhältnis der Leistungsfähigkeit der Arbeiter nicht allzu schwer festzustellen. Es entspricht dem Verhältnis der Handarbeitszeiten, in denen die verschiedenen Arbeiter den gleichen Auftrag fertiggestellt haben, wobei gleiche Güte der Herstellung, die dem Verwendungszweck des Erzeugnisses entsprechen muß, vorausgesetzt ist. Die benötigte Zeit ist von der körperlichen und geistigen Rührigkeit der Arbeiter abhängig, wobei sich diese beiden Eigenschaften je nach der Art des Fertigungsauftrags in wechselndem Verhältnis auswirken müssen. Wenn sich aber eingehendere Zeitaufnahmen nicht lohnen, kann man einen Auftrag u. U. vom Vorarbeiter, vom Obermonteur oder von einem vertrauenswürdigen guten Arbeiter ausführen lassen und an Hand der von ihm gebrauchten Zeit auf die Leistungsklasse anderer Arbeiter schließen.

Werden die Arbeitergruppen oder -kolonnen z. B. für größere Zusammenbauarbeiten von erfahrener, zuständiger Seite zusammengestellt, so ist schon von vornherein ein Teil der Schwierigkeiten, die die Zeitschätzung mit sich bringt, aus dem Wege geräumt und eine gewisse Gewähr für eine annehmbare Arbeitsleistung gegeben. Es ist bekannt, wie sorgfältig ein tüchtiger Gruppenführer, der aus dem Akkord etwas herausholen will, seine Leute auf die einzelnen Arbeiten verteilt, da er sie eben bezüglich ihrer allgemeinen Tüchtigkeit, ihrer handwerklichen Geschicklichkeit, ihrer geistigen Fähigkeiten, ihrer Selbständigkeit und ihrer seelischen Einstellung zur Arbeit genau kennt.

Zu 2. Erzielung der optimalen Arbeitsleistung durch organisatorische Maßnahmen. Ideale Arbeitskräfte, die jederzeit ohne äußeren Druck ihr Bestes, d. h. ihre optimale Arbeitsleistung hergeben, sind Ausnahmen. Hierbei ist der Begriff „Arbeitskräfte“

ganz allgemein zu denken, so daß auch der reine „Kopfarbeiter“ einzubeziehen ist. Sowohl körperliche als auch geistige Arbeit wird häufig nur deshalb in einer bestimmten Zeit geleistet, weil es eben sein muß, und dasselbe gilt naturgemäß von der Handarbeit, die sich gewöhnlich aus beiden Tätigkeitsarten zusammensetzt. Wo es möglich ist, muß also dafür gesorgt werden, daß sich der Arbeitsablauf unter einer gewissen Zwangsläufigkeit vollzieht, oder daß der Fertigungsauftrag an eine bestimmte Zeit gebunden wird. Dies ist besonders bei solchen umfangreicheren Handarbeiten nötig, die sich gegen die Aufstellung oder die Verwertung von Normzeiten spröde verhalten. Hiernach treten zur Festsetzung des Zeitbedarfs durch Zeitaufnahmen, durch Schätzen und durch Vergleichen noch organisatorische Maßnahmen hinzu.

Sofern dem Arbeiter hinsichtlich der Fertigung völlig freie Hand gelassen ist, besteht die Gefahr, daß er sich zu lange mit Nebenarbeiten aufhält, daß er z. B. allerlei kleine Mängel und Schönheitsfehler beseitigt, die ihm aufgefallen sind und die besser zu anderer Zeit insgesamt bearbeitet worden wären. Im Gegensatz zu dieser besonders bei der Einzelfertigung häufig anzutreffenden Arbeitsweise erhöht sich die Arbeitsintensität, wenn der Arbeiter weiß, daß er mit dem Arbeitsfortschritt zeitlich verkettet ist, und daß alles davon abhängt, daß er mit seinem Pensum zur festgesetzten Zeit fertig wird. Er ist dann genötigt, sein Augenmerk auf das Wesentliche zu richten und die Genauigkeit und Sauberkeit der Ausführung nur nach dem Verwendungszweck des Erzeugnisses bzw. nach der Zeichnungsvorschrift einzurichten.

Eine solche Bindung des Fertigungsauftrags an die Zeit entsteht nun bei Reihenfertigung dadurch, daß sich einzelne oder auch ganze Gruppen von Arbeitern gegenseitig in die Hände arbeiten müssen, also bezüglich des Zeitbedarfs für ihre Fertigungsaufträge in gegenseitiger Abhängigkeit stehen. Dann stellt sich erfahrungsgemäß die Mehr- oder Minderbeanspruchung einer Arbeitskolonne gegenüber den anderen rasch heraus und es kann Abhilfe getroffen werden. Bei sachkundiger Kontrolle regeln und stellen sich dann die Arbeitszeiten und Arbeitsgeschwindigkeiten bald von selbst in richtiger Weise ein.

Das bekannteste Beispiel für eine solche Abhängigkeit in den Fertigungszeiten ist der „fließende Zusammenbau“ z. B. auf dem wandernden Band oder der Kette bei der Montage von Motoren, Fahrrädern u. dgl.¹. Hier ist der Arbeitstakt so vollständig durch das wandernde Band usw. gegeben, daß die Festsetzung von Akkorden überhaupt entbehrlich ist. Verhältnismäßig einfach liegen also die Verhältnisse

¹ Über Fließarbeit s. Mäckbach-Kienzle, VDI-Verlag, 1926.

für diejenige Industrie, die recht große Stückzahlen von einem und demselben Erzeugnis herzustellen hat. In der deutschen Maschinenindustrie überwiegt aber noch die wiederkehrende Einzelfertigung und kleinere Reihenfertigung, und wir suchen daher auch für diese die Vorteile der Fließarbeit nutzbar zu machen. Hierbei wird in Gruppenfabrikation gearbeitet¹. Bei Handarbeiten ist es dabei u. U. gleichgültig, ob die Werkstücke oder Maschinenteilgruppen von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz wandern, oder umgekehrt die Arbeiterkolonnen von Montageplatz zu Montageplatz². Wenn die Kolonne 1 die ihr zukommende Arbeit z. B. am Motor I (Montageplatz I) beendet hat und am nächsten Motor II dieselbe Arbeit in Angriff nimmt, so beginnt Kolonne 2 am Motor I mit ihrem Auftrag usw.

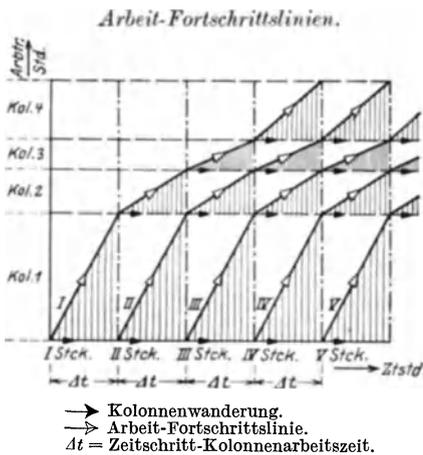


Abb. 1. Fertigung mit gleichzeitigem Kolonneneinsatz (Hand in Hand-Arbeit).

Abb. 1 zeigt diese Art der Hand in Hand-Arbeit in schematischer Darstellung. Auf der Abszissenachse sind die Tagesstunden (Zeitstunden), auf der Ordinatenachse die Arbeiterstunden, d. h. die am Stück oder am Auftrag (Motor, Lokomotivrahmen usw.) geleistete Arbeitsmenge oder der Arbeitsfortschritt, aufgetragen. Da die Arbeitszeiten der Kolonnen je Arbeitsvorgang, oder von Platzwechsel zu Platzwechsel, je gleich und gleichbleibend — gleicher Zeitschritt —, so sind die Arbeitsmengen oder Arbeits-

fortschritte am Auftrag für die einzelnen Kolonnen im Verhältnis der Arbeiterzahlen verschieden.

Denkt man sich entweder die Kolonnen bei der Arbeit von Stück zu Stück wandernd, oder umgekehrt die Werkstücke (Motor, Rahmen, Maschinenteilgruppe) auf einem gleichförmig bewegten Band durch die der Zahl nach gleichmäßig verteilt gedachten Arbeiterkolonnen hindurchgezogen, so erhält man den Arbeitsfortschritt (Arbeiterstunden) in Abhängigkeit von der Zeit als Linienzug — Arbeitfortschrittslinien.

Nach Zurücklegung des Zeitschritts nimmt jede Kolonne das nächste Werkstück oder den nächsten Auftrag in Angriff. Man könnte also von einer „Fertigung mit gleichzeitigem Kolonneneinsatz“ sprechen.

¹ Vgl. Hellpach-Lang, Gruppenfabrikation. Berlin: Julius Springer, 1922.

² S. Gottwein, „Maschinenbau“ Bd. 5 (1926) S. 297.

Ist es aber aus praktischen Gründen nicht gelungen, Kolonnen mit gleicher Arbeitszeit oder gleichem Zeitschritt zu bilden, ist z. B., wie in Abb. 2, $\Delta t' < \Delta t$ oder $\Delta t - \Delta t' = w_2$, so sind w_2 die einzelnen Wartezeiten der Kolonne 2, ehe diese jeweils das nächste Stück aus den Händen der Kolonne 1 in Angriff nehmen kann. Treten diese Wartezeiten in der Werkstatt z. B. infolge Arbeitsstreckung nicht zutage, so müssen sie aber durch genaue Zeitaufnahmen als Verlustzeiten festgestellt, so lassen sie sich ausmerzen. Man denkt sie sich zu diesem Zweck zusammengelegt und setzt z. B.



Abb. 2. Fertigung mit Wartezeiten (Hand in Hand-Arbeit).

Kolonne 2 erst ein, wenn eine Zeit $W_2 = \Sigma w_2$ seit dem Arbeitsbeginn der Kolonne 1 verflissen ist; s. Abb. 3.

Die Kolonne 3 wird frühestens nach der Zeit $W_3 = \Sigma w_3$ eingesetzt usw., so daß jede Kolonne nach ihrem Einsetzen bis zur Erledigung der gesamten Stückzahl laufend weiter arbeiten kann. Man hat also eine „Fertigung mit

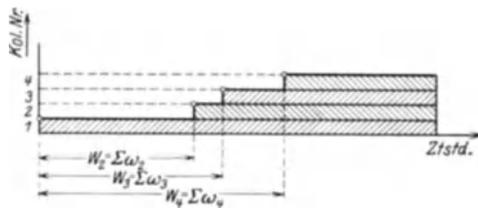


Abb. 3. Fertigung mit befristetem (verschiedenzeitigem) Kolonneneinsatz.

befristetem (verschiedenzeitigem) Kolonneneinsatz“. Die Zeiten W_2, W_3 usw. können, da sie genügend groß sind, von den Kolonnen für andere Arbeiten ausgenutzt werden und verlieren dadurch den Charakter von Verlustzeiten. Die Aufzeichnung des Zeitbedarfs eines Fertigungsauftrags unterteilt nach Kolonnen oder allgemein nach Arbeitsvorgängen in Form einer Arbeitfortschrittslinie ist zugleich ein guter Anhalt für die Zeitvorausberechnung späterer ähnlicher Arbeitsaufträge. Sie kann auch zur Kontrolle dafür dienen, ob Abschlagszahlungen, die auf einen längeren Akkord geleistet werden, dem tatsächlichen Arbeitsfortschritt entsprechen.

Die Schwierigkeiten, die Arbeitsleistung an die Zeit zu binden, wachsen offenbar immer mehr, wenn die kleine Reihenfertigung schließlich in die Einzelfertigung übergeht. Hier treten die Zeitaufnahmen

fast ganz zurück, höchstens daß man noch kontrolliert, ob gewisse Griffkomplexe, für die man eine Art Normzeiten bei der Reihenfertigung anderer Aufträge gewonnen hat, auch jetzt keine unzulässige Zeit beanspruchen. Es wird also immer schwerer, die Fertigung in dem erwünschten Zwangslauf zur Erzielung optimaler Fertigungszeiten zu erhalten. Die Schätzung der Zeit durch Vorarbeiter und Meister kann hier durch Heranziehung von Arbeitsfortschrittslinien ähnlicher Aufträge wesentlich unterstützt werden. An Hand derselben wird dem Einzelarbeiter oder auch einer Kolonne nicht nur die gesamte Fertigungszeit vorgegeben (Zeitakkord), sondern auch die Zeiten, bis zu denen gewisse Punkte der Arbeitsfortschrittslinie, mit anderen Worten gewisse Stationen des Fortschrittes erreicht sein müssen. Wie durch den Fahrplan die mittlere Fahrtgeschwindigkeit eines Eisenbahnzuges zwischen den Stationen gegeben ist, so wird nunmehr die mittlere Geschwindigkeit der Fertigung zwischen den Stationen im Arbeitsfortschritt bestimmt. Eine derartige Zeitvorgabe veranlaßt den Meister, sich genaue Rechenschaft über den möglichen Arbeitsfortschritt zu geben. Ferner gestattet die Verwendung einer Arbeitsfortschrittslinie anzugeben, wann die für einen glatten Arbeitsfortschritt erforderlichen Hauptteile an Ort und Stelle, z. B. am Montageplatz, sein müssen¹ (auswärts bestelltes Material, Maschinenteilgruppen aus der Schlosserei, Werkstücke aus der Schmiede, aus der mechanischen Werkstatt usw.). Damit wird beim Zusammenbau einer Großgasmaschine, einer Lokomotive u. dgl. eine Verkettung oder Verkoppelung der Fertigungszeiten erreicht, die nunmehr auch die Teilschlossereien, die Kesselschmiede, die Schmiede usw., überhaupt die Zubringerwerkstätten in höherem Maße an die vorgesehenen Stückzeiten bindet, als dies durch den Anreiz des Akkordes allein möglich ist.

Indem man gleiche oder ähnliche Arbeiten parallel durch verschiedene Arbeitergruppen ausführen läßt, wird der Wettbewerb zwischen den Gruppen angeregt, d. h. die gegenseitige Schätzung und Beurteilung des Arbeitsumfanges und Zeitbedarfs der verschiedenen Aufträge. Ferner wird zum Nutzen des Arbeitsfortschritts eine lebhaftere Kritik über das Vorgehen bei der Auftrags erledigung in den einzelnen Gruppen selbst einsetzen und an Stelle von Streitigkeiten ein friedlicher Wettstreit treten.

Während bei der maschinellen Bearbeitung die Zeitstudie sich in der Regel nur auf die Handgriffe des einzelnen Arbeiters bezieht, haben wir es bei der reinen Handarbeit vielfach mit Arbeiterkolonnen zu tun. Die Zeitstudie muß hier sowohl auf jeden einzelnen Arbeiter bezogen, als auch hinsichtlich des gegenseitigen zeitlichen Zusammen-

¹ Vgl. G. Laufs, S. 119 u. f.

arbeitens angewendet und ausgewertet werden. Dabei genügt es nicht, daß man, um schneller zum Ziel zu kommen, Anfang und Ende des zu untersuchenden Arbeitsvorganges notiert, vielmehr ist zu untersuchen, wie sich der Arbeitsfortschritt während der ganzen Dauer des Arbeitsvorganges in den einzelnen Entwicklungsstadien abspielt. In den meisten Fällen wird sich ergeben, daß der Arbeitsverlauf durchaus nicht immer gleichmäßig vor sich geht, sondern daß an gewissen Punkten Stockungen eintreten, Verlangsamungen des Arbeitstempes oder sogar Wartezeiten, kurz Störungen, die in jedem Betriebe vorkommen und die den Arbeitsfortschritt ungünstig beeinflussen. Der Handarbeiter ist nicht imstande, ungestört während der ganzen Schicht seine optimale Arbeitsleistung zu entfalten;

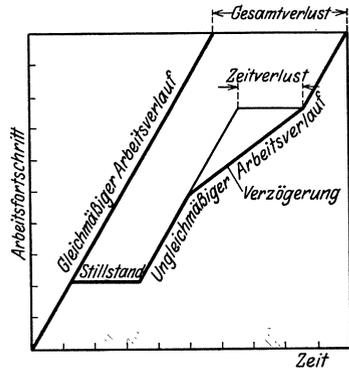


Abb. 4. Arbeitsfortschrittslinien.

es treten immer Verlustzeiten ein, so daß ein vollkommen gleichmäßiger Arbeitsfortschritt praktisch nicht durchführbar ist, ganz abgesehen davon, daß der Handarbeiter in viel größerem Maße als der Maschinenarbeiter mit der Zeit ermüdet. In Abb. 4 sind 2 verschiedene Arbeitsfortschrittslinien gezeigt; eine optimale, die für einen vollkommen gleichmäßigen Arbeitsverlauf kennzeichnend ist, und eine zweite der Wirklichkeit eher entsprechende, die einen ungleichmäßigen Arbeitsverlauf anzeigt. Jede Abweichung von der optimalen Arbeitsfortschrittslinie stellt eine mehr oder weniger große Verlustzeit dar. Die Auswertung der Zeitaufnahme gibt nicht nur einen Überblick über die einzelnen Zeiten, sondern auch über die Ursachen der jeweils auftretenden Verlustzeiten, und weist darauf hin, in welchen Punkten man den Arbeitsvorgang verbessern kann¹. Als Erfolg einer solchen Zeitaufnahme ergibt sich also die Rationalisierung der Arbeitsvorgänge, sowie die Verbesserung des Zusammenarbeitens innerhalb der Gruppe mit dem Ziel, Wartezeiten möglichst auszuschalten. Der richtige Einsatz oder Arbeitsbeginn der einzelnen Kolonnen und die günstigste Zahl der Arbeiter muß sich auf Grund der Zeitstudie für jeden Arbeitsgang ermitteln lassen. Unter Umständen zeigt es sich, daß eine Unterteilung in mehrere Kolonnen vorteilhafter ist, wie an dem folgenden Beispiel aus dem Zusammenbau von Blattfedern gezeigt werden soll.

Die in Abb. 5 dargestellten Federn werden in der Weise zusammengebaut, daß man die entsprechend vorbereiteten einzelnen Federlagen

¹ s. Freund-Wüstehube, S. 157.

zunächst in der richtigen Reihenfolge zusammenlegt und durch Schraubzwingen provisorisch bindet. Alsdann erfolgt das Aufziehen der im Glühofen auf Hitze gebrachten Federbunde. Diese Arbeit ist dadurch

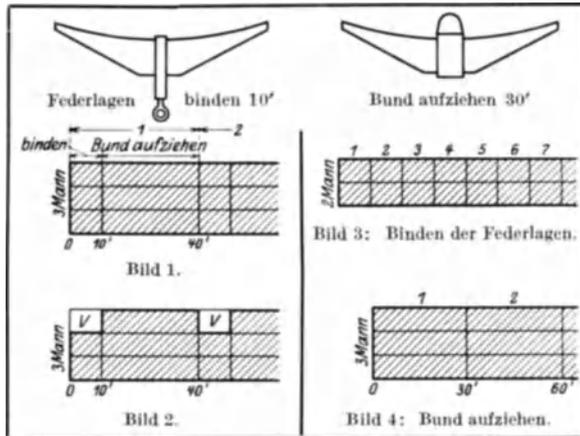


Abb. 5. Zusammenbau von Blattfedern.

an eine ganz bestimmte Zeit gebunden, daß sie in einer Hitze erfolgen muß, weil sonst der Bund kalt wird und womöglich auf halbem Wege sitzen bleibt. Da die Federn bei ihrem großen Gewicht sich schwer handhaben lassen, sind zu der Arbeit 3 Mann erforderlich. Das Binden

der Federlagen und das Aufziehen des Bundes dauert insgesamt etwa 40 Minuten. Trägt man sich in graphischer Form wagerecht die Zeiten und senkrecht die Stärke der Kolonnen auf, so erhält man die in Abb. 5 wiedergegebene Darstellung. Eine einfache Zeitaufnahme ergab nun, daß für das Zusammenlegen und das Binden der Federlagen — eine Arbeit, die etwa 10 Minuten dauert — 2 Mann ausreichen, daß also durch den 3. Mann eine Verlustzeit V entsteht. Die Verlustzeit trat als solche nicht offen in Erscheinung und wurde erst durch die Zeitaufnahme festgestellt.

Die Arbeit wurde daraufhin anders verteilt, und zwar auf 2 Kolonnen. Eine besondere Kolonne von 2 Mann übernahm lediglich das Binden der Federlagen, und die bisherige Gruppe von 3 Mann besorgte nur das Bundaufziehen. Die erste Kolonne, die an einer Feder nur 10 Minuten zu tun hat, schafft, ohne auf die andere Kolonne warten zu müssen, einen gewissen Vorrat. Die 3 Mann der 2. Kolonne sind durch die neue Arbeitsverteilung ebenfalls voll beschäftigt. Dieses Beispiel, das sinngemäß auf beliebige andere Arbeiten im Gruppenakkord übertragen werden kann, zeigt, wie bei Zusammenbauarbeiten die günstigste Verteilung der Arbeiten auf die einzelnen Gruppen und gleichzeitig deren Stärke mit Hilfe der Zeitstudie ermittelt werden kann.

Zu 3. Über Zeitaufnahmen bei reinen Handarbeiten sei auf die folgenden Abhandlungen verwiesen; insbesondere s. S. 47 u. 146.

Entwicklungs- und Berechnungsbeispiele für Teil- und Zusammenbau- Schlosserarbeiten^{1,2}.

Von Fr. Schleif.

I. Teilschlosserarbeiten.

A. Allgemeines.

In den einführenden Abschnitten und bei der Erklärung der Grundbegriffe S. 6 ist das Erforderliche über die Eigenart der reinen Handarbeit — d. h. wenn diese sowohl in der Haupt- wie auch in der Nebenzeit auftritt — gesagt worden. Hier brauchen daher nur Entwicklungs- und Anwendungsbeispiele gegeben zu werden.

Aus dem großen Gebiet der Handarbeit wird im folgenden nur ein Abschnitt behandelt, nämlich die Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeit aus dem mittleren Maschinenbau mit Entwicklung und Anwendung der Zeitberechnung für einige Beispiele aus dem Buchdruckereimaschinen- und Werkzeugmaschinenbau.

Für die Teil-Schlosserarbeiten werden gebildet:

a) Kalkulationselemente für die Berechnung von Bearbeitungszeiten für Arbeitsgänge an einzelnen Maschinenteilen, und zwar:

1. Bezugszeiten und Entwicklungsbeispiele für Arbeiten in der Teilschlosserei wie:

- α) anreißen und ankörnen,
- β) feilen (Flach- und Formflächen),
- γ) schaben (flache und runde Paß-, Sitz-, Gleit- und Richtflächen),
- δ) aufreiben (zylindrische und konische Bohrung),
- ϵ) Gewindeschneiden (von Hand).

Um ein weiteres Eindringen in den Aufbau der Entwicklungs- und Gebrauchswerte zu ermöglichen, sind:

¹ Über die Benennungen bei Schlosserarbeiten vgl. S. 301.

² Ich kann nicht umhin, an dieser Stelle dem Herausgeber für alle mir bei der Durchsicht und Gruppierung dieser Arbeit zuteil gewordene Unterstützung meinen wärmsten Dank auszusprechen.

2. Anwendungsbeispiele zur Ermittlung der Arbeitszeit bei den Arbeitsgängen unter 1. α)— ϵ) an Hand der Berechnungsunterlagen aufzustellen.

Für die Zusammenbau-Schlosserarbeit werden entsprechend wie für die Teil-Schlosserarbeit gebildet:

b) Kalkulations-, Richt- oder Vergleichswerte zur Berechnung von:

1. Teilgruppen — Zusammenbau — Schlosserarbeiten.

α) Entwicklungsbeispiele,

β) Anwendungsbeispiele.

2. Hauptgruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten.

α) Entwicklungsbeispiele,

β) Anwendungsbeispiele.

Bevor an die Bildung von Unterlagen für die Arbeiten unter a und b herangegangen werden kann, ist Klarheit über:

c) Die Aufteilung der Arbeit und die Grundbegriffe herbeizuführen.

Bezüglich letzterer wird auf S. 6 sowie auf Refablatt I—1b hingewiesen und wiederholt, daß bei Handarbeiten die Hauptzeit t_h diejenige Zeit ist, während der die Form-, Lage- oder Zustandsänderung des Werkstückes nur durch Handarbeit erfolgt. Weitere Erläuterungen der Begriffe Hauptzeit (t_h) und Nebenzeit (t_n) ergeben sich bei Besprechung der Entwicklungsbeispiele, wo diese Begriffe bei den betreffenden Arbeitsgängen praktisch angewendet werden.

Nach der Aufteilung der Arbeit laut Refablatt I—1 ist erforderlich eine Zusammenstellung von:

d) Arbeitsbedingungen und Bezugsgrößen zur Bildung von Kalkulationsunterlagen für Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten. Solche Angaben werden benötigt: für die Einrichtezeit (t_e), für die Stückzeit (t_{st}), und zwar sowohl für die Hauptzeit (t_h) als auch für die Nebenzeit (t_n) und für die Verlustzeit (t_v).

1. Einrichtezeit (t_e); s. S. 8.

Das Einrichten ist nach folgenden Gesichtspunkten zu unterteilen:

α) Auftrag, Beschreibung, Zeichnung oder Modell besorgen.

β) Auftrag usw. lesen oder Modell vergleichen zum Zwecke der Vorbereitungsarbeit, wie Werkzeug besorgen, prüfen und schärfen, ferner prüfen und vergleichen der Rohstücke mit den Zeichnungsmaßen.

γ) Arbeitsplatz abrüsten, Werkzeuge abgeben usw.

In der folgenden Zusammenstellung werden in alphabetischer Reihenfolge für eine Anzahl von Arbeitsgängen Bezugseinheiten oder -größen zur Bildung von Kalkulationsunterlagen für die Hauptzeit t_h aufgeführt.

2. Hauptzeit (t_h).					
Aufstellung von Bezugseinheiten oder -größen für die Bildung von Kalkulationsunterlagen für die Hauptzeit (t_h).					
Pos Nr.	Arbeitsstufen	Kennzeichnung der Bezugseinheit od. Größe	Bezugseinheit oder Größe		
			x	y	z
1	anreißen	Anrißlänge = l an Bearbeitungsflächen od. Mittelrissen	l in cm	Art der Anreißwerkzeuge	Anreißverfahren
2	„	Bohrungs- oder Kontrollkreis Durchm. = d an Bohrungs- oder Kontrollkreisen			
3	ankörnen	wie Pos. 1	d in mm	—	—
4	„	„ „ 1	Körnerzahl	—	—
5	„	„ „ 2	d in mm	—	—
6	abschneiden	bei Blechen: Schnittlänge = l und Blechstärke = h	l in mm	h in mm	Werkstoffart
7	absägen	Werkstückbreite = b	b in mm	h in mm	„
8	abgraten	Werkstückstärke = h	l in mm		„
9	abgraten	Länge der Bearbeitungskante = l	l in mm	h in mm	Genauigkeitsgrad
10	ausrichten	bei Stabeisen, Länge = l u. Stärke = h	l in mm	h in mm	„
11	aufschrauben	bei Maschinenteilen u. Verbindungen nach Gewicht = G oder Fläche = F	G in kg	F in dm ²	„
12	abschrauben	Gewinde Durchm. = d	d in mm	l in mm	Gewindesystem
13	anschrauben	„ Länge = l	d in mm	l in mm	
14	anpassen	dgl.	d in mm	l in mm	
15	auseinander nehmen	Paßfläche = F , Gewicht = G	F in cm ²	G in kg	Genauigkeit
16	abdichten	{ im Verhältnis zur Zusammenbauarbeit t_{st}	F in cm ²	Dichtungsart	Werkstoff
17	ausfluchten	Dichtungsfläche = F			
18	aufreiben	Abstand = l , Gew. = G	l in mm	G in kg	
19	biegen	Durchm. = d , Bohrfläche = F	d in cm	F in cm ²	Passung oder Toleranz
20	biegen	Bogenradius = r , Breite = b	r in mm	b in mm	Werkstoff
21	bohren	Bohr.-Durchm. u. Länge	d in mm	l in mm	„
22	Buchsen in Bohr. einpress.	{ Bohrungs-Durchm. = d	d in cm	F in cm ²	Passung
23	einschaben	„ „ Fläche = F			
24	feilen	Lager-, Gleit-, Paß- u. Dichtungsflächen	b in cm	F in cm ²	„
25	feilen	ebene Flächen	b in cm	F in cm ²	Passung od. Toleranz u. Werkstoff
25	„	Formflächen	b in cm	F in cm ²	
25	Gewinde schneiden	Gewinde-Durchm. = d und Länge = l	d in mm	l in mm	Werkstoff u. Gewindesystem

Pos Nr.	Arbeitsstufen	Kennzeichnung der Bezugseinheit od. Größe	Bezugseinheit oder Größe		
			<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>
26	handnieten	kalt u. warm, Durchm. = <i>d</i> und Länge = <i>l</i>	<i>d</i> in mm	<i>l</i> in mm	Werkstoff
27	knarren	Bohren m. Knarre, Bohrer-Durchm. = <i>d</i> , Bohrtiefe = <i>l</i>	<i>d</i> in mm	<i>l</i> in mm	„
28	Keile einpass.	Nutfläche = <i>F</i>	<i>F</i> in cm ²		„
29	meißeln	Flächenbreite = <i>b</i> , Fläche = <i>F</i>	<i>b</i> in cm	<i>F</i> in cm ²	„
30	Rohre biegen	Krümmungsradius = <i>r</i> , Rohr-Durchm. = <i>d</i>	<i>r</i> in mm	<i>d</i> in mm	kalt od. warm
31	Rundungen anpassen	Krümmungsradius = <i>r</i> u. Fläche = <i>F</i>	<i>r</i> in mm	<i>F</i> in cm ²	Genauigkeit
32	spannen	b. Blechen, Fläche = <i>F</i>	<i>F</i> in cm ²		Blechstärke
33	schlichten (feilen)	Flächenbreite = <i>b</i> , Fläche = <i>F</i>	<i>b</i> in cm	<i>F</i> in cm ²	Werkstoff
34	stempeln	Größe des Stempels = Gr.	Gr. in mm		
35	signieren	Anzahl d. Buchstaben = <i>i</i> u. Größe = Gr.	Gr. in mm	<i>i</i>	
36	schweißen	Länge = <i>l</i> u. Stärke = <i>h</i>	<i>l</i> in mm	<i>h</i> in mm	Schweißart
37	Stiftschrauben einziehen	Gewinde-Durchm. = <i>d</i> u. Länge = <i>l</i>	<i>d</i> in mm	<i>l</i> in mm	Gewindesystem
38	verbohren	Bohr.-Durchm. = <i>d</i> u. Länge = <i>l</i>	<i>d</i> in mm	<i>l</i> in mm	Werkstoff
39	versplinteln	Durchm. = <i>d</i> u. Länge = <i>l</i>	<i>d</i> in mm	<i>l</i> in mm	
40	Ventile einschleifen	Ventilsitzfläche = <i>F</i>	<i>F</i> in cm ²		
41	Verkleidungen anfert.	aus Blech, Fläche = <i>F</i>	<i>F</i> in cm ²	Blechstärke	Werkstoff
42	warm aufzieh.	Bohrungsfläche = <i>F</i>	<i>F</i> in cm ²		
43	zusammensetzen	} Einzelteile zu Gruppen zusammensetzen von Grupp. u. Masch.	}	in vom Hundert der mech. Bearbeitungszeit der ges. Gruppe dgl.	
44	Zusammenb.				

3. Nebenzeit (t_n).

Diese zergliedert sich in:

α) Entwicklung des Arbeitsganges. Bei Reihenfertigung würde diese Tätigkeit zur Einrichtezeit rechnen.

β) Prüfen der Teile für die Einzel- oder Zusammenbauarbeit.

γ) Messen.

Zu α) gehört das Lesen der Zeichnung, das Überlegen und Beurteilen der zweckmäßigsten Herstellung und Reihenfolge der Arbeitsgänge.

Zu β) ist zu bemerken: Die Schlosserarbeit ist abhängig von der durch die mechanische Bearbeitung bzw. Vorbearbeitung erzielten Genauigkeit, und zwar sowohl von der Ebenheit, Parallelität und Winkelrichtigkeit aller Paßflächen, als auch von der Maßhaltigkeit aller Lauf-, Gleit-, Schiebe- und Festsitzpassungen.

Zu γ) Messen ist zu bemerken, daß der Zeitbedarf hierfür abhängig ist:

$\alpha\alpha$) Von der Genauigkeit, die durch den Arbeitsvorgang bestimmt ist, wie anreißen, vorschruppen (reineilen), ebenschruppen, schlichten (ohne Schruppspuren), abrichten (ohne Schlichtspuren), schaben von Paß- und Gleitflächen sowie von Dichtungsflächen, Aufreiben von zylindrischen und konischen Bohrungen, Gewindeschneiden.

$\beta\beta$) Von der Größe des Meßwerkzeuges (bedingt durch die Größe des Werkstückes).

$\gamma\gamma$) Von der Länge des Werkstückes (verschieden häufige Messungen).

$\delta\delta$) Von der Art des Meßwerkzeuges.

B. Bildung von Bezugszeiten und Entwicklungsbeispiele für Arbeiten in der Teilschlosserei.

Nach Betrachtung der Grundbegriffe, der Arbeitsbedingungen und der Bezugsgrößen werden nunmehr für oft wiederkehrende Arbeiten Richt- oder Normzeiten durch Zeitaufnahmen oder Vergleich gebildet. Zur Erläuterung des Aufbaues der graphischen Kalkulationstafeln und der Zahlentafeln sei erwähnt: Die Mehrzahl der Zahlentafeln sind als Entwicklungstafeln ausgebildet zwecks Festlegung von einzelnen Punkten für die Kurven oder Geraden in der graphischen Gebrauchstafel. Die graphische Kalkulationstafel hat gegenüber der Zahlentafel manche Vorteile. Es kann aber an dieser Stelle aus Mangel an Raum keine Anweisung für die Anfertigung und den Aufbau von Fluchtlinien- oder Flächennomogrammen gegeben werden; hierzu sei z. B. auf die Refabblätter X—1 u. f. verwiesen. An Hand der Anwendungsbeispiele wird aber nach Bedarf der Aufbau und die Verwendung der Tafeln besprochen¹. Für das graphische Eintragen der Zeiten wurde im nachstehenden das logarithmische Netz gewählt, das sich z. B. für die Zeiten beim Feilen, Aufreiben und Gewindeschneiden als günstig erwies. Abb. 1 zeigt, wie der Maßstab einer logarithmischen Teilung — etwa der durch a gehenden Teilung 1 bis 10 — in bequemer Weise dem vorhandenen Raum angepaßt werden kann; vgl. die logarithmischen Teilungen auf den durch b , c , d gehenden Parallelen zu a .

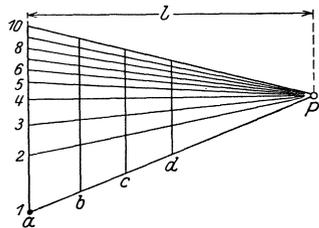


Abb. 1. Veränderung eines logarithmischen Maßstabes.

Die Eintragung der Geraden oder Kurven in die Tafeln geschieht in der Weise, daß der durch Zeitaufnahmen oder Vergleich ermittelte Zeitwert aus einer Entwicklungstafel, z. B. Feil—1, Vorschruppen, S. 33, etwa für Gußeisen bei Pos. 13 unter a , für 1 cm Werkstückbreite, bei

¹ Vgl. auch Selbstanfertigung von Rechentafeln Heft 2, 3 u. 4, Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin.

Kalkulationsunterlagen für Anreißarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.		Anr—1									
t_n -Nebenzeiten für Anreißarbeiten, bezogen auf die Abmessung der Bearbeitungsfläche in mm											
Pos. Nr.	Kennzeichnung der Griffgruppe	Kennzeichnung der auszuführenden Bewegung	Durchm., Breite, Höhe od. Länge d. Bearb.-Fl.								
			50	100	250	500	750	1000	1500	2000	3000
			Zeiten in Minuten								
			a	b	c	d	e	f .	g	h	i
Messen mit gewöhnlichem Maßstab (0,1 mm Toleranz)											
1	Maßstab	messen 0,1 Tol.	0,18	0,20	0,25	0,36	0,45	0,48	0,57	0,66	0,64
Messen mit zusammenlegbarem Maßstab (0,25 mm Toleranz)											
2	Maßstab	öffnen u. schließ.	0,08	0,09	0,10	0,14	0,16	0,22	0,23	0,25	0,25
3	Maßstab	messen 0,25 Tol.	0,04	0,05	0,08	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,30
4	Maßstab öffn.u.mess.	Pos. 2 u. Pos. 3	0,12	0,14	0,18	0,23	0,26	0,34	0,37	0,41	0,55
Stichmaß mit Feineinstellung (einstellen und messen)											
5	Stichmaß	einstellen	0,09	0,13	0,21	0,30	0,37	0,43	0,53	0,60	0,75
6	Stichmaß	messen	0,06	0,08	0,12	0,16	0,20	0,22	0,27	0,31	0,37
7	mit Stichmaß . . .	Anzahl d. Messgn.	2	2	2	2	3	3	3	3	3
8	Zeit f. Anzahl Mess.	Pos. 7 mal Pos. 6	0,12	0,16	0,24	0,32	0,60	0,66	0,81	0,93	1,11
9	Stichm.einst.u.mess.	Pos. 5 u. Pos. 8	0,21	0,29	0,45	0,62	0,97	1,09	1,34	1,53	1,86
Spitzzirkel einstellen und messen											
10	Spitzzirkel n. Maßstab od. Schieblehr.	einstellen	0,13	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22			
11	mit Spitzzirkel . . .	messen	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15			
12	Spitzzirkel einstellen u. messen	Pos. 10 u. Pos. 11	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,37			
Lineal an 2 Anrißstellen zum Anreißanlegen											
13	Lineal an 2 Anrißstellen	anlegen	0,07	0,09	0,12	0,16	0,18	0,19	0,22	0,24	0,28

0,1 mm Spanabnahme, entnommen wird. Dieser Wert (0,063 Min.) entspricht dem Schnittpunkt der betreffenden Abszisse (Werkstückbreite) und Ordinate (Zeit für 1 cm² Bearbeitungsfläche), s. Tafel Feil—10. So werden für alle in der Entwicklungstafel verzeichneten Spanabnahmen, z. B. 0,1—0,5 mm und für alle Breiten, z. B. 1—20 cm, die Werte übertragen und alsdann die einzelnen Punkte gleicher Spanabnahme durch ausgleichende Geraden oder Kurven verbunden.

Die Abstufung für die Werkstoffart ist in der Entwicklungstafel ebenfalls enthalten. Dem SM-Stahl entspricht unter sonst gleichen Verhältnissen wie beim Gußeisen ein Zeitwert von 0,09 Min. Die SM-Stahl-Skala ist daher in Tafel Feil—10 gegenüber der Gußeisenskala entsprechend versetzt.

Die übersichtliche Unterbringung der Entwicklungstafeln Feil—3 bis 9 in der graphischen Tafel Feil—12 zeigt deutlich die Brauchbarkeit der graphischen Tafeln.

		Kalkulationsunterlagen für Anreißarbeiten, Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen							Anr—2		
t _n -Nebenzeiten für Anreißarbeiten, bezogen auf die Abmessung der Bearbeitungsfläche in mm											
Pos. Nr.	Kennzeichnung der Griffgruppe	Kennzeichnung der auszuführenden Bewegung	Durchm., Breite, Höhe od. Länge d. Bearb.-Fl.								
			50	100	250	500	750	1000	1500	2000	3000
			Zeiten in Minuten								
			a	b	c	d	e	f	g	h	i
Wasserwage in 2 Ebenen messen u. Werkstück ausrichten											
14	Wasserw.aufWerkst.	messen	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12
15	Werkst. n. Wasserw.	ausrichten	0,05	0,08	0,10	0,15	0,18	0,20	0,23	0,25	0,30
16	m. Wasserwagemes-	Pos. 14 u. Pos. 15 Anzahl d. Messung	0,09	0,13	0,15	0,21	0,24	0,27	0,31	0,35	0,42
17	m. Wasserw. ausr.										
18	Zeit für Messen u. Ausrichten . . .	Pos. 17 mal Pos. 16	0,36	0,52	0,60	1,26	1,44	2,16	2,48	2,80	3,36
Festlegung von Bohrungsabständen mit Zirkel, abhängig von 1 Maß											
19	Zirk.(Spitz.u.Stang.)	einstell. u. mess.	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,37			
Festlegung von Bohrungsabständen mit Zirkel, abhängig von 2 Maßen											
20	Zirk.(Spitz.u.Stang.)	einstell. u. mess.	0,33	0,36	0,40	0,44	0,50	0,52			
Festlegung von Bohrungsabständen mit Zirkel, abhängig von 3 Maßen											
21	Zirk.(Spitz.u.Stang.)	einstell. u. mess.	0,43	0,45	0,47	0,50	0,53	0,56			
Messen, einteilen, ausmitteln, Schieblehre einstellen beim Anreißen von Werkstücken											
22	Werkstückbreite. .	messen (grob)	0,08	0,095	0,12	0,15	0,17	0,18			
23	Werkstückbreite. .	messen (genau)	0,14	0,17	0,22	0,27	0,30	0,33			
24	Werkstückbreite. .	teilen	0,08	0,085	0,09	0,095	0,10	0,10			
25	Teilmaß a.Meßgerät	einstellen	0,10	0,12	1,13	0,13	0,14	0,14			
26	Werkstückbreite. .	ausmitteln	0,15	0,16	0,17	0,18	0,20	0,20			

1. Anreißen.

Das Anreißen¹ wird hier nur im Zusammenhang mit der Zeitermittlung in der Schlosserei behandelt. Da in der Massen- und großen Reihenfertigung das Anreißen durch Vorrichtungen und Lehren ersetzt wird, kommt hier nur die kleine Reihen- und Einzelfertigung in Betracht. Das Anreißen geschieht sowohl für die mechanische als auch für die Handbearbeitung je nach dem vorliegenden Fall auf der Anreißplatte, auf der Bearbeitungsmaschine, am Schraubstock oder beim Zusammenbau.

Die Reihenfolge der Arbeitsgänge beim Anreißen ist entsprechend der Bearbeitungsfolge am Werkstück festzulegen. Eine allgemeine Norm kann hierfür nicht aufgestellt werden. In den meisten Fällen werden nach den zuerst angerissenen und schon bearbeiteten Grund-

¹ Das Anreißen im Maschinenbau, Werkstattbücher Heft 3, von H. Frangenheim, Berlin: Julius Springer 1922.

		Kalkulationsunterlagen für Anreißarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.							Anr—3		
t _g -Grundzeit für Anreißarbeiten, bezogen auf die Abmessung der Bearbeitungsfläche in mm											
Pos. Nr.	Kennzeichnung des Arbeitsganges	Kennzeichnung der auszuführenden Bewegung	Durchm., Breite, Höhe od. Länge d. Bearb.-Fl.								
			50	100	250	500	750	1000	1500	2000	3000
			Zeiten in Minuten								
			a	b	c	d	e	f	g	h	i
Messen und ausrichten mit Parallelreißer											
1	Parallelreißer nach Maß oder Anriß . . .	einstellen	0,12								
2	Parallelreißer . . .	messen u. aus- richten (grob)	0,40	0,48	0,96	1,04	1,44	2,10	2,70	3,80	4,80
3	Parallelreißer ein- stell. u. mess. (grob)	Pos. 1 u. Pos. 2	0,52	0,60	1,08	1,16	1,56	2,22	2,82	3,92	4,92
4	Parallelreißer . . .	messen u. aus- richten (genau)	0,90	1,02	1,20	2,24	2,88	3,04	3,60	4,48	5,20
5	Parallelreiß. einstell. u. messen (genau)	Pos. 1 u. Pos. 4	1,02	1,14	1,32	2,36	3,00	3,16	3,72	4,60	5,32
6	Parallelreiß. grob u. genau mess. u. ausrichten. . . .	Pos. 5 u. Pos. 3	1,54	1,74	2,40	3,52	4,56	5,38	6,54	8,52	10,24
Kreise auf Werkstücke zeichnen mit Spitz- oder Stangenzirkel, bezogen auf d. Kreisdurchmesser											
7	Spitzzirkel einstell. u. messen	Anr—1, Pos. 12	0,23	0,25	0,28	0,31	0,35	0,37			
8	Kreise m. Spitz- od. Stangenzirkel . .	zeichnen	0,12	0,14	0,18	0,24	0,27	0,30			
9	Spitzzirkel einstell. u. Kreise zeichnen	Pos. 8 u. Pos. 7	0,35	0,39	0,46	0,55	0,62	0,67			
Lineal an 2 Anrißstellen zum Anreißen anlegen, bezogen auf die Rißlänge in mm											
10	Lineal an 2 Anriß- stellen anlegen . .	Anr—1, Pos. 13	0,07	0,09	0,12	0,16	0,18	0,19	0,22	0,24	0,28
11	mit Reißnadel . .	Riß ziehen	0,10	0,12	0,14	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24	0,28
12	m. Lineal anlegen u. Riß ziehen . . .	Pos. 11 u. Pos. 10	0,17	0,21	0,26	0,34	0,37	0,39	0,44	0,48	0,56
Rechten Winkel bilden, mit Zirkel und Lineal, an beliebiger Stelle des Werkstückes, bezogen auf die Rißlänge in mm											
13	Rechten Winkel . .	anzeichnen und anreißen	0,44	0,50	0,57	0,65	0,70	0,72			
Rechten Winkel bilden, mit Zirkel und Lineal an einer Werkstückkante, bezogen auf die Rißlänge in mm											
14	Rechten Winkel . .	anzeichnen und anreißen	0,65	0,75	0,87	1,0	1,1	1,2			

und Anschraubflächen (Ausgangsflächen) die Bohrungsmitten und die Paßstellen vom Anreißer an der Anreißplatte angerissen.

Paß-, Durchgangs- und Gewindebohrungen, welche zur Verbindung mit Gegenstücken dienen, werden durch die Bohrungen der Gegenstücke hindurch in der Regel vom Einzelteil-, Gruppen- oder Zusammen-

Kalkulationsunterlagen für Anreißarbeiten.		Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen									Anr—4
t _g -Grundzeit für Anreißarbeiten, bezogen auf die Anrißlänge der Bearbeitungsfläche in mm											
Pos. Nr.	Kennzeichnung der Arbeitsstufen	Kennzeichnung der auszuführenden Bewegung	Durchm., Breite, Höhe od. Länge d. Bearb.-Fl.								
			50	100	250	500	750	1000	1500	2000	3000
			Zeiten in Minuten								
			a	b	c	d	e	f	g	h	i
Anreißen mit Anschlagwinkel (ohne Anriß), bezogen auf die Rißlänge in mm											
15	Anschlagwinkel . .	anleg. u. anreiß.	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11			
Anreißen mit Anschlagwinkel (nach genauem Anriß), bezogen auf die Rißlänge in mm											
16	Anschlagwinkel . .	anleg. u. anreiß.	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,20			
Körner einschlagen in Bearbeitungs- oder Mittelrißlinien für ebene Flächen, bezogen auf die Rißlänge in mm											
17	Anzahl Körner je Fläch. od. Rißlänge		3	3	4	5	7	10	12	14	16
18	Körner einschlagen	Zeit für 1 mal	0,06	0,06	0,05	0,05	0,049	0,042	0,04	0,039	0,037
19	Gesamtzeit für Pos. 17 mal Pos. 18		0,18	0,18	0,20	0,25	0,34	0,42	0,48	0,55	0,60
Körner einschlagen in Bearbeitungs- oder Mittelrißlinien für Formflächen, bezogen auf die Rißlänge in mm											
20	Körner einschlagen an Formflächen		0,24	0,24	0,34	0,35	0,45	0,6	0,68	0,77	0,84
Körner in Kontrollkreise einschlagen, bezogen auf die Anzahl der Körner			Kontrollkreis Durchm. in mm								
			50	75	100	150	200	300	400	600	800
			a	b	c	d	e	f	g	h	i
21	Körner in Werkst.	einschlag. 4 Stck	0,34	0,34	0,34	0,36	0,36	0,38	0,38	0,4	0,4
22	dgl.	„ 8 „	—	—	0,68	0,7	0,7	0,72	0,72	0,74	0,74
23	dgl.	„ 12 „	—	—	—	—	0,8	0,82	0,82	0,84	0,84
24	dgl.	„ 16 „	—	—	—	—	—	0,9	0,9	0,92	0,92
25	dgl.	„ 20 „	—	—	—	—	—	—	1,0	1,02	1,02

bauschlosser angerissen. Diese Arbeiten werden daher zweckmäßig in die Schlosserarbeiten mit einbezogen. Eine Ausnahme bilden Anreißarbeitsgänge an Werkstücken, die zum Zweck der mechanischen Bearbeitung nochmals in andere Werkstätten wandern.

Das Anreißen oder Vorzeichnen ist in die Arbeitsstufen Anreißen und Ankörnen zu unterteilen, wobei unter Anreißen das Ziehen von Anrißstrichen mit Reißnadel, von Bögen und Kreisen mit Spitz- oder Stangenzirkel zu verstehen ist; unter Ankörnen das Einschlagen von Körnern an Bearbeitungs- und Mittelrißlinien, Bohrungs- und Kontrollkreisen. Auch die Anreißarbeit wird nach Refablatt I—1 unterteilt in Einrichtezeit t_e und Grundzeit t_g, und letztere in Hauptzeit t_h und Nebenzeit t_n zerlegt.

Unter t_g wird man die Zeitwerte, möglichst nach t_h und t_n getrennt, in Griffgruppen vereinigen, welche in ihrem Aufbau sowohl die Zeiten für die einzelnen Griffe als auch die Summe aller in einer Griffgruppe vereinigten Zeiten erkennen und sich so unter bestimmten Verhältnissen

leicht anwenden lassen. Man bildet also Griffgruppen, die zunächst reine t_e -, t_h - und t_n -Zeiten enthalten, wie das z. B. in den Entwicklungstafeln Blatt Anr—1 bis 2 für t_n durchgeführt ist. Erst dann werden die Griffgruppen zu t_g -Zeiten wie in Gebrauchstafel Blatt Anr—3 bis 4 zusammengestellt. Wichtig bei der Zusammenstellung solcher Gebrauchstafeln ist es, bei dem aus irgend einer Entwicklungstafel entnommenen Wert einen Ursprungsvermerk beizufügen, wie z. B. in Blatt Anr—3, Pos. 7 „Spitzzirkel einstellen und messen“, der Hinweis „Anr—1, Pos. 12“ vermerkt ist. Dadurch läßt sich jederzeit die Entwicklung und Zusammensetzung einer bestimmten Griffgruppe verfolgen.

Mit den in den Tafeln Anr—1 bis 4 angeführten Handhabungen für das Anreißen ist dessen Arbeitsumfang nur teilweise behandelt; die Tafeln sind daher als Richtlinien für den weiteren Ausbau anzusehen. Entsprechend den Grundbegriffen S. 6 und Refablatt I—1 unter b) ist nur diejenige Zeit als Hauptzeit t_h zu rechnen, während der eine Veränderung am Werkstück vor sich geht, also beim Anreißen das Risseziehen und das Ankörnen. Alle anderen Handhabungen, z. B. das Einteilen der Maße, das Abmessen bestimmter Maßlängen, das Übertragen derselben auf das Anreißwerkzeug, das Einstellen derselben usw. sind Nebenzeiten t_n .

2. Feilen.

Trotz der hochentwickelten mechanischen Bearbeitung der Werkstücke durch Hobeln, Fräsen, Flachsleifen und Maschinenfeilen gibt es immer noch eine große Zahl von Feilarbeiten an den verschiedensten Arbeitsflächen, die von Hand bearbeitet werden müssen. Der rechnerischen Ermittlung von Feilarbeiten bieten sich erhebliche Schwierigkeiten, s. S. 241, die bei der Zeitaufnahme bzw. beim Aufbau von Berechnungsunterlagen zu überwinden sind.

Mit dem allgemeinen Ausdruck „Feilen“ kommen wir bei der Zeitermittlung bzw. bei der Aufstellung von Kalkulationswerten nicht aus, sondern wir müssen nach verschiedenen Arbeitsstufen, Flächen, Spanabnahmen, Werkzeug- und Werkstoffarten und Abmessungen, also allgemein nach Bedingungen unterscheiden, welche die Feilarbeit beeinflussen. Man unterscheidet zweckmäßig

- a) Vorschruppen (Reinfeilen),
 - b) Ebenschruppen (bei geraden Flächen),
 - c) Schlichten (ohne Schrupperen),
 - d) Abrichten (ohne Schlichtspuren).
- | | | | |
|----|-------------------|---|--|
| α) | für ebene Flächen | } | an gewalzten, geschmiedeten, gepreßten oder |
| β) | „ Form- „ | | gegossenen Werkstücken, |
| γ) | für ebene Flächen | } | an mechanisch vorgeschruppten oder geschlicht- |
| δ) | „ Form- „ | | teten Werkstücken. |

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.										Feil—1
t_p -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen) an rohen Werkstücken mit ebenen Flächen aus verschiedenen Werkstoffen, Werkstücklänge l etwa 20 cm												
Pos. Nr.	Werkstückbreite b in cm	Spanabnahme beim Vorschruppen in mm										
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
		Zeiten in Minuten für 1 cm ² Bearbeitungsfläche										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²						Bronze						
1	1	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54	0,054	0,11	0,16	0,21	0,27	
2	3	0,055	0,10	0,16	0,20	0,26	0,028	0,050	0,080	0,10	0,13	
3	6	0,039	0,067	0,094	0,18	0,17	0,019	0,031	0,046	0,092	0,080	
4	10	0,027	0,047	0,066	0,092	0,11	0,013	0,022	0,034	0,044	0,055	
5	15	0,021	0,035	0,052	0,070	0,09	0,011	0,018	0,025	0,034	0,041	
6	20	0,018	0,035	0,045	0,060	0,075	0,009	0,017	0,022	0,028	0,035	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²						Rotguß u. Messing						
7	1	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,036	0,072	0,11	0,145	0,18	
8	3	0,046	0,088	0,13	0,17	0,21	0,018	0,035	0,052	0,070	0,086	
9	6	0,032	0,053	0,08	0,15	0,14	0,013	0,021	0,032	0,064	0,055	
10	10	0,022	0,038	0,06	0,078	0,092	0,009	0,015	0,022	0,030	0,037	
11	15	0,018	0,030	0,043	0,060	0,075	0,007	0,012	0,017	0,022	0,028	
12	20	0,015	0,029	0,037	0,048	0,060	0,006	0,010	0,014	0,018	0,022	
Gußeisen						Leichtmetall						
13	1	0,063	0,13	0,19	0,25	0,32	0,027	0,054	0,081	0,10	0,14	
14	3	0,032	0,060	0,09	0,115	0,15	0,014	0,025	0,042	0,051	0,065	
15	6	0,022	0,037	0,056	0,10	0,095	0,010	0,015	0,023	0,032	0,040	
16	10	0,013	0,026	0,040	0,053	0,066	0,007	0,011	0,016	0,022	0,027	
17	15	0,011	0,020	0,030	0,040	0,052	0,005	0,009	0,013	0,017	0,021	
18	20	0,009	0,017	0,026	0,034	0,040	0,004	0,007	0,010	0,014	0,017	

Beim Vorschruppen wird das Werkstück so weit vorgefeilt, bis die Rohformhaut oder -schicht mit ihren Unebenheiten beseitigt und die bearbeitete Fläche rein ist, wobei bei geraden Flächen die größtmögliche Ebenheit anzustreben ist.

Beim Ebenschruppen (bei geraden Flächen) soll die vorgeschruppte Fläche vollkommen eben, d. h. so gefeilt werden, als wenn dieselbe gehobelt oder gefräst wäre.

Unter Schlichten ohne Schruppspuren versteht man die Beseitigung der Schruppspuren mit dem Ziel, die eben geschruppte Fläche hinsichtlich ihrer Ebenheit zu vervollständigen, wobei die Schlichtfeile noch Spuren hinterläßt. Dieses gilt sowohl für maschinen- als auch für handvorgeschruppte Bearbeitungsflächen.

Das Abrichten ohne Schlichtspuren geschieht mit feinen Schlichtfeilen, Schmirgelpapier und Abziehen auf Guß- oder Schmirgelpplatten von Hand, jedoch ohne Zuhilfenahme von Tuschieren und Schaben.

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeit- aufnahmen.									Feil—2	
t_g -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen) an rohen Werkstücken mit Formflächen aus verschiedenen Werkstoffen, Werkstücklänge l etwa 20 cm												
Pos. Nr.	Werk- stück- breite b in cm	Spanabnahme beim Vorschruppen in mm										
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
		Zeiten in Minuten für 1 cm ² Bearbeitungsfläche										
		a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²						Bronze						
1	1	0,33	0,64	1,00	1,29	1,70	0,16	0,33	0,50	0,63	0,81	
2	3	0,17	0,35	0,51	0,68	0,90	0,085	0,17	0,25	0,33	0,43	
3	6	0,11	0,23	0,32	0,42	0,57	0,052	0,115	0,16	0,20	0,27	
4	10	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,040	0,080	0,12	0,15	0,20	
5	15	0,064	0,13	0,18	0,25	0,32	0,030	0,060	0,09	0,12	0,16	
6	20	0,053	0,105	0,16	0,21	0,27	0,027	0,05	0,075	0,11	0,13	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²						Rotguß						
7	1	0,27	0,57	0,80	1,10	1,4	0,11	0,22	0,33	0,44	0,57	
8	3	0,14	0,30	0,42	0,57	0,62	0,055	0,11	0,17	0,22	0,30	
9	6	0,095	0,19	0,27	0,35	0,48	0,036	0,075	0,115	0,14	0,18	
10	10	0,070	0,14	0,20	0,26	0,33	0,030	0,052	0,08	0,105	0,135	
11	15	0,05	0,10	0,15	0,20	0,27	0,02	0,040	0,060	0,080	0,105	
12	20	0,045	0,09	0,13	0,17	0,22	0,018	0,035	0,050	0,075	0,09	
Gußeisen						Leichtmetall						
13	1	0,19	0,39	0,57	0,72	0,92	0,081	0,16	0,24	0,32	0,42	
14	3	0,095	0,20	0,30	0,38	0,50	0,041	0,084	0,125	0,165	0,22	
15	6	0,062	0,13	0,18	0,24	0,33	0,026	0,055	0,080	0,10	0,145	
16	10	0,05	0,09	0,14	0,17	0,23	0,021	0,037	0,058	0,078	0,10	
17	15	0,04	0,07	0,10	0,135	0,15	0,015	0,031	0,044	0,060	0,080	
18	20	0,035	0,06	0,088	0,11	0,13	0,012	0,026	0,037	0,055	0,070	

Um eine bestimmte Oberflächenbeschaffenheit oder Oberflächen-
güte zu erreichen, ist eine bestimmte Werkstoffschicht abzunehmen.
Diese wird um so geringer, je mehr die Oberflächenverfeinerung zunimmt.
Folglich lassen sich für bestimmte Grade der Oberflächenverfeinerung
auch bestimmte Werkstoffschichtstärken durch Arbeitsbeobachtungen
festlegen. Als Beispiel sei aus der mechanischen Bearbeitung die Schleif-
maßzugabe beim Rund- und Flächenschliff angeführt.

Bei der Arbeitsstufe a (Vorschruppen) ist schon beim gleichen
Werkstoff die ursprüngliche Oberfläche sehr verschieden, und diese
Verschiedenheit wächst, wenn man verschiedene Werkstoffe in Betracht
zieht. Trotzdem läßt sich im allgemeinen zur ungefähren Berechnung
eine bestimmte Werkstoffschichtstärke für die Arbeitsstufen a—d fest-
legen, die so weit als möglich der Wirklichkeit anzupassen ist.

Ebenso wie die Stärke der abzunehmenden Werkstoffschicht ist die
Breite und Länge der Bearbeitungsfläche von Einfluß auf die Feilzeit je

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.						Feil—3
t_g -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen) und Schlichten ohne Schrappspuren, an Werkstücken mit ebenen Flächen aus verschiedenen Werkstoffen, Werkstücklänge l etwa 20 cm								
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Span- ab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm					
			1	3	6	10	15	20
			Zeiten in Min. f. 1 cm ² Bearb.-Fläche					
			a	b	c	d	e	f
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²								
1	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,32	0,16	0,094	0,066	0,052	0,045
2	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,16	0,082	0,055	0,041	0,031	0,027
3	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,48	0,242	0,149	0,107	0,083	0,072
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²								
4	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,27	0,13	0,08	0,060	0,043	0,037
5	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,13	0,068	0,046	0,034	0,026	0,022
6	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,40	0,198	0,126	0,094	0,069	0,059
Gußeisen								
7	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,19	0,09	0,056	0,04	0,030	0,026
8	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,09	0,048	0,032	0,024	0,018	0,015
9	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,28	0,138	0,088	0,064	0,048	0,041
Bronze								
10	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,16	0,080	0,046	0,034	0,025	0,022
11	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,078	0,041	0,028	0,020	0,016	0,013
12	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,238	0,121	0,074	0,054	0,041	0,035
Rotguß und Messing								
13	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,11	0,052	0,032	0,022	0,017	0,014
14	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,052	0,027	0,018	0,014	0,010	0,009
15	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,162	0,079	0,050	0,036	0,027	0,023
Leichtmetall								
16	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,081	0,042	0,023	0,016	0,013	0,010
17	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,039	0,020	0,014	0,010	0,008	0,007
18	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,120	0,062	0,037	0,026	0,021	0,017

1 cm². Während die Längenzunahme von 100 bis zu 500 mm eine Mehrarbeitszeit für 1 cm² von etwa dem 1,22fachen bei 500 mm Länge bedingt, fällt der Zeitverbrauch bei einer Breitenzunahme von 10 bis zu 200 mm auf etwa das 0,16fache bei 200 mm Breite, wiederum bezogen auf 1 cm² Bearbeitungsfläche. Das Steigen des Zeitverbrauchs für 1 cm² der Bearbeitungsfläche bei zunehmender Länge erklärt sich dadurch, daß ein größerer Zeitaufwand für das Ebenfeilen, Messen und das Ein- und Ausspannen erforderlich ist. Das Fallen des Zeitverbrauchs

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.						Feil—4	
t_g -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen) und Schlichten ohne Schrappspuren, an Werkstücken mit Formflächen aus verschiedenen Werkstoffen, Werkstücklänge l etwa 20 cm									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Span- ab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm						
			1	3	6	10	15	20	
			Zeiten in Min. für 1 cm ² Bearb.-Fläche						
			a	b	c	d	e	f	
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²									
1	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	1,00	0,51	0,32	0,24	0,18	0,16	
2	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,48	0,25	0,17	0,12	0,10	0,08	
3	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	1,48	0,76	0,49	0,36	0,28	0,24	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²									
4	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,80	0,42	0,27	0,20	0,15	0,13	
5	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,39	0,20	0,14	0,10	0,08	0,067	
6	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	1,19	0,62	0,41	0,30	0,23	0,197	
Gußeisen									
7	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,57	0,3	0,18	0,14	0,10	0,088	
8	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,27	0,145	0,095	0,072	0,055	0,045	
9	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,84	0,445	0,275	0,212	0,155	0,133	
Bronze									
10	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,50	0,25	0,16	0,12	0,09	0,075	
11	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,23	0,12	0,085	0,06	0,05	0,04	
12	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,73	0,37	0,245	0,18	0,14	0,115	
Rotguß und Messing									
13	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,33	0,17	0,115	0,08	0,060	0,050	
14	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,16	0,081	0,06	0,042	0,03	0,027	
15	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,49	0,251	0,175	0,122	0,090	0,077	
Leichtmetall									
16	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,3	0,24	0,125	0,080	0,058	0,044	0,037	
17	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,12	0,06	0,042	0,03	0,024	0,021	
18	Vorschruppen u. schlichten .	0,375	0,36	0,185	0,122	0,088	0,068	0,058	

für 1 cm² der Bearbeitungsfläche bei zunehmender Breite kommt daher, daß nunmehr die Feilenführung sicherer und infolgedessen das Eben- und Winkelrechtfeilen mehr und mehr begünstigt wird. Ferner wird mit dem Breiterwerden des Werkstückes der vom Feilenden ausgeübte Feilenhub — wenn die Werkstückbreite in der Hubgrenze liegt — besser ausgenützt. Letztere Feststellung gilt nur bis etwa 200 mm, also innerhalb des normalen Feilenhubes. Mit weiter zunehmender Breite dürfte

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.						Feil—5	
t_g -Grundzeit für das Schlichten und Abrichten ohne Feilspuren an Werkstücken mit ebenen Flächen aus verschiedenen Werkstoffen. Bearbeitungsfläche ist vorher mit Feile oder Maschine eben vorgeschruppt. Werkstücklänge l etwa 20 cm									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Span- ab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm						
			1	3	6	10	15	20	
			Zeiten in Min. für 1 cm ² Bearb.-Fläche						
		a	b	c	d	e	f		
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²									
1	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,16	0,082	0,055	0,041	0,031	0,027	
2	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,18	0,092	0,063	0,047	0,036	0,030	
3	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,34	0,174	0,118	0,088	0,067	0,057	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²									
4	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,13	0,068	0,046	0,034	0,026	0,022	
5	Abricht. ohne Schlichtspuren	0,025	0,15	0,077	0,052	0,039	0,030	0,025	
6	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,28	0,145	0,098	0,073	0,056	0,047	
Gußeisen									
7	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,09	0,048	0,032	0,024	0,018	0,015	
8	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,105	0,054	0,036	0,027	0,021	0,018	
9	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,195	0,102	0,068	0,051	0,039	0,033	
Bronze									
10	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,078	0,041	0,028	0,020	0,016	0,013	
11	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,09	0,046	0,031	0,023	0,018	0,015	
12	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,168	0,087	0,059	0,043	0,034	0,028	
Rotguß und Messing									
13	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,052	0,027	0,018	0,014	0,010	0,009	
14	Abrichten ohne Feilspuren . . .	0,025	0,060	0,031	0,021	0,016	0,012	0,010	
15	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,112	0,058	0,039	0,030	0,022	0,019	
Leichtmetall									
16	Schlichten ohne Vorschruppssp.	0,075	0,039	0,020	0,014	0,010	0,008	0,007	
17	Abrichten ohne Feilspuren . . .	0,025	0,045	0,023	0,016	0,012	0,009	0,008	
18	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,084	0,043	0,030	0,022	0,017	0,015	

die Bearbeitungszeit je 1 cm² wieder ansteigen; Versuche hierüber wurden von mir bisher nicht angestellt.

Über die Arbeitsaufteilung beim Feilen gilt das unter Anreißen Gesagte. Die Hauptzeit t_h ist die reine Feilarbeit, während das Ein- und Ausspannen und das Messen die Nebenzeit t_n darstellt.

An einigen Beispielen, die als Richtlinien dienen mögen, sind für die Feilarbeit in den Tafeln Feil—1 bis 12 Grundzeiten t_g für verschiedene

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.						Feil—6	
t_g -Grundzeit für das Schlichten und Abrichten ohne Feilspuren an Werkstücken mit Formflächen aus verschiedenen Werkstoffen. Bearbeitungsfläche ist vorher mit Feile oder Maschine vorgeschruppt. Werkstücklänge l etwa 20 cm									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Span- ab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm						
			1	3	6	10	15	20	
			Zeiten in Min. für 1 cm ² Bearb.-Fläche						
		a	b	c	d	e	f		
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²									
1	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,48	0,25	0,17	0,12	0,10	0,08	
2	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,54	0,28	0,19	0,14	0,11	0,09	
3	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	1,02	0,53	0,36	0,26	0,21	0,17	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²									
4	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,39	0,20	0,14	0,10	0,08	0,067	
5	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,45	0,23	0,16	0,12	0,09	0,075	
6	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,84	0,43	0,30	0,22	0,17	0,142	
Gußeisen									
7	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,27	0,145	0,095	0,072	0,055	0,045	
8	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,31	0,163	0,11	0,082	0,064	0,054	
9	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,58	0,308	0,205	0,154	0,119	0,099	
Bronze									
10	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,23	0,12	0,085	0,06	0,05	0,04	
11	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,27	0,14	0,093	0,07	0,054	0,045	
12	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,50	0,26	0,178	0,13	0,104	0,085	
Rotguß und Messing									
13	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,16	0,081	0,06	0,042	0,03	0,027	
14	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,18	0,093	0,063	0,048	0,036	0,03	
15	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,34	0,174	0,123	0,090	0,066	0,057	
Leichtmetall									
16	Schlichten ohne Schrappspuren	0,075	0,12	0,06	0,042	0,03	0,024	0,021	
17	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,135	0,069	0,048	0,036	0,027	0,024	
18	Schlichten u. abrichten . . .	0,1	0,255	0,129	0,090	0,066	0,051	0,045	

Arbeitsstufen und unter Berücksichtigung der Arbeitsbedingungen entwickelt und zusammengestellt. In der Tafel Feil—1 sind für ebene und in der Tafel Feil—2 für Formflächen die Grundzeiten t_g für das Vorschruppen (reinfeilen), bei Spanabnahmen von 0,1—0,5 mm, bei Werkstückbreiten von 1 bis 20 cm und 20 cm Länge, für verschiedene Werkstoffe entwickelt. Die grobe Abstufung der Werkstückbreiten in den Zahlentafeln ist deshalb gewählt, um die Tafeln nicht zu um-

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.			Feil—7					
t_g -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen), Schlichten und Abrichten an rohen Werkstücken mit ebenen Flächen aus verschiedenem Werkstoff, Werkstücklänge l etwa 20 cm.										
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Unterlage Nr.	Spanab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm						
				1	3	6	10	15	20	
				Zeiten i. Min. f. 1 cm ² Bearb.-Fläche						
				a	b	c	d	e	f	
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²										
1	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 1-6c	0,3	0,32	0,16	0,094	0,066	0,052	0,045	
2	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 3a-f	0,1	0,34	0,174	0,118	0,088	0,067	0,057	
3	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 1 u. Pos. 2	0,4	0,66	0,334	0,212	0,154	0,119	0,102	
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²										
4	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 7-12c	0,3	0,27	0,13	0,08	0,060	0,043	0,037	
5	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 6a-f	0,1	0,28	0,145	0,098	0,073	0,056	0,047	
6	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 4 u. Pos. 5	0,4	0,55	0,275	0,178	0,133	0,099	0,084	
Gußeisen										
7	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 13-18c	0,3	0,19	0,09	0,056	0,04	0,030	0,026	
8	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 9a-f	0,1	0,195	0,102	0,068	0,051	0,039	0,033	
9	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 7 u. Pos. 8	0,4	0,385	0,192	0,124	0,091	0,069	0,059	
Bronze										
10	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 1-6h	0,3	0,16	0,080	0,046	0,034	0,025	0,022	
11	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 12a-f	0,1	0,168	0,087	0,059	0,043	0,034	0,028	
12	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 10 u. Pos. 11	0,4	0,328	0,167	0,105	0,077	0,059	0,050	
Rotguß-Messing										
13	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 7-12h	0,3	0,11	0,052	0,032	0,022	0,017	0,014	
14	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 15a-f	0,1	0,112	0,058	0,039	0,030	0,022	0,019	
15	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 13 u. Pos. 14	0,4	0,222	0,110	0,071	0,052	0,039	0,033	
Leichtmetall										
16	Vorschuppen (reinfeilen) . . .	Feil-1 Pos. 13-18h	0,3	0,081	0,042	0,023	0,016	0,013	0,010	
17	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-5 Pos. 18a-f	0,1	0,084	0,043	0,030	0,022	0,017	0,015	
18	Vorsch., schlicht. u. abricht.	Pos. 16 u. Pos. 17	0,4	0,165	0,085	0,053	0,038	0,030	0,025	

fangreich zu machen, und weil andererseits diese Abstufung für die Eintragung in die graphischen Gebrauchstabeln, Feil—10 und 11, ausreicht. Letztere gestatten sodann jede Zwischenablesung.

Bei der Untersuchung der Vorschupparbeit war festzustellen, daß im Mittel für das Vorschuppen (reinfeilen) eine Spanabnahme von 0,3 mm genügt, um die Rohformhaut und die Unebenheiten zu beseitigen. Um aber auch für Ausnahmefälle Werte zur Hand zu haben, wurden in den Tafeln Feil—1 und 2 die Grundzeiten t_g für Spanabnahmen bis 0,5 mm ermittelt. Für die Untersuchung der Feilarbeit ist eine gute Vorbereitung aller Einzelheiten Vorbedingung. Es ist erwünscht,

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.				Feil—8			
t_0 -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen), Schlichten und Abrichten an rohen Werkstücken mit Formflächen aus verschiedenem Werkstoff, Werkstücklänge l etwa 20 cm.									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Unterlage Nr.	Spanabnahme in mm	Werkstückbreite b , in cm					
				1	3	6	10	15	20
				Zeiten i. Min. f. 1cm ² Bearb.-Fläche					
				a	b	c	d	e	f
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²									
1	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 1-6c	0,3	1,0	0,51	0,32	0,24	0,18	0,16
2	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 3a-f	0,1	1,02	0,53	0,36	0,26	0,21	0,17
3	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 1 u. Pos. 2	0,4	2,02	1,04	0,68	0,50	0,39	0,33
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²									
4	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 7-12c	0,3	0,80	0,42	0,27	0,20	0,15	0,13
5	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 6a-f	0,1	0,84	0,43	0,30	0,22	0,17	0,142
6	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 4 u. Pos. 5	0,4	1,64	0,85	0,57	0,42	0,32	0,272
Gußeisen									
7	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 13-18c	0,3	0,57	0,3	0,18	0,14	0,10	0,088
8	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 9a-f	0,1	0,58	0,308	0,205	0,154	0,119	0,099
9	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 7 u. Pos. 8	0,4	1,15	0,608	0,385	0,294	0,219	0,187
Bronze									
10	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 1-6h	0,3	0,50	0,25	0,16	0,12	0,09	0,075
11	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 12a-f	0,1	0,50	0,26	0,178	0,13	0,104	0,085
12	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 10 u. Pos. 11	0,4	1,00	0,51	0,338	0,25	0,194	0,16
Rotguß und Messing									
13	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 7-12h	0,3	0,33	0,17	0,115	0,08	0,060	0,050
14	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 15a-f	0,1	0,34	0,174	0,123	0,09	0,066	0,057
15	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 13 u. Pos. 14	0,4	0,67	0,344	0,238	0,17	0,126	0,107
Leichtmetall									
16	Vorschruppen (reinfeilen) . .	Feil-2 Pos. 13-18h	0,3	0,24	0,125	0,080	0,058	0,044	0,037
17	Schlichten u. abrichten . . .	Feil-6 Pos. 18a-f	0,1	0,255	0,129	0,09	0,066	0,051	0,045
18	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Pos. 16 u. Pos. 17	0,4	0,495	0,254	0,170	0,124	0,095	0,082

wenn der Untersuchende selbst mit Hand anlegt, allerdings nur wenn er in der Lage ist, die Durchschnittsleistung des für die Untersuchung in Frage kommenden Arbeiters zu ersetzen. Diese Forderung entspringt nicht einem Mißtrauen gegen den Arbeiter, sondern dem Umstand, daß der Beobachter bei bloßer Beobachtung der Feilarbeit nur sieht, also nicht fühlt, wie gefeilt wird. Daß eine neue Feile schneidet und eine ganz abgenützte nicht, ist zwar leicht zu erkennen; aber um diese äußersten Fälle handelt es sich weniger als darum, eine Feile mittlerer Schneidfähigkeit festzustellen. Diese läßt sich, solange in der Werk-

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.				Feil—9			
t_g -Grundzeit für das Vor- und Ebenschruppen, Schlichten und Abrichten an rohen Werkstücken mit ebenen Flächen, Werkstücklänge l etwa 20 cm.									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Unterlagen Nr.	Spanab- nahme in mm	Werkstückbreite b in cm,					
				1	3	6	10	15	20
				Zeiten i. Min. f. 1 cm ² Bearb.-Fläche					
				a	b	c	d	e	f
Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²									
1	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Feil-7 Pos. 3a-f	0,4	0,66	0,334	0,212	0,154	0,119	0,102
2	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,20	0,111	0,099	0,074	0,044	0,040
3	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 1 u. Pos. 2	0,55	0,86	0,445	0,311	0,228	0,163	0,142
SM-Stahl 50—60 kg/mm ²									
4	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Feil-7 Pos. 6a-f	0,4	0,55	0,275	0,178	0,133	0,099	0,084
5	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,165	0,094	0,081	0,047	0,042	0,033
6	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 4 u. Pos. 5	0,55	0,715	0,369	0,259	0,18	0,141	0,117
Gußeisen									
7	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Feil-7 Pos. 9a-f	0,4	0,385	0,192	0,124	0,091	0,069	0,059
8	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,115	0,067	0,056	0,028	0,022	0,019
9	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 7 u. Pos. 8	0,55	0,500	0,259	0,180	0,119	0,091	0,078
Bronze									
10	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Feil-7 Pos. 12 a-f	0,4	0,328	0,167	0,105	0,077	0,059	0,05
11	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,10	0,054	0,050	0,030	0,026	0,020
12	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 10 u. Pos. 11	0,55	0,428	0,221	0,155	0,107	0,085	0,070
Rotguß und Messing									
13	Vorschr., schlicht. u. abricht.	Feil-7 Pos. 15 a-f	0,4	0,222	0,110	0,071	0,052	0,039	0,033
14	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,066	0,037	0,031	0,020	0,0165	0,015
15	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 13 u. Pos. 14	0,55	0,288	0,147	0,102	0,072	0,0555	0,048
Leichtmetall									
16	Vorschr., schl. u. abricht.	Feil-7 Pos. 18a-f	0,4	0,165	0,081	0,053	0,038	0,030	0,025
17	Ebenschruppen	Arbeitsaufnahme	0,15	0,05	0,029	0,025	0,016	0,012	0,0118
18	Vor- u. Ebenschr., schl. u. abr.	Pos. 16 u. Pos. 17	0,55	0,215	0,110	0,078	0,054	0,042	0,0368

statt keine anderen Prüfungsmittel vorhanden sind¹, nur durch das Gefühl herausfinden. Ferner ist die Feile der Bearbeitungsfläche und dem Werkstoff anzupassen. Für die weicheren Werkstoffe sind schärfere, für die härteren Stoffe weniger scharfe Feilen anzuwenden.

Unter Zugrundelegung normaler Oberflächenbeschaffenheit, ferner einer Spanabnahme von 0,3 mm für das Vorschruppen (reifeilen) und 0,075 mm für das Schlichten ohne Schrappspuren, sind für diese beiden Arbeitsstufen Grundzeiten t_g für 1 cm² Bearbeitungsfläche, bei 1 bis

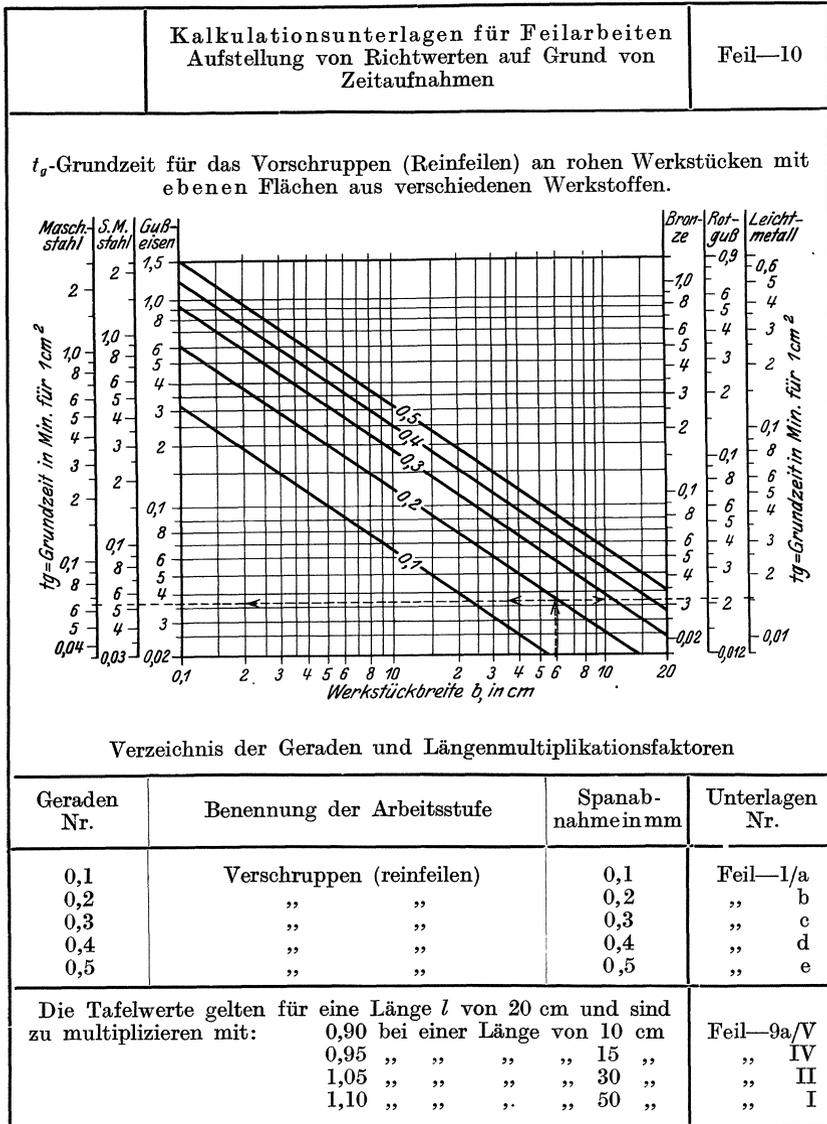
¹ Vgl. hierzu S. 230.

		Kalkulationsunterlagen für Feilarbeiten. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeit- aufnahmen.						Feil—9a	
Entwicklungstafel für die Längen-Multiplikationsfaktoren ¹ . t_g -Grundzeit für das Vorschruppen (Reinfeilen) von rohen Werkstücken, Schlichten und Abrichten ohne Feilspuren. Werkstoff: SM-Stahl 50—60 kg/mm ² .									
Pos. Nr.	Arbeitsstufe	Span- ab- nahme in mm	Werkstückbreite b , in cm						
			1	3	6	10	15	20	
			Zeiten i. Min. f. 1 cm ² Bearb.-Fläche						
			a	b	c	d	e	f	
I. Werkstücklänge $l = 50$ cm. Faktor = 1,10									
1	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,30	0,30	0,135	0,092	0,06	0,048	0,04	
2	Schlichten ohne Schrappspur.	0,075	0,14	0,075	0,050	0,037	0,029	0,024	
3	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,165	0,087	0,058	0,043	0,034	0,028	
4	Vorschr., schlicht. u. abricht.	0,40	0,605	0,297	0,20	0,14	0,111	0,092	
II. Werkstücklänge $l = 30$ cm. Faktor = 1,05									
5	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,30	0,235	0,12	0,084	0,058	0,048	0,039	
6	Schlicht. ohne Schrappspuren	0,075	0,135	0,07	0,048	0,036	0,030	0,023	
7	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,155	0,082	0,055	0,04	0,035	0,026	
8	Vorschr., schlicht. u. abricht.	0,40	0,525	0,272	0,187	0,134	0,113	0,088	
III. Werkstücklänge $l = 20$ cm. Faktor = 1									
9	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,30	0,270	0,13	0,08	0,065	0,043	0,037	
10	Schlicht. ohne Schrappspuren	0,075	0,130	0,068	0,046	0,034	0,026	0,022	
11	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,15	0,077	0,052	0,039	0,030	0,025	
12	Vorschr., schlicht. u. abricht.	0,40	0,550	0,275	0,178	0,138	0,099	0,084	
IV. Werkstücklänge $l = 15$ cm. Faktor = 0,95									
13	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,30	0,218	0,11	0,077	0,053	0,041	0,035	
14	Schlicht. ohne Schrappspuren	0,075	0,125	0,065	0,045	0,032	0,025	0,021	
15	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,14	0,075	0,050	0,037	0,029	0,024	
16	Vorschr., schlicht. u. abricht.	0,40	0,483	0,25	0,172	0,122	0,095	0,080	
V. Werkstücklänge $l = 10$ cm. Faktor = 0,9									
17	Vorschruppen (reinfeilen) . .	0,30	0,21	0,108	0,075	0,05	0,04	0,034	
18	Schlicht. ohne Schrappspuren	0,075	0,115	0,062	0,042	0,032	0,024	0,02	
19	Abrichten ohne Schlichtspuren	0,025	0,135	0,07	0,048	0,036	0,028	0,023	
20	Vorschr., schlicht. u. abricht.	0,40	0,46	0,24	0,165	0,118	0,092	0,077	

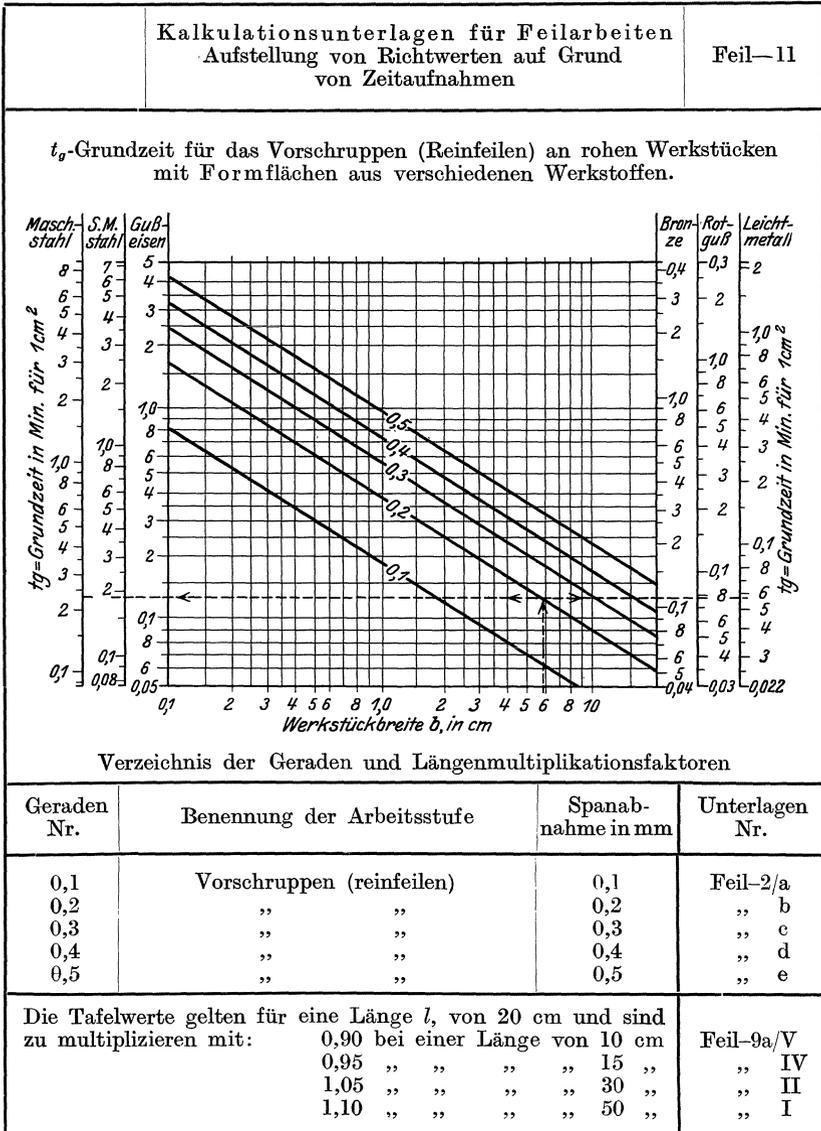
¹ Die Zeitwerte der Werkstücklänge $l = 20$ cm sind = 1 gesetzt, während für die Längen 50, 30, 15 und 10 cm die Zeitwerte entsprechend ihren Abweichungen gegenüber Werkstücken von 20 cm Länge mit kleinen Aufrundungen die Faktoren 1,10, 1,05, 0,95 und 0,9 ergeben.

20 cm Werkstückbreite und für verschiedene Werkstoffe, in den Tafeln Feil—3 für ebene und in Feil—4 für Formflächen entwickelt und beide Tafeln in der graphischen Tafel Feil—12 unter gleicher Geradennummer eingetragen.

Wie schon erwähnt, läßt sich durch Untersuchungen befelter

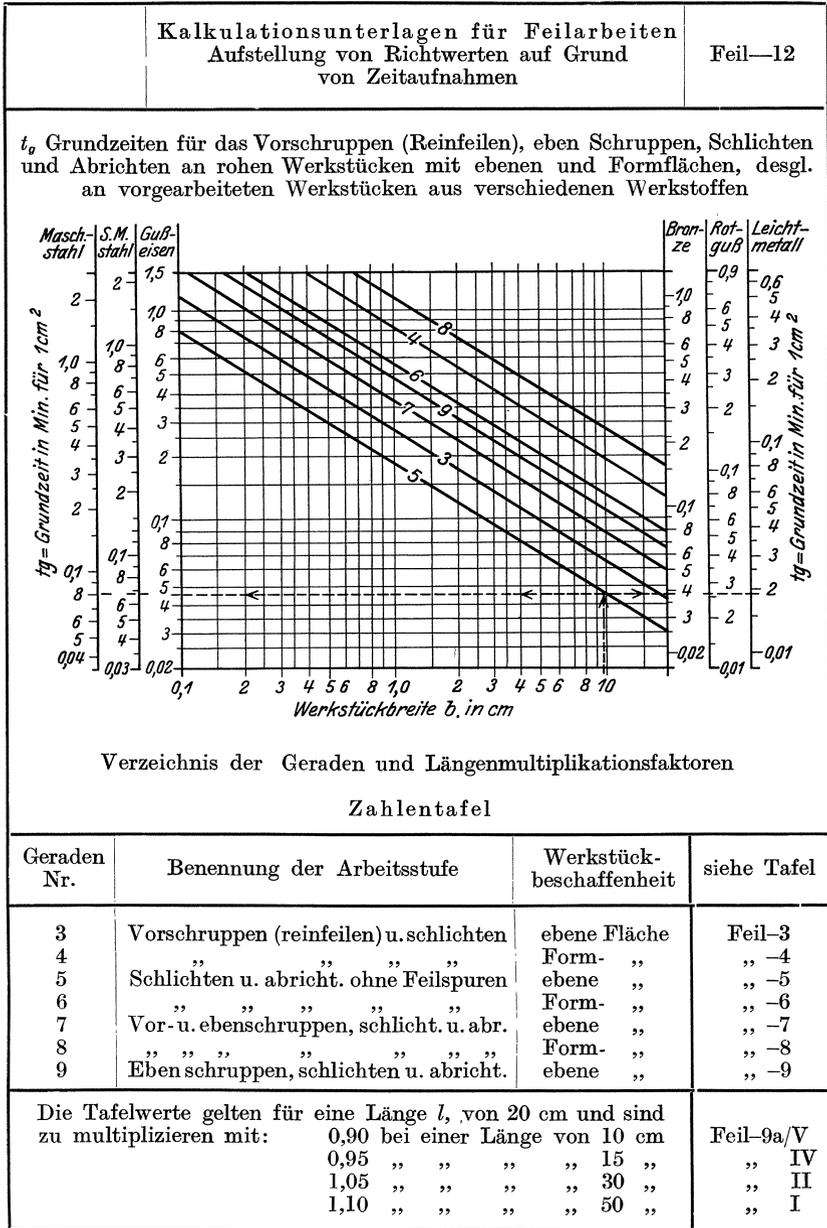


Flächen festlegen, wie stark die Schicht des abgenommenen Werkstoffes für eine bestimmte Oberflächenverfeinerung im Durchschnitt sein muß. So wurde gefunden, daß für das Abrichten ohne Feilspuren 0,025 mm genügen. Sodann wurde nach den Tafeln Feil—5 und 6 der Zeitbedarf für das Schlichten und Abrichten entwickelt und in der graphischen Tafel Feil—12 unter der gleichen Geradennummer eingetragen.

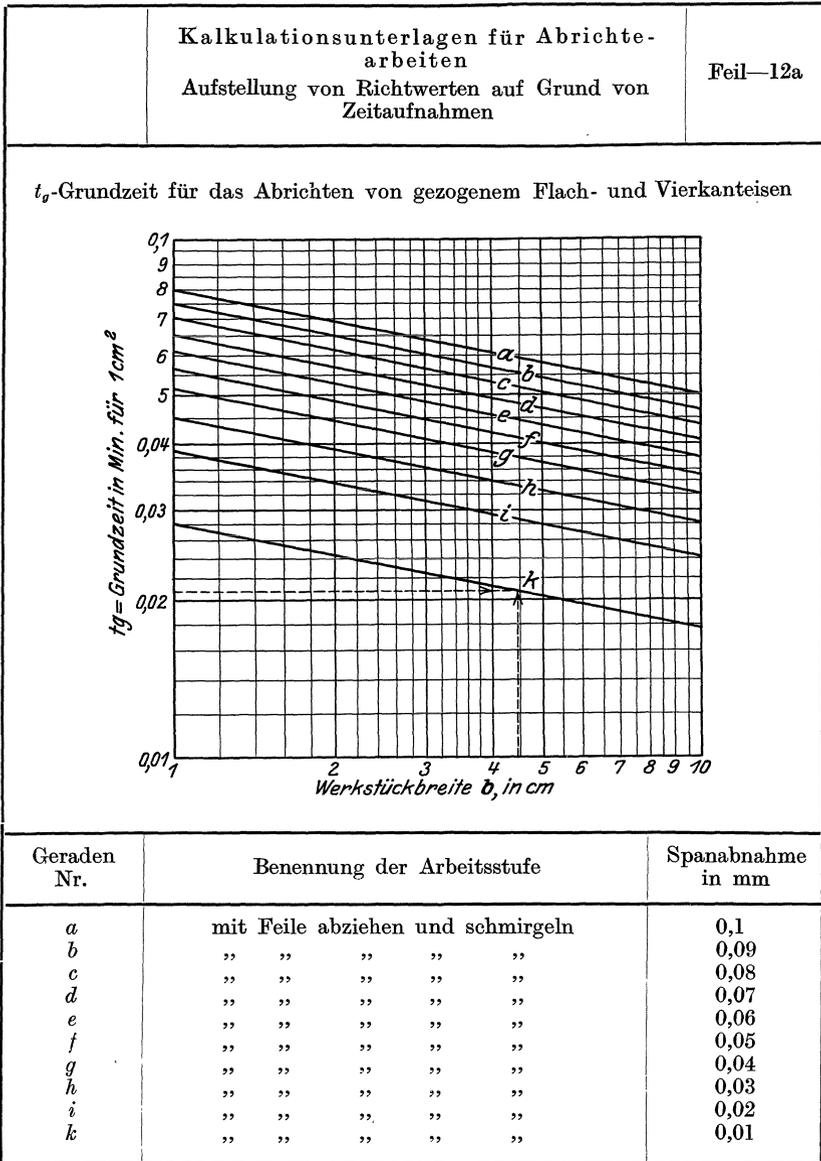


In den Tafeln Feil—7, 8 und 9 sind Beispiele gegeben, wie die einzelnen Arbeitsstufen aus den verschiedenen Entwicklungstafeln zur Vereinfachung der Berechnungsarbeit vereinigt werden. Unter der Spalte „Unterlagen Nr.“ ist der Ursprungshinweis eingetragen; s. auch Blatt Feil—12.

Die Werte der Tafeln Feil—1 bis 9 sind für eine Werkstücklänge



von 20 cm ermittelt. Für die Längen 50, 30, 15 und 10 cm sind in der Tafel Feil—9a Multiplikationsfaktoren angegeben, die durch Gegenüberstellung der Zeitwerte für die einzelnen Werkstücklängen gebildet



sind, und wobei der Zeitbedarf für 20 cm Länge zu 1 angenommen ist. Diese Faktoren sind auch in die Zahlentafeln der Blätter Feil—10 bis 12 eingetragen. Kommen andere Längen als in den graphischen Tafeln verzeichnet in Betracht, so sind die Tafelwerte mit diesen Faktoren zu multiplizieren.

Abb. 2 gibt Beispiele verschiedener Formflächen.

Zu den Zeitaufnahmen selbst sei noch bemerkt :

a) Die Werkstücke, an welchen die Zeitaufnahmen vorgenommen werden, sollen möglichst gleiche Abmessungen für die verschiedenen Werkstoffe haben.

b) Die Meßstellen sind vor dem Messen vom Grat und Schmutz zu befreien.

c) Die Feilflächen sind vor, während und nach jeder Arbeitsstufe nicht nur auf die Spanabnahme, sondern auch auf Ebenheit und Maßhaltigkeit zu prüfen.

d) Die abzunehmende Werkstoffschicht bzw. Spanabnahme ist vorher festzulegen; ebenso der Grad der Bearbeitungsgenauigkeit (Sitz bzw. Gütegrad der Passung oder die Toleranz).

e) Die Abmessungen der Werkstücke bzw. Bearbeitungsflächen sind vor Beginn der Bearbeitung festzustellen und die Maße im Zeitaufnahmebogen einzutragen. Diese Eintragung mit den Feilzeiten ist auch während und nach jeder Arbeitsstufe vorzunehmen.

f) Die Zeitaufnahme soll sich mindestens auf jeweils 5 Stück erstrecken.

g) Die aufgenommenen Zeiten sind nach der Mittelwertsmethode auszuwerten und sodann in Entwicklungstabellen wie Blatt Feil—1 einzutragen.

Zur Grundzeit t_g für das Abrichten von gezogenem Flach- und Vierkanteisen sei bemerkt:

Da bei dem gezogenen Eisen Abweichungen bis zu 0,1 mm und mehr vorkommen, so ist eine Nachbearbeitung durch Feilen oder Abrichten erforderlich, wenn die Werkstücke Paßmaße aufweisen müssen. Welche Aufmerksamkeit der Verwendung von gezogenem Eisen mit möglichst niedrigen Maßabweichungen zuzuwenden ist, zeigt die Betrachtung der Tafel Feil—12a, welche für die Spanabnahme von 0,01 bis 0,1 mm die Bearbeitungszeiten angibt.

3. Schaben.

Das Schaben wird angewendet :

1. bei flachen Paß-, Sitz-, Gleit- und Richtflächen,
2. bei runden Bohrungs-, Paß-, Sitz- und Gleitflächen,

die auf größtmögliche Genauigkeit vorgearbeitet sind. Bei Flächen, die geschabt werden müssen, ist eine um ein Zehntel bei der Vorbereitung mehr oder weniger erreichte Genauigkeit für die nach-

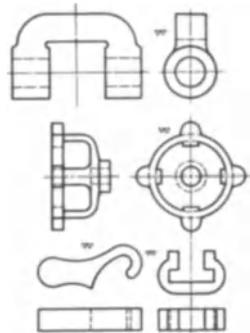


Abb. 2. Beispiele von Formflächen (▽▽ sämtliche Flächen schlichten).

folgende Schabearbeit von sehr großem Einfluß, s. S. 287. Bearbeitungsflächen an Werkstücken von größeren Längen und Gewichten erfordern eine sehr sorgfältige Vorbearbeitung; trotzdem liegt die erreichbare Genauigkeit der Vorbearbeitung häufig nur zwischen 0,2 bis 0,6 mm. In den Tafeln Schab—1 bis 5 sind Vergleichswerte über verschiedene Flächen — Teile von drei Schleifmaschinen verschiedener Größe — einander gegenübergestellt. Durch geeignete Unterlagen und Spannvorrichtungen beim Hobeln wurden die Maßabweichungen von 0,4 bis 0,6 mm auf 0,2 bis 0,3 mm herabgedrückt. Wie aus Blatt Schab—1 unter A, Pos. 1, Spalte i und n ersichtlich, beträgt die Bearbeitungszeit für 1 cm² bei 0,3 mm Vorbearbeitungstoleranz 0,58 Min., während bei 0,2 mm Toleranz 0,45 Min. benötigt werden, also ein Zeitunterschied von $\sim 30\%$.

Bei der Schabearbeit ist in noch größerem Maße als beim Feilen darauf zu achten, daß bei der Vorbearbeitung möglichst das vorgeschriebene Maß erreicht wird. Jedoch sind hier Grenzen gezogen, die einmal in der Bearbeitungsmaschine, das andere Mal im Werkstück selbst liegen. Unter Umständen findet auch noch beim Schlichtvorgang ein Spannungsausgleich statt, trotzdem das Werkstück zwischen Schruppen und Schlichten längere Zeit liegen gelassen wurde.

Zwecks Ermittlung des Zeitbedarfs bei Schabearbeiten sind also zunächst die Unebenheiten, d. h. die Vorbearbeitungstoleranzen zu ermitteln. Nachdem auch die Zeiten für die Schabearbeiten festgestellt sind, wird versucht, die Vorbearbeitungstoleranz soweit wie möglich, d. h. auf praktisch eben noch erreichbare Grenzen herabzudrücken und alsdann die Zeiten für die Schabearbeiten nochmals aufzunehmen. Die aufgenommenen Zeiten werden, nachdem sie ausgewertet sind, in Entwicklungstafeln wie Blatt Schab—1 bis 4 eingetragen, wobei zu beachten ist, daß die für 1 cm² Bearbeitungsfläche ermittelte Bearbeitungszeit auf die betreffende Flächenbreite, unter Berücksichtigung der Vorbearbeitungs- und Fertigtoleranzen, ferner der Lage, Form und Größe der Flächen zu beziehen ist.

Beim Vergleich der Bearbeitungsflächen auf Blatt Schab—3 unter A, Pos. 1 bis 3, Spalte d, i und n, ist festzustellen, daß mit breiter werdender Fläche die Bearbeitungszeit für 1 cm² ein ähnliches Fallen wie bei den Feilarbeiten aufweist, was beim Vergleich der graphischen Tafel, Blatt Schab—5, mit denen der Blätter Feil—10 bis 12 noch mehr in die Augen fällt.

Weiterhin ist beim Vergleich der einzelnen Bearbeitungsflächen auf den Blättern Schab—1 bis 4 zu ersehen, daß für je 1 cm² der verschiedenen Bearbeitungsflächen die Bearbeitungszeiten verschieden sind. Dies ist am deutlichsten aus der graphischen Tafel Blatt Schab—5 zu ersehen. Z. B. liegen die Werte der Geraden α für Spindelstock-

Unter- und Oberteil gegenüber denen von d , der Geraden für die Schleifmaschinentisch-Ober- und Unterteil-Mittenauflage, um fast das Doppelte höher, trotzdem die Form beider Flächen eine kreisförmige und gleiche ist. Der Grund liegt darin, daß die Spindelstockauflage a von Unter- und Oberteil, bei jeder Verdrehung um beliebige Winkel für die Spitzenhöhe immer genau die gleiche Größe ergeben muß, was natürlich eine sorgfältige Schabe- und Meßarbeit erfordert. Anders liegen die Dinge bei der Mittenauflage d des Schleifmaschinentisches, da diese nicht allein die Auflage für den Tisch bildet. Vielmehr treten die beiden seitlichen Auflagen b noch hinzu, die für die Auflage und Verstellung des Tisch-Oberteils gegenüber dem Unterteil hauptsächlich in Betracht kommen. Aber auch diese Flächen erfordern, da beide getrennt in bestimmten Abständen voneinander, aber in einer Ebene liegen, einen größeren Zeitaufwand für die Flächeneinheit als die obere Tischfläche h , welche von all' den dargestellten Flächen den niedrigsten Wert aufweist.

Aus den besprochenen Beispielen folgt, daß bei der Zeitermittlung für flache Schabearbeiten nachstehende Bedingungen zu beachten sind:

- a) die Art oder Form der Fläche,
- b) der Werkstoff,
- c) die Vorbearbeitungsgenauigkeit,
- d) die Fertigbearbeitungsgenauigkeit,
- e) die Größe und das Gewicht der Werkstücke,
- f) die Lage der Fläche wegen der größeren oder geringeren Zugänglichkeit.

Zum Aufbau der graphischen Tafel Blatt Schab—5 ist noch zu bemerken, daß in der darunter stehenden Zahlentafel, unter „Unterlagennummer“, auf den Ursprung der einzelnen Geraden hingewiesen ist, und daß entsprechend den Werkstoffskalen bei den graphischen Feiltafeln hier die Maschinengrößenskalen: Gr. I, II und III an beiden Seiten, die Vorbearbeitungstoleranz von 0,2 mm am oberen und die von 0,3 mm am unteren Rande der Netztafel so gegeneinander versetzt angebracht sind, daß sie den Werten der Zahlentafeln Schab—1 bis 4 entsprechen.

Es soll nun für eine Fläche von 20 cm Breite und 190 cm Länge, bei einer Vorbearbeitungstoleranz von 0,2 bis 0,3 mm, nach Bild 2 auf Blatt Schab—3 unter B, Größe II Pos. 1, die Schabezeit für 1 cm² Bearbeitungsfläche aus der graphischen Tafel Schab—5 ermittelt werden. Man geht von der Werkstückbreite 20 cm auf der unteren Werkstückskala mit 0,3 mm Toleranz aus und findet, daß die zugehörige Ordinate die Gerade h in einem Punkte schneidet, der einem Zeitwert von etwa 0,2 Min. für 1 cm² an der linken Größenskala Gr. II ent-

Kalkulationsunterlagen für Schabearbeiten
Aufstellung von Vergleichswerten, ermittelt durch
Zeitaufnahmen

Schab—1

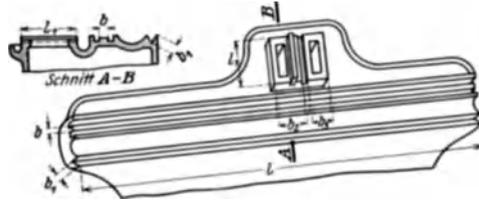


Bild 1. Schleifmaschinenbett.

t_p -Abrichten und Schaben, bezogen auf die Bearbeitungsfläche in cm²

Pos.-Nr.	Benennung der Bearbeitungsfläche	Fläch.- zeichen	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeit.-Toleranz		Be- arbeitung		Bearbeit.-Toleranz		Be- arbeitung	
			in cm	in cm ²	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver- hält- n. h : e	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver- hält- n. m : e
			d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
A. Schleifmaschine Größe I.												
Schleif-Dm. = 250 mm, Schleiflänge = 800 mm, Gewicht = 2000 kg.												
1	 Bett- führung	$b-l$	4 × 185	740	0,3	0,01	430	0,58	0,2	0,01	334	0,45
2	 Bett- führung	b_1-l	3 × 185	555	0,3	0,01	333	0,60	0,2	0,01	255	0,46
3	 Schl.- Supp.	b_2-l_1	10 × 50	500	0,3	0,01	125	0,25	0,2	0,01	100	0,20
4	 Schl.- Supp.	b_3-l_1	8 × 50	400	0,3	0,01	112	0,28	0,2	0,01	88	0,22
B. Schleifmaschine Größe II.												
Schleif-Dm. = 300 mm, Schleiflänge = 1000 mm, Gewicht = 2500 kg.												
1	 Bett- führung	$b-l$	4 × 240	965	0,3	0,01	620	0,64	0,2	0,01	485	0,50
2	 Bett- führung	b_1-l	3 × 240	720	0,3	0,01	475	0,66	0,2	0,01	368	0,51
3	 Schl.- Supp.	b_2-l_1	12 × 60	720	0,3	0,01	173	0,24	0,2	0,01	130	0,18
4	 Schl.- Supp.	b_3-l_1	10 × 60	600	0,3	0,01	150	0,25	0,2	0,01	120	0,20
C. Schleifmaschine Größe III.												
Schleif-Dm. = 350 mm, Schleiflänge = 1500 mm, Gewicht = 3500 kg.												
1	 Bett- führung	$b-l$	5 × 310	1550	0,3	0,01	1160	0,75	0,2	0,01	900	0,58
2	 Bett- führung	b_1-l	4 × 310	1240	0,3	0,01	965	0,78	0,2	0,01	755	0,61
3	 Schl.- Supp.	b_2-l_1	14 × 70	980	0,3	0,01	215	0,22	0,2	0,01	167	0,17
4	 Schl.- Supp.	b_3-l_1	12 × 70	840	0,3	0,01	202	0,24	0,2	0,01	160	0,19

Kalkulationsunterlage für Schabearbeiten
Aufstellung von Vergleichswerten,
ermittelt durch Zeitaufnahmen

Schab-2

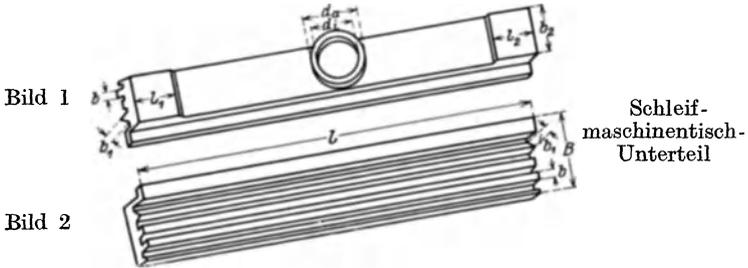


Bild 1

Bild 2

Schleif-
maschinentisch-
Unterteil

t_g -Abrichten und Schaben, bezogen auf die Bearbeitungsfläche in cm^2

Pos.-Nr.	Benennung der Bearbeitungsfläche	Fläch.-Zeich.	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung	
			in cm	in cm^2	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver-hältn. h:e	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver-hältn. m:e
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
A. Schleifmaschine Größe I. Schleif-Dm. = 250 mm, Schleifl. = 800 mm, Gew. = 2000 kg												
1	Führungsfläche	$b-l$	4×160	640	0,3	0,01	350	0,55	0,2	0,01	270	0,42
2	Führungsfläche	b_1-l	$3,5 \times 160$	560	0,3	0,01	325	0,58	0,2	0,01	246	0,44
3	Auflagefläche	$da-di$	$20/15^1$	138	0,3	0,01	93	0,67	0,2	0,01	72	0,52
4	Auflagefläche	b_2-l_1	20×12	240	0,3	0,01	113	0,47	0,2	0,01	87	0,36
5	Auflagefläche	b_2-l_2	20×10	200	0,3	0,01	94	0,47	0,2	0,01	72	0,36
B. Schleifmaschine Größe II. Schleif-Dm. = 300 mm, Schleifl. = 1000 mm, Gew. = 2500 kg												
1	Führungsfläche	$b-l$	4×190	760	0,3	0,01	455	0,60	0,2	0,01	350	0,46
2	Führungsfläche	b_1-l	$3,5 \times 190$	665	0,3	0,01	425	0,64	0,2	0,01	320	0,48
3	Auflagefläche	$da-di$	$25/18^1$	236	0,3	0,01	175	0,74	0,2	0,01	135	0,57
4	Auflagefläche	b_2-l_1	25×13	325	0,3	0,01	170	0,52	0,2	0,01	139	0,40
5	Auflagefläche	b_2-l_2	25×10	250	0,3	0,01	130	0,52	0,2	0,01	100	0,40
C. Schleifmaschine Größe III. Schleif-Dm. = 359 mm, Schleifl. = 1500 mm, Gew. = 3500 kg												
1	Führungsfläche	$b-l$	5×240	1200	0,3	0,01	840	0,70	0,2	0,01	635	0,53
2	Führungsfläche	b_1-l	4×240	960	0,3	0,01	720	0,75	0,2	0,01	535	0,56
3	Auflagefläche	$da-di$	$30/20^1$	394	0,3	0,01	340	0,86	0,2	0,01	225	0,66
4	Auflagefläche	b_2-l_1	30×15	450	0,3	0,01	270	0,60	0,2	0,01	230	0,51
5	Auflagefläche	b_2-l_2	30×12	360	0,3	0,01	215	0,60	0,2	0,01	184	0,51

¹ Als Werkstückbreite gilt: $\frac{da-di}{2}$ in cm

Kalkulationsunterlagen für Schabearbeiten Aufstellung von Vergleichswerten, ermittelt durch Zeitaufnahmen										Schab—3		
Bild 1										Schleif- maschinen-tisch- Oberteil.		
Bild 2												
t_g -Abrichten und Schaben, bezogen auf die Bearbeitungsfläche in cm ²												
Pos.-Nr.	Benennung der Bearbeitungsfläche	Fläch-Zeich.	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung	
			in cm	in cm ²	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver-hältn. h : e	hob.	schab.	Zeit in Min.	Ver-hältn. m : e
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
A. Schleifmaschine Größe I. Schleif-Dm. = 250 mm, Schleifl. = 800 mm, Gew. = 2000 kg												
1	ob. Tischfläche	$b-l$	18 × 160	2880	0,3	0,01	520	0,18	0,2	0,01	375	0,13
2	seitl. Anschlag	$h-l$	2 × 160	320	0,2	0,01	115	0,36	0,1	0,01	74	0,23
3	seitl. Anschlag	h_1-l	1,5 × 160	240	0,2	0,01	97	0,40	0,1	0,01	72	0,30
4	Auflagefläche	b_1-l_1	20 × 10	200	0,3	0,01	94	0,47	0,2	0,01	72	0,36
5	Auflagefläche	b_1-l_2	20 × 12	240	0,3	0,01	113	0,47	0,2	0,01	87	0,36
6	Auflagefläche	d_a-d_i	20/15 ¹	138	0,3	0,01	90	0,67	0,2	0,01	70	0,52
B. Schleifmaschine Größe II. Schleif-Dm. = 300 mm, Schleifl. = 1000 mm, Gew. = 2000 kg												
1	ob. Tischfläche	$b-l$	20 × 190	3800	0,3	0,01	760	0,20	0,2	0,01	570	0,16
2	seitl. Anschlag	$h-l$	2 × 190	380	0,2	0,01	152	0,40	0,1	0,01	114	0,30
3	seitl. Anschlag	h_1-l	1,5 × 190	285	0,2	0,01	125	0,44	0,1	0,01	97	0,34
4	Auflagefläche	b_1-l_1	20 × 10	200	0,3	0,01	104	0,52	0,2	0,01	80	0,40
5	Auflagefläche	b_1-l_2	20 × 12	240	0,3	0,01	125	0,52	0,2	0,01	96	0,40
6	mittl. Auflagefläche	d_a-d_i	25/18 ¹	236	0,3	0,01	174	0,74	0,2	0,01	135	0,57
C. Schleifmaschine Größe III. Schleif-Dm. = 350 mm, Schleifl. = 1500 mm, Gew. = 3500 kg												
1	ob. Tischfläche	$b-l$	25 × 240	6000	0,3	0,01	1385	0,23	0,2	0,01	1080	0,18
2	seitl. Anschlag	$h-l$	2,5 × 240	600	0,2	0,01	282	0,47	0,1	0,01	216	0,36
3	seitl. Anschlag	h_1-l	2 × 240	480	0,2	0,01	250	0,52	0,1	0,01	192	0,40
4	Auflagefläche	b_1-l_1	25 × 12	300	0,3	0,01	188	0,60	0,2	0,01	153	0,51
5	Auflagefläche	b_1-l_2	25 × 15	375	0,3	0,01	225	0,60	0,2	0,01	191	0,51
6	mittl. Auflagefläche	d_a-d_i	30/20 ¹	394	0,3	0,01	340	0,86	0,2	0,01	260	0,66
¹ Als Werkstückbreite gilt $\frac{d_a - d_i}{2}$ in cm.												

Kalkulationsunterlagen für Schabearbeiten
Aufstellung von Vergleichswerten, ermittelt durch Zeitaufnahmen

Schab—4

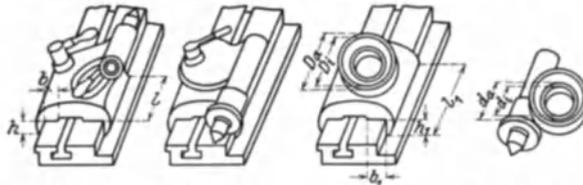
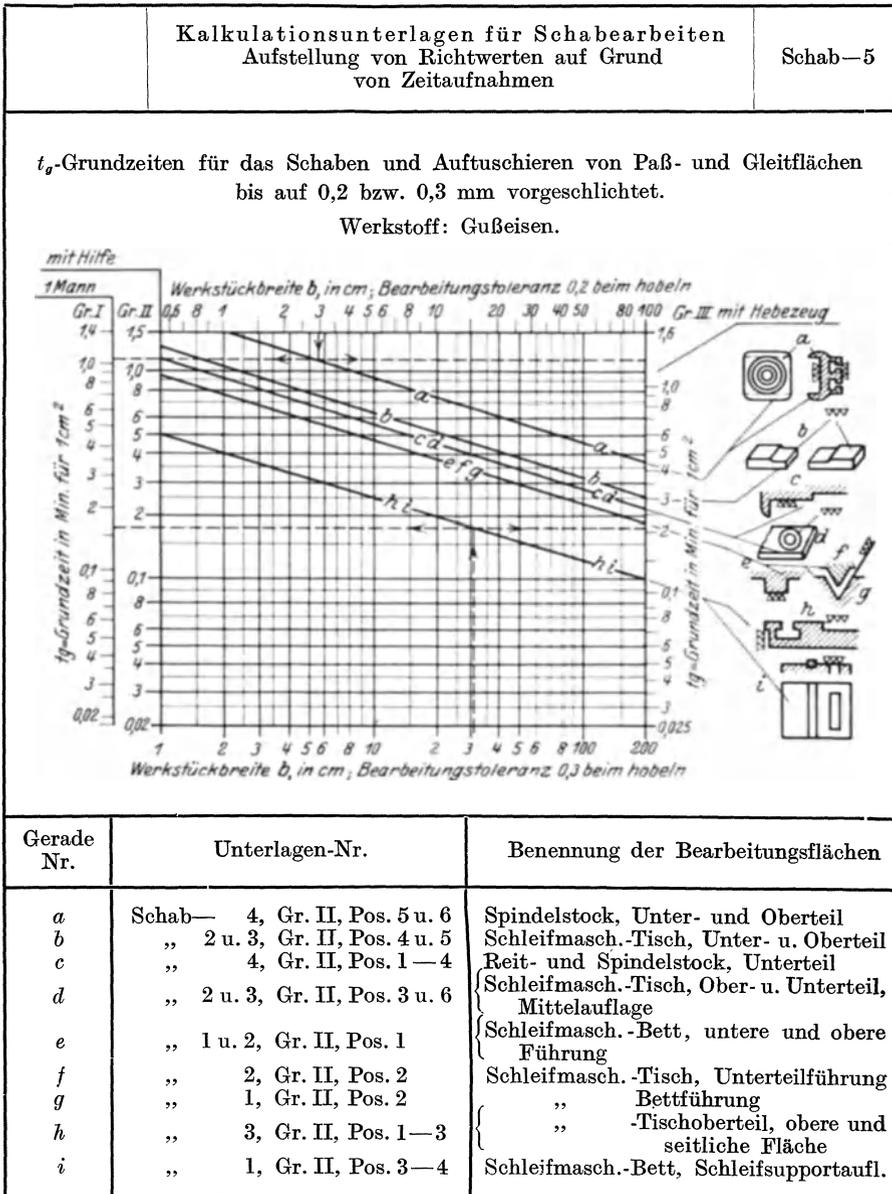


Bild 1 Reitstock Bild 2 Spindelstock Bild 3 Spindelstock-Unterteil Bild 4 Spindelstock-Oberteil

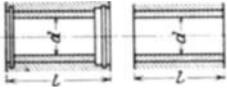
t_p -Abrichten und Schaben, bezogen auf die Bearbeitungsfläche in cm^2

Pos.-Nr.	Benennung der Bearbeitungsfläche	Fläch.-zeich.	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung		Bearbeit.-Toleranz		Be-arbeitung	
			in cm	in cm^2	hob.	schab.	Zeit in Min.	Verhältn. h:e	hob.	schab.	Zeit in Min.	Verhältn. m:e
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
A. Schleifmaschine Größe I. Schleif.-Dm. = 250 mm, Schleiflänge = 800 mm, Gew. = 2000 kg												
1	Gleitfläche	$b-l$	4×30	120	0,2	0,01	87	0,73	0,1	0,01	72	0,60
2	Anschlagfläche	$h-l$	2×30	60	0,2	0,01	54	0,90	0,1	0,01	43	0,72
3	Gleitfläche	b_1-l_1	4×35	140	0,2	0,01	102	0,73	0,1	0,01	84	0,60
4	Anschlagfläche	h_1-l_1	2×35	70	0,2	0,01	63	0,90	0,1	0,01	50	0,72
5	Drehfläche	D_a-D_t	$20/15^1$	140	0,2	0,01	200	1,42	0,1	0,01	154	1,10
6	Drehfläche	d_a-d_t	$12,5/7,5^1$	79	0,2	0,01	102	1,45	0,1	0,01	77	1,13
B. Schleifmaschine Größe II. Schleif.-Dm. = 300 mm, Schleiflänge = 1000 mm, Gew. = 2500 kg												
1	Gleitfläche	$b-l$	$4,5 \times 30$	135	0,2	0,01	96	0,71	0,1	0,01	78	0,58
2	Anschlagfläche	$h-l$	2×30	60	0,2	0,01	54	0,90	0,1	0,01	43	0,72
3	Gleitfläche	b_1-l_1	$4,5 \times 35$	157	0,2	0,01	112	0,71	0,1	0,01	91	0,58
4	Anschlagfläche	h_1-l_1	2×35	70	0,2	0,01	63	0,90	0,1	0,01	50	0,72
5	Drehfläche	D_a-D_t	$22,5/17,5^1$	157	0,2	0,01	230	1,45	0,1	0,01	173	1,10
6	Drehfläche	d_a-d_t	$15/10^1$	100	0,2	0,01	148	1,48	0,1	0,01	113	1,13
C. Schleifmaschine Größe III. Schleif.-Dm. = 350 mm, Schleiflänge = 1500 mm, Gew. = 3500 kg												
1	Gleitfläche	$b-l$	5×35	175	0,2	0,01	122	0,70	0,1	0,01	100	0,57
2	Anschlagfläche	$h-l$	$2,5 \times 35$	88	0,2	0,01	76	0,86	0,1	0,01	62	0,70
3	Gleitfläche	b_1-l_1	5×40	200	0,2	0,01	140	0,70	0,1	0,01	114	0,57
4	Anschlagfläche	h_1-l_1	$2,5 \times 40$	100	0,2	0,01	86	0,86	0,1	0,01	70	0,70
5	Drehfläche	D_a-D_t	$25/20^1$	177	0,2	0,01	294	1,65	0,1	0,01	225	1,27
6	Drehfläche	d_a-d_t	$17,5/12,5^1$	118	0,2	0,01	200	1,70	0,1	0,01	155	1,31

¹ Als Werkstückbreite gilt: $\frac{D_a - D_t}{2}$ bzw. $\frac{d_a - d_t}{2}$ in cm



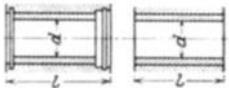
spricht. Bei 0,2 mm Vorbearbeitungstoleranz und gleicher Werkstückbreite geht man von der oberen Werkstückskala aus und findet in entsprechender Weise wie vorher den Zeitwert von etwa 0,16 Min. für 1 cm² Bearbeitungsfläche.

Kalkulationsunterlagen für Schabearbeiten Aufstellung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten																Schab R—1			
 <p style="text-align: center;">Bild 1 Bild 2</p> <p style="text-align: center;">Reihenfertigung bis etwa 30 Stück nach Laufsitz-Feinpassung.</p>																			
t_o = Grundzeit für das Einpressen und Ausschaben von Buchsen nach Bild 1 und 2, bezogen auf die Bohrungsfläche $F = d \cdot \pi \cdot l$ in cm^2 .																			
Bohr- Dm. cm	Bohrungsfläche F in cm^2																		
	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	
Buchsen aus Phosphorbronze																			
3,6	12	15,5	19	21,5															
3,8	11	14,5	17	20	23	28													
4,0	10	13	15,5	19,5	21	25	27	31											
5,0	8,5	12,5	14,5	18	19	23	25	28	29	31,5	35								
6,0	7,7	11	13	16	18	20	21,5	25	27	28,5	31	33	35	37					
7,0	7,7	9	11,5	14	15,5	18,5	20	23	24,5	26	28	30	31	32	35	36	38,5	40	
Buchsen aus Gußeisen																			
3,6	13,2	17	21	23,6															
3,8	12	16	18,7	22	25	31													
4,0	11	14,3	17	21,4	23	27,5	30	34											
5,0	9,3	13,7	16	20	21	25	27,5	31	32	35	38,5								
6,0	8,5	12	14,5	17,5	20	22	24	27	30	31,5	34	36,5	38,5	41					
7,0	8,5	10	12,7	15,5	17	20	22	25	27	28,5	31	32,5	34	35	38,5	40	42,5	44	

Das Schaben von runden Flächen findet Anwendung bei Bohrungen, Büchsen, Lagern und ähnlichen Paß-, Sitz- und Gleitflächen, die genauen Sitz haben müssen. Zu unterscheiden sind folgende Bohrungsteile :

a) Für einfache Lagerung : Büchsen in Zwischenrädern, Scheiben, Kupplungen, Lagerböcken und ähnlichen Maschinenteilen, ferner geteilte Lager in Vorgelegen, Transmissions- und anderen Maschinenlagerungen und Bohrungsteile für Wellen, die eingedreht oder abgesetzt sind und Bunde haben.

b) Für mehrfache Lagerung : Büchsen in Drehbankspindelstöcken, Fräs- und anderen Maschinen, geteilte Lager in Vorgelegen, Trans-

Kalkulationsunterlagen für Aufreiarbeiten Aufstellung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten														R zyl.—1				
 <p>Bild 1 Bild 2</p> <p>Reihenfertigung bis etwa 30 Stück</p>																		
t_g = Grundzeit für das Einpressen und Aufreiben von Buchsen nach Bild 1 und 2, bezogen auf die Bohrungsfläche $F = d \cdot \pi \cdot l$ in cm^2																		
Bohr- Dm. cm	Bohrungsfläche F in cm^2																	
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Buchsen aus Phosphorbronze																		
1,0	2,1	3,85	7,3															
1,2	1,77	3,3	6,0	8,5														
1,5	1,46	2,85	5,0	6,9	9,2													
1,8		2,45	4,2	6,1	7,7	9,2												
2,0		2,0	3,6	5,0	6,5	7,7	9,2											
2,2		1,77	3,1	4,4	5,4	7,0	7,7	9,2	11									
2,5		1,4	2,55	3,6	4,6	5,4	6,5	7,7	9,2	10	11							
2,8		1,15	2,1	3,1	3,85	4,6	5,4	6,5	7,7	7,7	9,2	10	11	11,5				
3,0		1,05	1,95	2,55	3,5	3,9	4,7	5,5	6,25	6,6	7,7	7,7	8,5	9,2	10	11	11,5	12,3
Buchsen aus Gußeisen																		
1,0	2,3	4,25	8,0															
1,2	1,95	3,65	6,65	9,4														
1,5	1,6	3,15	5,5	7,6	10													
1,8		2,7	4,65	6,65	8,5	10												
2,0		2,2	3,96	5,5	7,15	8,5	10											
2,2		1,95	3,40	4,85	6,0	7,1	8,5	10	12									
2,5		1,55	2,8	4,0	5,1	6,1	7,2	8,5	10	11	12							
2,8		1,27	2,3	3,4	4,25	5,0	6,0	7,15	8,5	8,5	10,0	11,0	12,0	12,7				
3,0		1,1	2,15	2,8	3,85	4,3	5,2	6,1	6,9	7,3	8,5	8,5	9,4	10	11	12	12,7	13,6

missions- und anderen Maschinenlagerungen, Bohrungsteile für Wellen, die eingedreht oder abgesetzt sind und Bunde haben.

Diese Einteilung läßt erkennen, daß die Ermittlung von Bearbeitungszeiten auch für das Schaben runder Flächen erhebliche Schwierigkeiten bieten wird.

In Blatt Schab R—1 ist ein Beispiel über Zeitermittlung durch Vergleich für das Einpressen und Einschaben von Büchsen aufgestellt. Bezugsgröße ist die Bohrungsfläche in Quadratcentimetern, der Zeitbedarf für dieselbe ist in Abhängigkeit vom Bohrungsdurchmesser angegeben. Die Büchsen sind vor dem Einpressen nach der Laufsitz-

Kalkulationsunterlagen für Aufreiarbeiten Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen		R kon—1														
Kegelstiftbohrungen aufreiben																
																
t_g = Grundzeit für das Aufreiben von Kegelstiftbohrungen mit Handreibahlen, bezogen auf Durchmesser und Länge der Bohrung																
Pos.-Nr.	Stiftabmessung in mm			Länge der Bohrung in mm												
	Dm.		Länge	6	8	10	12	15	18	20	30	40	50	60	70	80
	d	d_1	l	a	b	c	d_2	e	f	g	h	i	k	l_1	m	n
A. Maschinenstahl 60—80 kg/mm ²																
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,6	0,35	1,1	1,35	1,75	2,2	2,5	3,8					
2	5	5,9	45	0,55	0,8	1,0	1,25	1,6	1,9	2,2	3,5	4,8	6,2			
3	8	9,4	70		0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	3,1	4,4	5,5	6,8	7,8	
4	10	11,6	80			0,85	1,0	1,3	1,6	1,82	2,9	4,0	5,2	6,2	7,5	9,0
B. S.M.-Stahl 50-60 kg/mm ²																
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,55	0,8	1,05	1,25	1,65	1,95	2,15	3,5					
2	5	5,9	45	0,50	0,75	0,95	1,15	1,45	1,8	2,05	3,3	4,45	5,8			
3	8	9,4	70		0,65	0,85	1,05	1,35	1,6	1,9	2,9	4,1	5,2	6,4	7,5	
4	10	11,6	80			0,8	1,0	1,2	1,5	1,7	2,7	3,7	4,8	5,8	7,0	8,2
C. Schmiede- und gezogenes Eisen																
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,55	0,75	1,0	1,2	1,55	1,85	2,0	3,4					
2	5	5,9	45	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	1,95	3,1	4,2	5,5			
3	8	9,4	70		0,6	0,8	1,0	1,25	1,5	1,8	2,75	3,8	4,9	6,0	7,1	
4	10	11,6	80			0,75	0,9	1,15	1,4	1,6	2,5	3,5	4,6	5,5	6,6	7,8

Feinpassung vorgearbeitet. Es zeigt sich, daß bei gleichbleibender Bohrungsfläche und zunehmendem Bohrungsdurchmesser die Bearbeitungszeiten abnehmen. Der Grund liegt darin, daß die Bohrung dann größer und kürzer und deshalb für das Schaben zugänglicher wird. Hieraus ist ersichtlich, daß der Zeitbedarf nicht nur von der Bezugsgröße allein, sondern auch von den sonstigen Arbeitsbedingungen abhängt.

4. Aufreiben.

Das Aufreiben wird bei Zusammenbau-Schlosserarbeiten angewendet:

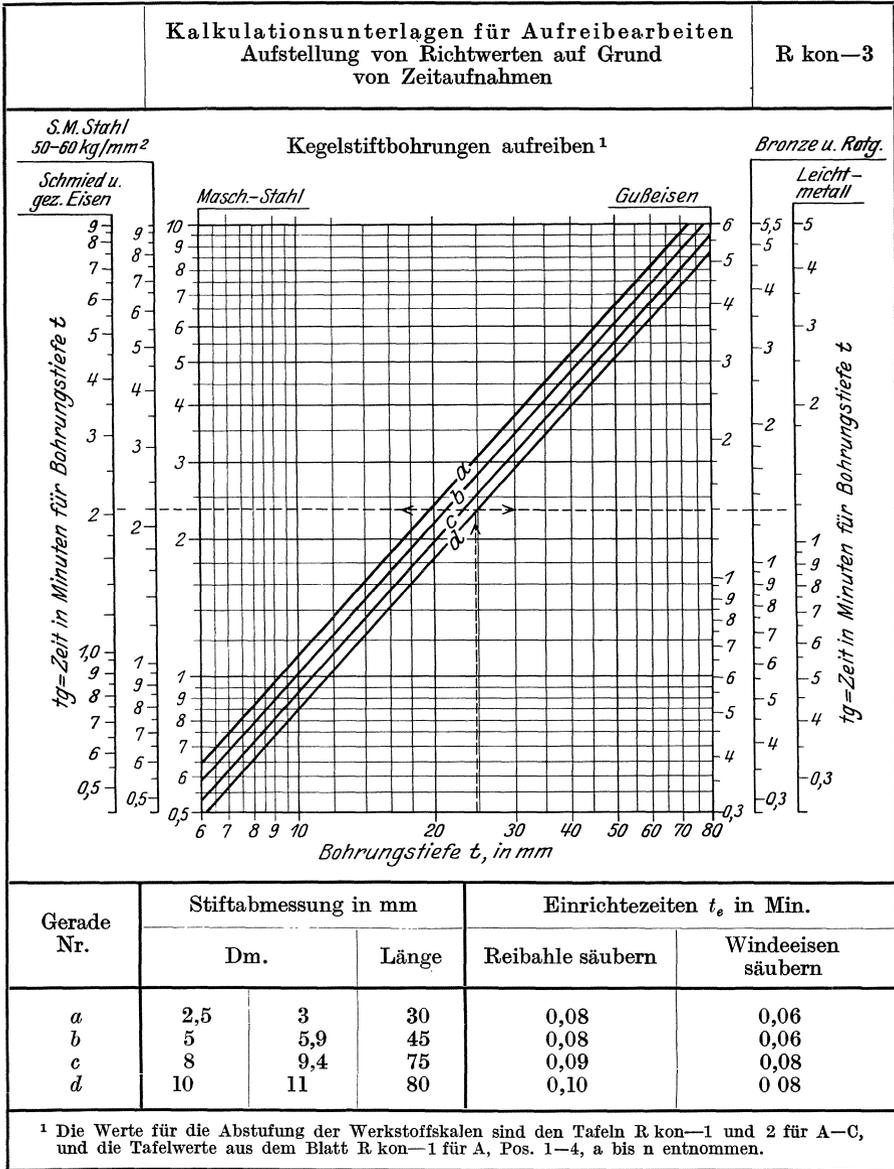
a) Bei zylindrischen Bohrungen, wobei sowohl einfache Lagerungen — eingepreßte Büchsen usw. — als auch mehrfache Lagerungen in Betracht kommen.

Kalkulationsunterlagen für Aufreibearbeiten Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen				R kon—2															
Kegelstiftbohrungen aufreiben																			
																			
t_0 = Grundzeit, für das Aufreiben von Kegelstiftbohrungen mit Handreibahlen, bezogen auf Durchmesser und Länge der Bohrung																			
Pos.-Nr.	Stiftabmessung in mm			Länge der Bohrung in mm															
	Dm.		Länge	6	8	10	12	15	18	20	30	40	50	60	70	80			
	d	d_1	l	a	b	c	d_2	e	f	g	h	i	k	l_1	m	n			
A. Gußeisen																			
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0	1,25	1,4	2,25								
2	5	5,9	45	0,3	0,45	0,6	0,75	0,95	1,10	1,3	2,05	2,8	3,6						
3	8	9,4	70		0,4	0,55	0,65	0,85	1,0	1,2	1,85	2,6	3,3	4,0	4,8				
4	10	11,6	80			0,5	0,6	0,75	0,95	1,05	1,7	2,4	3,1	3,7	4,4	5,2			
B. Bronze und Rotguß																			
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,35	0,45	0,60	0,75	0,95	1,15	1,3	2,1								
2	5	5,9	45	0,3	0,4	0,55	0,7	0,9	1,0	1,2	1,9	2,6	3,4						
3	8	9,4	70		0,4	0,5	0,6	0,8	0,95	1,1	1,7	2,4	3,1	3,7	4,5				
4	10	11,6	80			0,45	0,55	0,7	0,9	1,0	1,6	2,2	2,8	3,45	4,14	8			
C. Leichtmetall																			
1	2-3	2,4-3,6	27-30	0,3	0,4	0,55	0,65	0,85	1,05	1,2	1,9								
2	5	5,9	45	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,95	1,1	1,7	2,3	3,0						
3	8	9,4	70		0,35	0,45	0,56	0,7	0,85	1,0	1,55	2,2	2,7	3,4	4,0				
4	10	11,6	80			0,4	0,5	0,65	0,8	0,9	1,4	1,95	2,5	3,1	3,7	4,3			

b) Bei konischen (kegeligen) Bohrungen wie Paßstiftbohrungen an Verbindungen von Paßflächen und bei Befestigung von Naben auf Wellen; ferner bei konischen Lagerbohrungen.

Vor der Zeitermittlung für das Aufreiben von zylindrischen Bohrungen ist die Vorbearbeitungstoleranz und Bohrungsabmessung festzustellen, wobei hauptsächlich erstere die Bearbeitungszeit stark einflußt. Für einfache Lagerungen sind in Zahlentafel Blatt R, zyl—1 Zeiten für das Aufreiben von Büchsen durch Vergleichswerte gebildet und in entsprechender Weise, wie unter Schaben erwähnt, aufgebaut und eingetragen. Auch hier sind die Bearbeitungszeiten von den wechselnden Arbeitsbedingungen abhängig.

Das Aufreiben der Kegelstiftbohrungen hat bisher der konische Spiralbohrer, mit dem genannte Bohrungen in $\frac{1}{5}$ der Zeit hergestellt werden können, nicht verdrängen können. Die größere Bruch-



gefahr dieses Bohrers steht zur Zeit seiner allgemeinen Einführung noch im Wege.

Bei der Zeitaufnahme bei Kegelstift- und sonstigen konischen Bohrungen ist das Hauptaugenmerk auf das zur Verwendung kommende Werkzeug, also die Reibahle zu richten, denn bei keiner spanabhebenden

		Kalkulationsunterlagen für Gewindeschneiden. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.										Gew—1			
Metrisches Gewinde nach DIN 13 u. 14, mit drei Grundbohrer von Hand schneiden.															
t_g -Grundzeit für das Gewindeschneiden in Bohrungen, bezogen auf Gewindedurchmesser und Länge.															
Pos. Nr.	Gewindebohrer Abmessung in mm				Gewindelänge in mm										
	Durchmesser		Steigung	Schneid- länge	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	Auß.	Kern			a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l
A. Schmiede- und gezogenes Eisen															
1	4	3,028	0,70	22	2,7	3,8	4,6	5,2							
2	8	6,264	1,25	28	2,4	3,3	4,0	4,5	5,9						
3	12	9,569	1,75	35	1,9	2,7	3,2	3,6	4,0	4,4					
4	16	13,222	2,00	40	2,0	2,8	3,4	3,9	4,3	4,6	5,0				
5	20	16,528	2,50	48	2,2	3,0	3,7	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,0		
6	24	19,833	3,00	55	2,5	3,6	4,2	4,8	5,4	5,8	6,35	6,6	7,0	7,4	
7	27	22,833	3,00	60	3,0	4,1	5,0	5,6	6,2	6,9	7,2	7,8	8,2	8,8	9,0
B. SM-Stahl 50—60 kg/mm ²															
1	4	3,028	0,70	22	2,5	3,5	4,2	4,8							
2	8	6,264	1,25	28	2,2	3,0	3,7	4,1	4,6						
3	12	9,569	1,75	35	1,8	2,4	2,9	3,3	3,7	4,0					
4	16	13,222	2,00	40	1,9	2,6	3,1	3,6	4,0	4,3	4,5				
5	20	16,528	2,50	48	2,0	2,8	3,4	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,6		
6	24	19,833	3,00	55	2,3	3,3	3,9	4,4	4,9	5,4	5,8	6,2	6,4	6,8	
7	27	22,833	3,00	60	2,8	3,8	4,5	5,2	5,7	6,2	6,6	7,3	7,6	7,8	8,4
C. Konstruktionsstahl 60—80 kg/mm ²															
1	4	3,028	0,70	22	2,3	3,2	3,9	4,4							
2	8	6,264	1,25	28	2,0	2,8	3,4	3,9	4,3						
3	12	9,569	1,75	35	1,0	2,2	2,7	3,0	3,4	3,7					
4	16	13,222	2,00	40	1,0	2,4	2,8	3,3	3,7	4,0	4,2				
5	20	16,528	2,50	48	1,82	2,6	3,1	3,6	4,0	4,2	4,6	5,0	5,2		
6	24	19,833	3,00	55	2,1	3,0	3,6	4,0	4,6	5,0	5,4	5,8	6,0	6,3	
7	27	22,833	3,00	60	2,5	3,5	4,2	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7	7,0	7,4	7,7

Arbeit macht sich die größere oder geringere Schneidfähigkeit des Werkzeuges in dem Maße bemerkbar wie beim konischen Aufreiben.

Die Zeiten in den Entwicklungstafeln R, Kon—1 und 2 (s. S. 57 u. 58) sind auf die Stiftabmessungen bezogen und durch Zeitaufnahmen ermittelt. Sie sind in der graphischen Tafel R, Kon—3 eingetragen. Der Aufbau, die Eintragung und Ablesung der Zeitwerte dieser Tafel entsprechen dem früher Gesagten. Einrichtezeiten für das Säubern des Werkzeuges sind in der zugehörigen Zahlentafel eingetragen.

Die Zeiteinteilung nach Refablatt I—1 findet auch hier sinngemäße Anwendung.

		Kalkulationsunterlagen für Gewindeschneiden. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeit- aufnahmen.								Gew—2					
Metrisches Gewinde nach DIN 13 und 14, mit drei Grundbohrer von Hand schneiden.															
t_p -Grundzeit für das Gewindeschneiden in Bohrungen, bezogen auf Gewindedurchmesser und Länge.															
Pos. Nr.	Gewindebohrer Abmessung in mm				Gewindelänge in mm										
	Durchmesser		Steigung	Schneid- länge	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	Auß.	Kern			a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l
A. Gußeisen															
1	4	3,028	0,70	22	1,8	2,6	3,1	3,5							
2	8	6,264	1,25	28	1,6	2,2	2,7	3,0	3,4						
3	12	9,569	1,75	35	1,3	1,8	2,1	2,4	2,6	2,9					
4	16	13,222	2,00	40	1,4	1,9	2,2	2,6	2,9	3,1	3,4				
5	20	16,528	2,50	48	1,5	2,1	2,5	2,8	3,1	3,4	3,6	3,9	4,0		
6	24	19,833	3,00	55	1,7	2,4	2,8	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,7	5,0	
7	27	22,833	3,00	60	2,0	2,8	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,2
B. Leichtmetall															
1	4	3,028	0,70	22	1,4	1,9	2,3	2,6							
2	8	6,264	1,25	28	1,2	1,7	2,0	2,3	2,5						
3	12	9,569	1,75	35	1,0	1,3	1,6	1,8	1,9	2,2					
4	16	13,222	2,00	40	1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3	2,5				
5	20	16,528	2,50	48	1,1	1,6	1,9	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,1		
6	24	19,833	3,00	55	1,3	1,8	2,1	2,4	2,7	3,0	3,2	3,4	3,5	3,8	
7	27	22,833	3,00	60	1,5	2,1	2,5	2,9	3,2	3,5	3,7	3,9	4,0	4,4	4,6
C. Bronze, Rotguß und Messing															
1	4	3,028	0,70	22	1,2	1,6	1,9	2,2							
2	8	6,264	1,25	28	1,0	1,4	1,7	1,9	2,1						
3	12	9,569	1,75	35	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8					
4	16	13,222	2,00	40	0,9	1,2	1,4	1,7	1,8	2,0	2,1				
5	20	16,528	2,50	48	1,0	1,3	1,6	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6		
6	24	19,833	3,00	55	1,1	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,0	3,2	
7	27	22,833	3,00	60	1,3	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	3,7	3,9

5. Gewindeschneiden von Hand.

Das Gewindeschneiden von Hand wird überall da angewendet, wo das Schneiden mit der Maschine nicht möglich oder zu umständlich ist. Bei den Bohrungsgewinden sind hinsichtlich des Werkzeugs und daher auch hinsichtlich der Bearbeitungszeit zwei Arten von Gewindebohrungen zu unterscheiden :

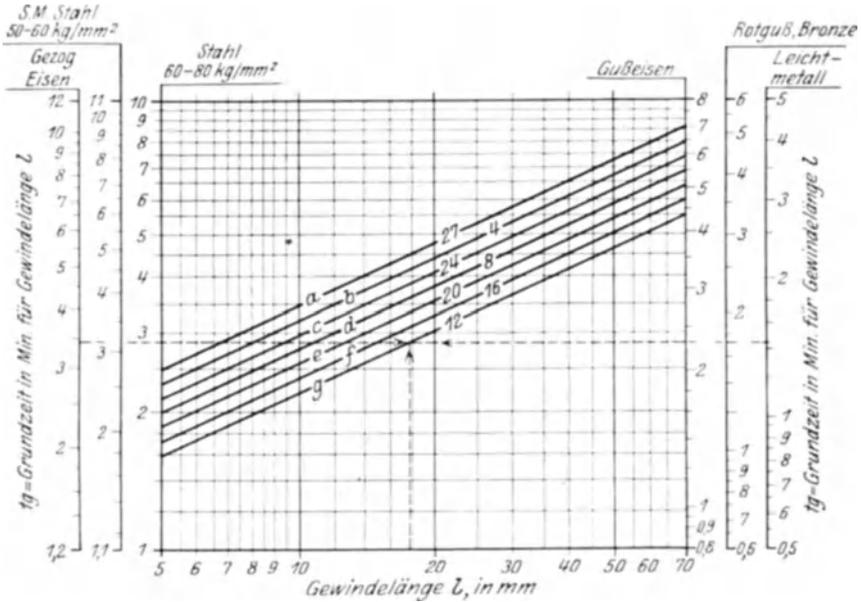
- a) durchgehende Gewindebohrungen,
- b) Grund- oder Sacklochbohrungen.

Während bei den Bohrungen nach b) der Gewindebohrer entsprechend dem Maß der Grundlochtiefe einzudrehen ist, wird bei Bohrungen nach a) der Gewindeteil des Bohrers ganz durch die Bohrung ge-

Kalkulationsunterlagen für Gewindeschneiden
Aufstellung von Richtwerten auf Grund von
Zeitaufnahmen

Gew-3

Metrisches Gewinde nach DIN 13 und 14 mit 3 Gewindebohrern
von Hand schneiden¹



Ge- rade Nr.	Gewindebohrer Abmessung in mm			Einrichtezeit t_e in Minuten			Sonstige Einrichtezeiten
	Durchmesser Auß.	Kern	Steigung	Bohrer reinigen	Windeisen reinigen		
a	27	22,833	3,0	60	1,15	0,20	Schraubstock
b	4	3,028	0,7	22	0,25	0,06	oberflächlich
c	24	19,833	3,0	55	1,10	0,15	vom Schmutz
d	8	6,264	1,25	28	0,65	0,06	säubern 0,35;
e	20	16,528	2,5	48	1,05	0,12	Schraubstock
f	16	13,222	2,0	40	1,0	0,08	100 mm öffnen
g	12	9,569	1,75	35	0,85	0,10	und schließen 0,25

¹ Die Werte für die Abstufung der Werkstoffskalen sind den Tafeln Gew.-1 u. 2 für A-C, und die Tafelwerte aus dem Blatt Gew.-1 für A. Pos. 1-7, a bis l entnommen.

dreht. Bei den Gewindebohrungen nach a) kommt also außer der Bohrungslänge auch noch die Gewindelänge des Gewindebohrers für den Zeitverbrauch beim Durchdrehen in Betracht. Daß der Durchgangsgewindebohrer durch eine Bohrung ganz hindurch gedreht werden muß, liegt ferner in seiner Konstruktion, nach der er bis auf wenige Gänge am oberen Ende konisch ist. Der Grundbohrer dagegen ist nur am unteren Ende auf wenige Gänge konisch und auf die übrige Länge zylindrisch. Um auch bei durchgehenden Bohrungen mit kleiner Gewindelänge den Bohrer nicht ganz hindurch drehen zu müssen, werden die Grundbohrer auch für derartige Fälle angewendet.

Weitere Bedingungen, die den Zeitbedarf beeinflussen, sind:

- c) die Gewindearten: Metrisches-, Whitworth-, Röhren-Gewinde,
- d) die Werkstoffarten,
- e) die Herstellungsgenauigkeit.

Die Anzahl der Arbeitsstufen beim Schneiden eines Bohrungsgewindes richtet sich nach der Konstruktion und Anzahl der Bohrer eines Gewindesatzes. Bei Durchgangsgewinden kommen 1 bis 3 und mehr Bohrer, bei Grundgewinden in der Regel 3 Bohrer zur Anwendung. Für t_e , t_n und t_n gilt das früher Gesagte.

In den Entwicklungstabellen Blatt Gew—1 und 2 sind Grundzeiten für das Schneiden mit 3 Grundbohrern, bezogen auf die Gewindelänge und Bohrerabmessung in Millimetern, für mehrere Werkstoffarten durch Zeitaufnahmen ermittelt und in die graphische Tafel Gew—3 eingetragen. Außerdem sind dort Einrichtezeiten für Werkzeugreinigen aufgeführt. Die Eintragung und Ablesung ergibt sich aus dem eingezeichneten Pfeilzug.

6. Messen.

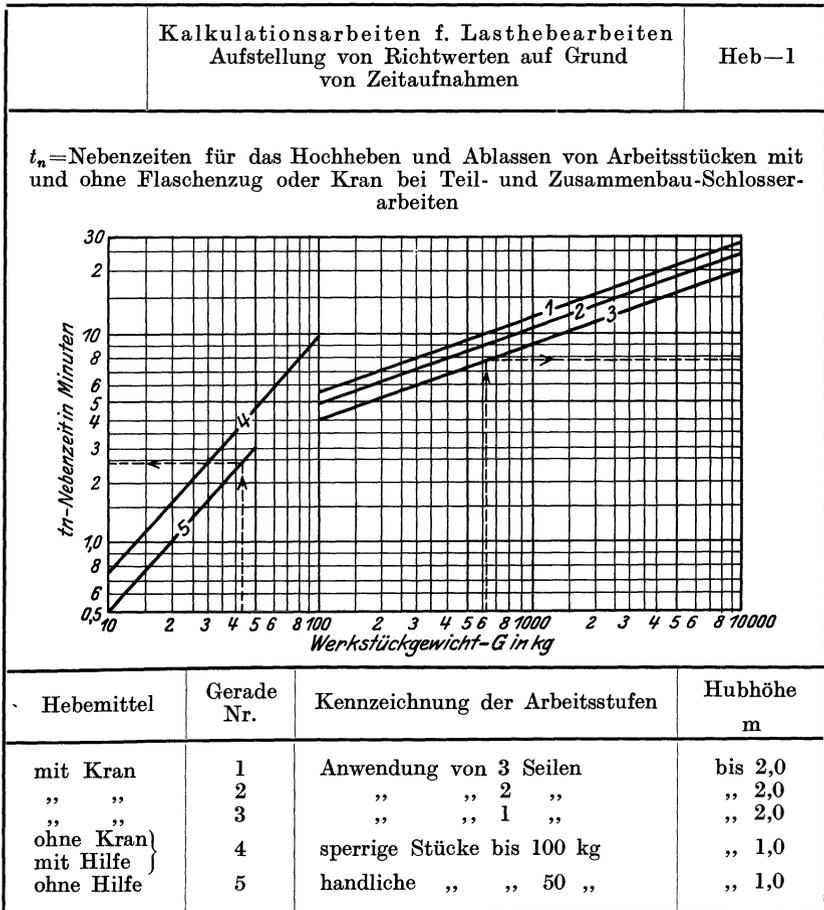
Bei Teil- oder Zusammenbau-Schlosserarbeiten, die sehr genau gearbeitet sein müssen, wird das Messen einen erheblichen Teil der Nebenzeit beanspruchen. Um auch diese Zeiten erfassen zu können, sind in Zahlentafel Blatt Mess—1 Beispiele über das Messen mit den verschiedensten Meßwerkzeugen zusammengestellt.

7. Lasthebearbeiten.

Graphische Tafel Blatt Heb—1 enthält Nebenzeiten für das Hochheben und Ablassen von Werkstücken bei Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten. Außer den in der darunter befindlichen Zahlentafel angegebenen Arbeitsbedingungen gilt hierfür als Bezugsgröße das Werkstückgewicht in Kilogramm. Bei Einschabearbeiten von schweren Bett- und Tischführungen¹, von Walzen- und Wellenlagern usw. nimmt das Hochheben und Ablassen der Werkstücke u. U. 10

¹ Vgl. z. B. S. 51, Schab—2, Abb. 1 u. 2.

		Kalkulationsunterlagen in der Schlosserei. Aufstellung von Richtwerten auf Grund von Zeitaufnahmen.															Mess—1					
		t_n -Nebenzeiten für das Messen: Durchmesser, Breite, Höhe oder Länge der Meßfläche in mm.																				
Pos. Nr.	Griffart	25	50	75	100	150	200	250	300	500	600	800	1000	1200	1500	1800	2000					
Messen mit Meßuhr (Edelpassung)																						
1	Anzahl d. Messungen . . .	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	7	7	8	8	8	8	8			
2	Zeit für 1 Messung . . .	0,16	0,16	0,194	0,24	0,242	0,255	0,293	0,30	0,344	0,384	0,387	0,389	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44			
3	Zeit für gesamte Messung .	0,32	0,48	0,58	0,72	0,97	1,02	1,17	1,50	1,72	1,92	2,32	2,72	3,08	3,52	3,82	4,12	4,12	4,12			
Messen mit Mikrometer (Feinpassung)																						
4	Anzahl d. Messungen . . .	2	3	3	3	4	5	5	5	6	6	7	8	8	9	9	9	9	9			
5	Zeit für 1 Messung . . .	0,13	0,15	0,17	0,18	0,18	0,18	0,20	0,22	0,23	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,35	0,35	0,35			
6	Zeit für gesamte Messung .	0,26	0,45	0,51	0,54	0,72	0,90	1,00	1,10	1,38	1,50	1,82	2,16	2,32	2,70	2,88	3,15	3,15	3,15			
Messen mit Grenzlehre (Feinpassung)																						
7	Anzahl d. Messungen . . .	2	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	7			
8	Zeit für 1 Messung . . .	0,11	0,11	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,18	0,20	0,20	0,23	0,25	0,27	0,27	0,30	0,32	0,32	0,32			
9	Zeit für gesamte Messung .	0,22	0,33	0,39	0,42	0,56	0,60	0,75	0,90	1,00	1,20	1,38	1,50	1,62	1,90	2,10	2,24	2,24	2,24			
Messen mit Schublehre (Schlichtpassung)																						
10	Anzahl d. Messungen . . .	2	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
11	Zeit für 1 Messung . . .	0,08	0,08	0,10	0,11	0,15	0,17	0,19	0,20	0,20	0,20	0,20	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,32	0,32			
12	Zeit für gesamte Messung .	0,16	0,24	0,30	0,33	0,45	0,51	0,57	0,60	0,80	1,00	1,00	1,10	1,25	1,35	1,50	1,60	1,60	1,60			
Messen mit Grenzlehre (Schlichtpassung)																						
13	Anzahl d. Messungen . . .	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6			
14	Zeit für 1 Messung . . .	0,05	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,18			
15	Zeit für gesamte Messung .	0,10	0,12	0,14	0,24	0,30	0,36	0,39	0,42	0,56	0,56	0,70	0,75	0,80	0,96	1,02	1,08	1,08	1,08			
Messen mit Maßstab (genau)																						
16	Anzahl d. Messungen . . .	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
17	Zeit für 1 Messung . . .	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,21	0,21	0,21			
18	Zeit für gesamte Messung .	0,08	0,12	0,12	0,15	0,18	0,18	0,24	0,27	0,33	0,36	0,42	0,48	0,51	0,57	0,63	0,63	0,63	0,63			
Messen mit Schublehre (grob Schlichtpassung)																						
19	Anzahl d. Messungen . . .	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3			
20	Zeit für 1 Messung . . .	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12			
21	Zeit für gesamte Messung .	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,14	0,16	0,18	0,18	0,27	0,30	0,33	0,36	0,36	0,36	0,36			



bis 30 % der gesamten Schabearbeit in Anspruch. Der Einfluß des Gewichtes auf den Zeitbedarf geht auch aus den Entwicklungstafeln Blatt Schab—1 bis 4 hervor: Die Unterschiede im Zeitbedarf sind hier dadurch begründet, daß bei der Größe I sämtliche zu schabenden Teile von Hand, wenn auch teils mit Hilfe eines zweiten Mannes, auf- und abgehoben werden konnten, während für die Mehrzahl der Werkstücke der Größen II und III Flaschenzug oder Kran erforderlich war, vgl. ferner S. 101.

8. Verschiedene Einrichte- und Nebenarbeiten.

Für verschiedene Einrichte- und Nebenarbeiten, soweit solche bei den hier gegebenen Anwendungsbeispielen in Betracht kommen, sind auf Blatt t_e —1 Werte zusammengestellt, die den jeweiligen Betriebs-

Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten. Aufstellung von Richtzeiten auf Grund von Zeitaufnahmen.		$t_e - 1$						
		t_e -Einrichteziten } für Schlosserarbeiten t_n -Nebenzeiten }						
Pos. Nr.	Kennzeichnung des auszuführenden Griffes	Zeit in Minuten						
t_e -Einrichteziten								
1	Zeichnung und Arbeitsauftrag besorgen	1	—5					
2	„ „ „ abgeben	1	—2					
3	„ „ „ lesen	0,5	—5					
4	Werkzeug besorgen	1	—5					
5	„ abgeben	1	—3					
6	Ausgabezeit für jedes Werkzeug bis etwa 15 kg	0,5						
7	„ „ „ „ 25 kg	0,75						
8	„ „ „ „ über 25 kg	1,0						
9	1 Werkzeug aus dem Kasten nehmen im Durchschnitt etwa	0,12						
10	„ „ in den Kasten legen im Durchschnitt etwa . . .	0,07						
11	Schraubstock oberflächlich von Schmutz und Spänen reinigen .	0,35						
t_n -Nebenzeiten.								
Griffe am Spannwerkzeug								
12	Schraubstock öffnen und schließen 100 mm etwa.	0,25						
13	Schraubzwinde an 2 Werkstücke befestigen etwa.	0,85						
14	„ „ von 2 Werkstücken lösen	0,30						
Griffe am Werkstück		Gewicht des Werkstückes in kg						
		von Hand		mit Hilfe			m.Hebezug.	
		10	25	50	75	100	200	300
		a	b	c	d	e	f	g
15	Werkst. aufnehm. u. i. Schraubst. sp.	0,20	0,42	0,48				
16	Werkstück ausspannen u. weglegen	0,15	0,31	0,35				
17	Werkstück umspannen	0,17	0,35	0,40				
18	Werkstück b. Zusammenbau aufn.	0,13	0,27	0,30	0,68	1,00	1,80	
19	„ „ „ weglegen	0,10	0,20	0,26	0,50	0,73	1,40	

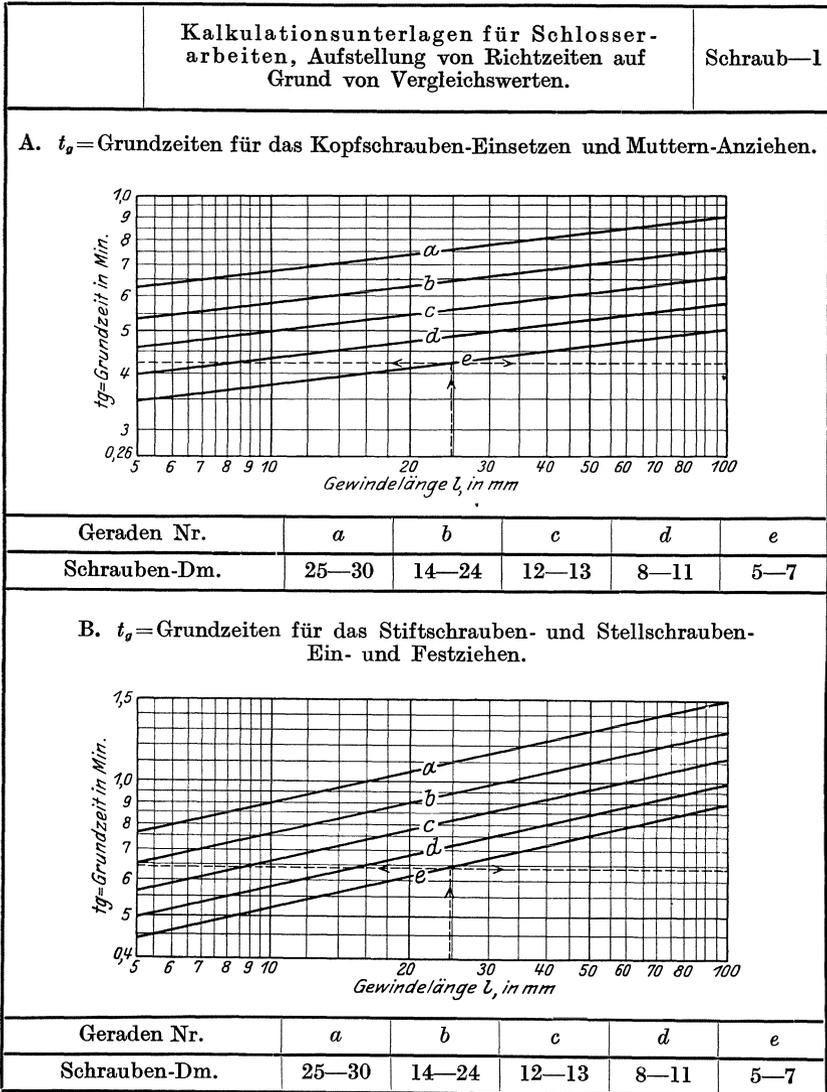
und Organisationsverhältnissen anzupassen oder entsprechend zu ergänzen sind.

9. Einschrauben von Schrauben und Muttern.

Das graphische Blatt Schraub—1 gibt Grundzeiten für das Einschrauben von Muttern, Kopfschrauben, Stift- und Stellschrauben.

C. Anwendungsbeispiele.

Die bisher entwickelten Zeitunterlagen sollen nun zur Berechnung von Teilschlosserarbeiten angewandt werden. In den folgenden Beispielen werden aber weniger die vollständige Zeitberechnung aller



Arbeitsstufen an einem Stück, als vielmehr bestimmte Arbeitsstufen einer bestimmten Bearbeitungsart ins Auge gefaßt.

1. Beispiel über das Anreißen.

Für das Anreißbeispiel auf Blatt Anreiß-Beisp—1 sind unter Pos. 1 bis 3 die Angaben über den Umfang der Arbeit, Werkstoff, Gewicht

und Werkzeuge, unter 4 bis 6 über die Einrichtezeit, unter 7 bis 12 über die Grundzeit und unter 13 bis 14 über die Nebenzeit gemacht.

Zur Einrichtezeit ist zu bemerken, daß das Anreißwerkzeug und die Hilfsvorrichtungen als an der Anreißplatte vorhanden angenommen werden, und daß daher nur die Zeiten für das Herrichten und Abrüsten, wie unter Pos. 4—6 beschrieben, abzugelten sind. Die hierfür erforderliche Zeit ist der Tafel Blatt t_e —1 Pos. 9 und 10 entnommen und mit der nötigen Anzahl von Werkzeugen vervielfacht.

Die Grundzeit t_g für die einzelnen Arbeitsstufen ist aus den Blättern Anr—3 u. 4 entnommen und unter Pos. 7 bis 12 eingetragen. Z. B. ist für das Anreißern der Anschraubflächen a bis d , Bild 1, Blatt Anreiß-Beisp—1, jede Fläche gesondert, also in vorliegendem Falle aus Blatt Anr—3 für folgende Flächen zu berechnen:

	Einzelzeit	Gesamtzeit
Fläche a unter Pos. 6, Spalte h =	8,52 Min.	8,52 Min.
„ b „ „ 6, „ b =	1,74 „	1,74 „
„ c „ „ 6, „ b =	1,74 „	1,74 „
„ d „ „ 6, „ b =	1,74 „	(2 ×) 3,48 „
Anreißzeit gesamt:		15,48 Min.

Würden aber, was falsch wäre, die Flächen a bis d zusammenaddiert und als eine Länge betrachtet, so wäre die Summe 2140 mm und die Zeit dafür nach Blatt Anr—3, Pos. 6, Spalte i, 10,24 Min., mithin 5,24 Min. weniger. Das über das Anreißern Gesagte gilt sinngemäß auch für:

2. Beispiel über das Ankörnen.

Aus Blatt Anr—4 sind die Ankörnzeiten zu entnehmen, und zwar für Fläche:

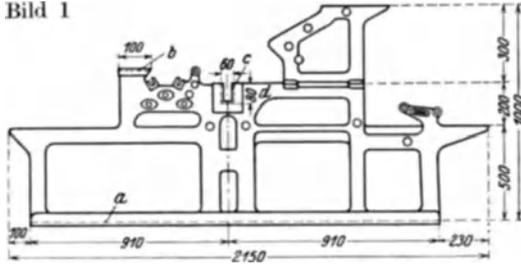
	Einzelzeit	Gesamtzeit
a unter Pos. 19, Spalte h =	0,55 Min.	0,55 Min.
b „ „ 19, „ b =	0,18 „	0,18 „
c „ „ 19, „ b =	0,18 „	0,18 „
d „ „ 19, „ b =	0,18 „	(2 ×) 0,36 „
Ankörnzeit gesamt:		1,27 Min.
Hierzu obige Anreißzeit von		15,48 „
ergibt eine Gesamtzeit t_g von		16,75 Min.

Die Nebenzeit, welche in genanntem Anreißbeispiel gesondert erscheint, ist diejenige Zeit, die nicht mit der Bearbeitung in Beziehung gebracht werden kann und jeweils gesondert zu ermitteln ist. In diesem Falle handelt es sich um das Anbringen von zwei Gegenstützen beim Aufrechtstellen des Seitenteils. Diese werden mit Schraubzwingen an demselben befestigt. Die erforderliche Zeit dafür ist dem Blatt t_e —1 Pos. 14 und 15 mit 1,15 Min., und die Zeit für das auf und von der Anreißplatte Heben dem Blatt heb—1, Pos. 3, bei 100 kg mit 1 Seil,

Kalkulationsbeispiel für Anreißarbeiten

Anreiß-
Beisp-1

Bild 1



I. Berechnung der Stückzeit- t_{st} für Anreißarbeiten

- 1 **Arbeitsauftrag:** Anreißern der flach zu bearbeitenden Flächen $a-d$ an dem in Bild 1 skizzierten Seitenteil.
- 2 **Werkstoff:** Gußeisen, Gewicht: etwa 100 kg.
- 3 **Werkzeug:** Anreißwerkzeug an der Anreißplatte, Meßwerkzeug desgl.

Pos.-Nr.	Kennzeichnung der Bearbeitungsfläche	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeitungstoleranz		Grundlage und Bearbeitungszeit					
		Rißl. i. mm	l=mm	vor-	fertig bearbeitet	Unterlagen-Nr.	Zeitfaktor	Stückzeit- t_{st}			
								t_e	t_h	t_n	t_h+t_n
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
a) Einrichtezeit t_e											
4	2 Gegenstützen vorbereiten und weglegen					t_e-1 , Pos.9-10	0,19	0,38	(2 Stück)		
5	Höhenmaßstab, Parallelreißer, Reißwinkel, 2 Unterlagen u. Keile zurichten u. abrüsten					t_e-1 , „ 9-10	0,19	1,33	(7 Stück)		
6	Zeichnung, Auftrag besorgen, lesen u. abgeb.					t_e-1 , „ 1-3	—	7,25	d.Mittela.Pos.1-3		
b) Grundzeit t_g											
7	Anschraubfl. a	1820 mm lg.	1820	—	0,05	Anr-3, Pos.6h	8,52	—	—	—	8,52
8	„ „ b	100 „ „	100	—	0,05	„ 3, „ 6b	1,74	—	—	—	1,74
9	Lagerfl. $c-d$	1 x 60, 2 x 80		—	0,2	„ 3, „ 6b	1,74	—	—	(3 x)	5,22
10	Pos.7ankörn.	1820 mm lg.	1820	—	—	„ 4, „ 19h	0,55	—	—	—	0,55
11	„ 8 „	100 „ „	100	—	—	„ 4, „ 19b	0,18	—	—	—	0,18
12	„ 9 „	1 x 60, 2 x 80		—	—	„ 4, „ 19b	0,18	—	—	(3 x)	0,54
c) Nebenzeit t_n											
13	Gegenstützen mit Schraubzwingen befestigen					t_e-1 , Pos.14-15	1,15	—	2 x	2,30	—
14	Seitenteil auf- u. abheben, Gewicht $G = 100$ kg					heb-1 Pos.3, 100 kg	4,00	—	—	4,00	6,30
Einrichtezeit t_e gesamt								8,96			
Grundzeit t_g gesamt											23,05

zu 4,0 Min. (Gerade 3) an der Nebenzeit-Ordinate zu entnehmen. Das Werkstückgewicht G ist in dieser Tafel auf der Abszissenachse von 10—10000 kg aufgetragen. Die Ablesung erfolgt dem Pfeilzuge entsprechend.

Die Verlustzeit ist in dem Beispiel weggelassen, da für sie noch keine Richtwerte geschaffen waren.

3. Beispiel über das Feilen.

a) Ebene Flächen.

Die Flächen a bis f des Arbeitsbeispiels, Bild 1 und 2 auf Blatt Feil und Schab Beisp—1, sind entsprechend den angegebenen Bearbeitungszeichen zu feilen (abzurichten ohne Schlichtspuren) und zu schaben.

Die Einrichtezeiten t_e sind, wie aus Pos. 4—6 ersichtlich, aus Blatt t_e-1 entnommen.

Bei der Ermittlung der Grundzeit t_g ist die Abrichte- und Schabezeit für jede Fläche gesondert zu berechnen. Als Beispiel seien die Flächen a und c Bild 1, welche abgerichtet und geschabt werden sollen, gewählt. Nach den Maßangaben in Bild 1 u. 2, Blatt Feil und Schab Beisp—1, und den entsprechenden Bezugszeiten für 1 cm² Bearbeitungsfläche, ergeben sich z. B. folgende Flächenmaße und Zeitwerte:

α) Für das Abrichten:

	Bezugszeit in Min.	Längenfaktor	Gesamtzeit in Min.
Fläche $a = 4 \times 30,5 \text{ cm} = 122 \text{ cm}^2$	0,11	($\times 1,05$) =	14,01
„ $c = 4 \times 7,0 \text{ cm} = 28 \text{ cm}^2$	0,11	($\times 0,9$) =	2,78

Den Multiplikationsfaktor (Bezugszeit) von 0,11 Min. für 1 cm² Bearbeitungsfläche findet man aus der graphischen Tafel Feil—12 unter Benutzung der Geraden 5. (Vgl. den eingezeichneten Pfeilzug durch die Abszisse der Werkstückbreite von 4 cm.) Da es sich um SM-Stahl von 50—60 kg/mm² Festigkeit handelt, ist der für 1 cm² zu ermittelnde Zeitwert links an der SM-Stahl-Ordinate bei 0,11 abzulesen und mit der Bearbeitungsfläche, im obigen Beispiel mit 122 cm², zu multiplizieren. Außer der Werkstückbreite ist auch noch die Länge mit entsprechenden Faktoren zu multiplizieren. Nach Zahlentafel 1, Blatt Feil—12, käme für die Fläche a von 30 cm Länge der Faktor 1,05, und für die Fläche c von 7 cm Länge der Faktor 0,9 zur Verwendung. Unter Zugrundelegung der Abrichteflächen ergeben sich folgende Zeitwerte für

β) Das Schaben:

	Einzelzeit in Min.	Gesamtzeit in Min.
Fläche $a = 4 \times 30,5 \text{ cm} = 122 \text{ cm}^2$	0,45	54,9
„ $c = 4 \times 7 \text{ cm} = 28 \text{ cm}^2$	0,45	12,6

Kalkulationsbeispiel
für Abricht- und Schabearbeiten

Feil u. Schab
Beisp-1

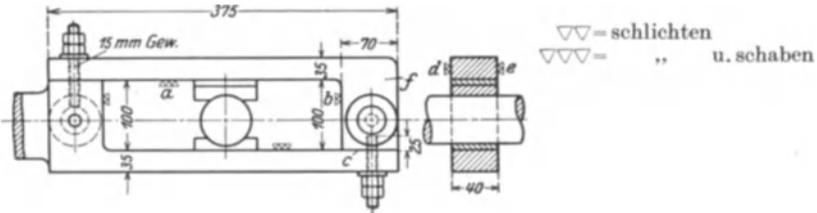


Bild 1

Bild 2

Berechnung der Stückzeit t_{st} für Flach-, Feil- und Schabearbeit

- 1 Arbeitsauftrag: Feilen (Abrichten ohne Feilspuren) und Schaben an der in Bild 1 und 2 skizzierten Exzenterrollenführung.
 2 Werkstoff: SM-Stahl 50—60 kg/mm², 2a — Gewicht: etwa 13 kg.
 3 Meßwerkzeug: 1 Lehre für 100 mm Innenmaß, 1 Lehre für 40 mm Breite.

Pos.-Nr.	Kennzeichnung der Bearbeitungsfläche	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeitungstoleranz		Grundlage und Bearbeitungszeit						
		Maße in cm	cm ²	vor- bearbeitet	fertig bearbeitet	Unterlagen Nr.	Zeit- faktor	Stückzeit t_{st}				
								t_e	t_n	$t_n + t_n$		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	
Einrichtezeit t_e												
4	Werkzeuge nach Pos. 3 besorg. u. abgeb.			t_e-1	Pos. 4/5	2,0	4	2 Stück				
5	Wartezeit a. d. Ausgabe (Empfang u. Abgeben)			t_e-1	„ 6	1,0	2	2 „				
6	Zeichnung u. Auftrag besorgen und abgeben			t_e-1	„ 1/2	—	4,5	d. Mittelaus Pos. 1-2				
Grundzeit t_g												
7	Fl. a abricht.	4 × 30,5	122	0,1	0,05	Feil-12, Ger5	0,11	—	(×1,05)	—	14,1	
8	„ b „	4 × 10,0	40	0,1	0,05	„ -12 „ 5	0,11	—	(×0,9)	—	4,0	
9	„ c „	4 × 7,0	28	0,1	0,05	„ -12 „ 5	0,11	—	(×0,9)	—	2,78	
10	„ d „	3,5 × 30,5	107	0,1	0,05	„ -12 „ 5	0,13	—	(×1,05)	—	14,70	
11	„ f „	7 × 13,5	94,5	0,1	0,05	„ -12 „ 5	0,08	—	(×0,9)	—	6,85	
12	„ a schaben	4 × 30,5	122	0,05	0,01	Schab-5 Ger. e, I	0,45	—	—	—	54,9	
13	„ c „	4 × 7,0	28	0,05	0,01	„ -5 „ e, I	0,45	—	—	—	12,6	
Nebenzeit t_n												
14	3 maliges Auseinandernehmen und Zusammensetzen, je 2 Stehbolzen einziehen			Schraub-1, B, b		0,95	—	(3 ×)	2,85	2,85		
Einrichtezeit t_e gesamt								10,5				
Grundzeit t_g gesamt für 1. Hälfte												112,78
„ „ „ „ 2. „												225,56

Der für 1 cm^2 Bearbeitungsfläche ermittelte Zeitfaktor von 0,45 Min. ist der graphischen Tafel Schab—5 entnommen. Man geht wieder von der Werkstückbreiten-Abszisse bei $b = 4 \text{ cm}$ und bei 0,2 mm Bearbeitungstoleranz aus, verwendet die von links nach rechts geneigte Gerade e und liest auf Skala Gr. I ab.

Die Zeit für das dreimalige Ein- und Festziehen der Stehbolzen von 15 mm \varnothing und 25 mm Gewindelänge ergibt sich nach Tabelle Schraub—1, B und Gerade Nr. b zu $t_g = 0,95 \text{ Min. mal } 3$ zu 2,85 Min.

Die Ermittlung der Schabezeit ist in diesem Beispiel nur der Vollständigkeit wegen durchgeführt, denn die in der graphischen Tafel Schab—5 eingetragenen Werte gelten nur für Gußeisen mit 0,2 bis 0,3 mm Vorbearbeitungstoleranzen. Sie können für andere Werkstoffe und Vorbearbeitungstoleranzen nur dann angewendet werden, wenn sie mit Ausgleichsfaktoren multipliziert werden, die durch Zeitstudien gewonnen sind.

b) Formflächen feilen.

Für das Formfeilen ist in Bild 1 und 2, Blatt Formfeil Beisp—1, ein Papiergreifer von einem Druckzylinder als Beispiel gewählt. Das Werkstück ist entsprechend den Bearbeitungszeichen der Flächen a bis g zu schlichten und abzurichten ohne Feilspuren.

Die Einrichtezeit t_e ist dem Blatt t_e —1 entnommen.

Die Grundzeit t_g ist auch bei genanntem Beispiel für jede Fläche gesondert zu berechnen. Für die Flächen a bis g sind in Pos. 9—13, Blatt Form Feil-Beisp—1, nach Bild 1 und 2, die Flächenmaße angegeben und die Grundzeiten für die Bearbeitung aus der Tafel Feil—12 entnommen. Ausgehend von der Werkstückbreite b wird dem Pfeilzuge bis zum Schnittpunkt der Geraden 6 gefolgt und sodann an der Werkstoffordinate links bei SM-Stahl der entsprechende Zeitwert für 1 cm^2 Bearbeitungsfläche abgelesen.

4. Beispiel für das Gewindeschneiden.

In das Werkstück nach Bild 1 und 2, Blatt Formfeil Beisp—1, sind 2 Gewinde $10 \text{ mm } \varnothing \times 15 \text{ mm}$ tief zu schneiden.

Die auf Blatt Gew—3 in der Zahlentafel unter g angeführte Einrichtezeit ist in den Werten Blatt t_e —1 Pos. 4 und 5 enthalten und unter Ziffer 5 und 6 des Blattes Form Feil-Beisp—1 eingetragen. Die für das Gewinde von $10 \text{ mm } \varnothing \times 15 \text{ mm}$ Tiefe erforderliche Grundzeit ist aus der graphischen Tafel Gew—3 zu ermitteln. Ausgehend von der Bohrtiefe von 15 mm geht man bis zum Schnittpunkt mit der Dm-Geraden 10 und findet den Zeitwert, etwa 3,0 Minuten für 1 Gewindeloch, an der Ordinate für SM-Stahl. Die Tafelwerte stellen nur Grundzeiten, d. h. Zeiten für Gewindeschneiden dar, während besondere Nebenzeiten den Umständen entsprechend zu bemessen sind.

Kalkulationsbeispiel für Feilarbeiten
Ermittlung der Stückzeit auf Grund von Vergleichswerten

Form Feil
Beisp—1

Bild 1

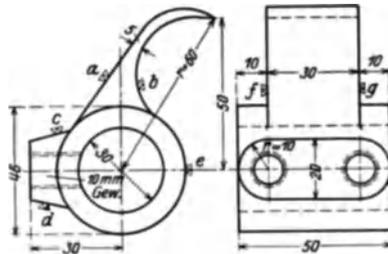


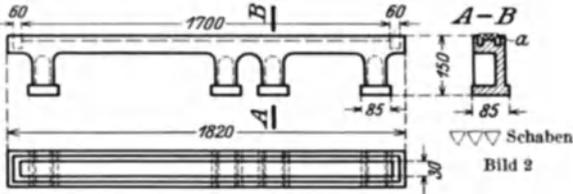
Bild 2

▽▽ schlichten und abrichten

Berechnung der Stückzeit t_{st} für Formfeil- u. Gew.-Schneidarbeit

- 1 Arbeitsauftrag: Formfeilen und Gewindeschneiden des oben skizzierten Greifers (Form ist vorgeschruppt).
- 2 Werkstoff: SM-Stahl 50—60 kg/mm², Gewicht: 1 kg.
- 3 Werkzeug: 3 Gewindebohrer 10 mm (Grundbohrer), 1 Windeisen.
- 4 Meßwerkzeug: 1 Formschablone, 1 Gewindelehre 10 mm.

a	b	Abmessung der Bearbeitungsfläche		Bearbeit.-Toleranz		Grundlage und Bearbeitungszeit					
		Maße i. cm	cm ²	vor- bearb.	fertig bearb.	Unterlagen- Nr.	Zeit- fakt. für 1 cm ²	Stückzeit t_{st}			
								t_e	t_h	t_n	$t_h + t_n$
		c	d	e	f	g	h	i	k	l	m
Einrichtezeit t_e											
5	Werkzeuge nach Position 3 und 4 besorgen			t_e-1 , Pos. 4	—	—	3,0	d. Mitt. a. Pos. 4			
6	„ „ „ 3 und 4 abgeben			t_e-1 , „ 5	—	—	2,0	„ „ „ „ 5			
7	Wartezeit a. d. Ausgabe (Empfang u. Abgabe)			t_e-1 , „ 6	—	—	2,0	4 Stück je 0,5			
8	Zeichnung und Auftrag besorgen u. abgeben			t_e-1 , „ 1-2	—	—	4,5	d. Mitt. a. Pos. 1-2			
Grundzeit t_g											
9	Formfl. a-b feil.	3 cm breit	33	0,3	saub.	Feil-12,6	0,42	—	—	—	14,0
10	„ c-d „	1,2 × 12,3	17	0,3	„	„ -12,6	0,50	—	—	—	8,5
11	„ f-g „	0,7 × 6 × 2	8,4	0,3	„	„ -12,6	0,86	—	—	—	7,2
12	„ e „	4,5 × 5,0	70	0,3	„	„ -12,6	0,20	—	—	—	14,0
13	Gew. 10 mm schn.	10 × 15	—	—	—	Gew-3,12	2,7	—	(2 ×)	—	5,4
Einrichtezeit t_e gesamt								11,5			
Grundzeit t_g .. gesamt											49,1

Kalkulationsbeispiel für Schabearbeit. Ermittlung der Stückzeit auf Grund von Vergleichswerten.								Schab Flach Beispiel —1			
 <p style="text-align: center;">Bild 1 Berechnung der Stückzeit t_{st} für Schabearbeiten.</p>											
1	Arbeitsauftrag: Schaben der oben skizzierten Gleitbahn, 2 Stück in paralleler Anordnung auf Grundgestell geschraubt.										
2	Werkstoff: Gußeisen, Gewicht 45 kg.										
3	Meßwerkzeuge: 1 Tuschierlineal.										
a	Kennzeichnung der Bearbeitungsfläche	Abmessung der Bearbeitungsfl.		Bearb.-Toleranz		Grundlage und Bearbeitungszeit					
						Unterlage Nr.	Zeitfakt. für 1 cm ²	Stückzeit t_{st}			
		t_e	t_h	t_n	t_h+t_n			t_m			
b	c	d	e	f	g	h	i	k		m	
Einrichtezeit t_e											
4	Tuschierlineal besorgen					t_e-1 Pos. 4	—	3,0	d. Mittela. Pos. 4		
5	„ „ abgeben					t_e-1 Pos. 5	—	2,0	„ „ „ „ 5		
6	Wartezeit an der Ausgabe (Empfang und Abgabe)					t_e-1 Pos. 6	—	1,0	(2 Stück je 0,5)		
7	Arbeitsauftrag besorgen und abgeben . . .					t_e-1 „ 1.u.2	—	4,5	d. Mittela.Pos.1-2		
Grundzeit t_g											
8	Gleitbahn a schaben	3 × 170	510	0,2	0,01	Schab-5,e I	0,50	—	—	—	255
								Einrichtezeit t_e	10,0		
								Grundzeit t_g			255

5. Beispiel für das Flachsaben.

In Bild 1 und 2, Blatt Schab Flach Beisp—1, ist die Rollenlauf-
fläche für den Druckwagen (Karren) zu schaben. Die Angaben hierfür
sind aus Pos. 1 bis 3 ersichtlich.

Die Einrichtezeit ist wieder aus Blatt t_e-1 entnommen und unter
Pos. 4 bis 7 aufgeführt.

Die Grundzeit t_g für die Fläche a genannten Beispieles kann sinngemäß nach dem Beispiel der Fläche Bild 1, Blatt Schab—1 unter B, Pos. 1, ermittelt werden.

Die für das Schaben in Frage kommende Bearbeitungsfläche, s. Pos. 8, ist $3 \times 170 \text{ cm} = 510 \text{ cm}^2$ bei einer Vorbearbeitungstoleranz von 0,2 mm. Die für 1 cm^2 erforderliche Arbeitszeit wird ermittelt, indem man auf der graphischen Tafel Blatt Schab—5 von Werkstückbreite $b = 3 \text{ cm}$ ausgeht und die zugehörige Ordinate mit der Geraden e zum Schnitt bringt. Der bei Gr. I abzulesende Wert von 0,50 Min. wird mit $510 \text{ (cm}^2 \text{ Bearbeitungsfläche)}$ multipliziert und ergibt eine Gesamt-Schabezeit von 255 Min. für eine Gleitbahn.

Aus dem Beispiel ist ersichtlich, daß zur Ermittlung von Schabezeiten für Teile von Buchdruckereimaschinen auch Kalkulationsunterlagen über andere Maschinenarten, z. B. aus dem Schleifmaschinenbau, angewendet werden können, wenn die Arbeitsbedingungen in beiden Fällen mit genügender Genauigkeit übereinstimmen.

II. Kalkulations-Richt- oder -Vergleichswerte zur Berechnung von Teilgruppen- und Hauptgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten¹.

A. Teilgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten.

1. Entwicklungsbeispiele.

Während die Ermittlung von Kalkulationsunterlagen für wiederkehrende Teilschlosserarbeiten in der Einzel- und kleinen Reihenfertigung sich durch Arbeits- und Zeitstudien ermöglichen läßt, stehen der Bildung von Kalkulationsunterlagen für die Gruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeit durch Zeitaufnahme häufig Hindernisse im Wege, die darin liegen, daß die für Mittelwerte notwendige Stückzahl nicht vorhanden ist und daß sich daher auch der Kostenaufwand für die Zeitaufnahme nicht lohnt. Es verbleiben dann noch die Kalkulationsmethoden des Schätzens, des Vergleichens, der Verwendung von Richtwerten, sowie organisatorische Maßnahmen. Da die Methode des Schätzens besondere Kenntnisse und Erfahrungen über bestimmte Erzeugnisse voraussetzt, so soll sie hier nicht behandelt werden. Dagegen sei im folgenden die Bildung von Kalkulationsunterlagen durch Vergleichswerte am Beispiel einer Buchdruck-Schnellpresse betrachtet.

In der Zahlentafel Blatt Buchdruck-Teilgr. Zus—1 (S. 79) sind für die Größen A und B , bezogen auf die mechanische Bearbeitungszeit,

¹ Über Benennungen vgl. a. S. 301.

Vomhundertsätze gebildet, die geordnet in Haupt- und Untergruppen den jeweiligen Zeitanteil erkennen und Rückschlüsse aus demselben ziehen lassen.

Bei Betrachtung des Teil- und Gruppen-Schlosser-Zeitanteils der Größe A , Spalte b, und beim Vergleich mit der Maschinenzeit unter Spalte a, fällt der große Unterschied unter den Vomhundertsätzen sowohl bei den Untergruppen als auch bei den Hauptgruppen auf. So beträgt z. B. der kleinste Vomhundertanteil 16, unter Pos. 8, Spalte b und der größte 420 unter Pos. 22, Spalte b. Alle Unter- oder auch Hauptgruppen, die verhältnismäßig hohe Vomhundertsätze aufweisen, sind daraufhin zu untersuchen, ob die Hand- und Paßarbeit durch Maschinenarbeit zu ersetzen oder zu vermindern ist.

In allen Fällen ist eine derartige Aufstellung von Vergleichswerten sehr durchsichtig und gestattet, außer ihrer Anwendung für die Kalkulation, auch Rückschlüsse auf die Verbesserung der Fertigung zu ziehen.

Bei Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten erfolgt für Erstausführungen die Zeitvorgabe oder der Akkord auf Grund von Schätzen oder durch Vergleich mit ähnlichen Ausführungen. Häufig werden, wie schon im einleitenden Teil des Buches erwähnt, Erstausführungen im Zeitlohn vergeben, was aber möglichst zu vermeiden ist, denn es ergibt sich dann u. U. eine so große Bearbeitungszeit, daß sie nicht als Unterlage für die Vorgabe eines Akkordes dienen kann. Selbst im Akkord benötigt eine Erstausführung das 1,2- bis 1,3-fache der Zeit, die für weitere Ausführungen nötig ist. Die Ursachen sind z. B. Zeichnungs- und Modellfehler, Bearbeitungsfehler, Konstruktionsänderungen während des Baues, Zusammenbauschwierigkeiten.

Im folgenden sei der Aufbau und die Ermittlung der Gruppen-Zusammenbauzeit für die auf Blatt Buchdruck-Teilgr. Zus—1, unter Pos. 1 bis 7, zur Größe A gehörige Gestellgruppe nach Abb. 3 (B I) und Abb. 4 (B II) erläutert. In der Spalte a sind die für jede Untergruppe erforderlichen Maschinenzeiten in Stunden, unter Spalte b die Stunden und Vomhundertsätze für die Teil- und Gruppen-, und unter c die Stunden und Vomhundertsätze für die Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten verzeichnet. Obwohl in diesem Blatt nur die Zeiten für die Teilschlosserei und den Teilgruppenzusammenbau (s. Spalte b bzw. e) näher in Betracht gezogen werden, ist es der Vollständigkeit halber auch noch ergänzt durch diejenigen Zeiten, die erforderlich sind, um die einzelnen Untergruppen an die Maschine (oder auch an die Hauptgruppe) anzubauen. Diese Zeiten sind, wie ersichtlich, für die Maschinengröße A in der Spalte c eingetragen und als Maschinenzusammenbau-Schlosserarbeiten bezeichnet.

Die für das Grundgestell nach Abb. 3 (B I), Ziffer 1, erforderliche

Maschinenbearbeitung beträgt nach Pos. 1, Spalte a, 15 Stunden, der Zeitaufwand für die Teil- und Gruppen-Schlosserarbeit ist nach Spalte b: 20 vH, d. i. 3 Stunden. Die Seitenteile und Aufsätze nach Abb. 3 (B I),

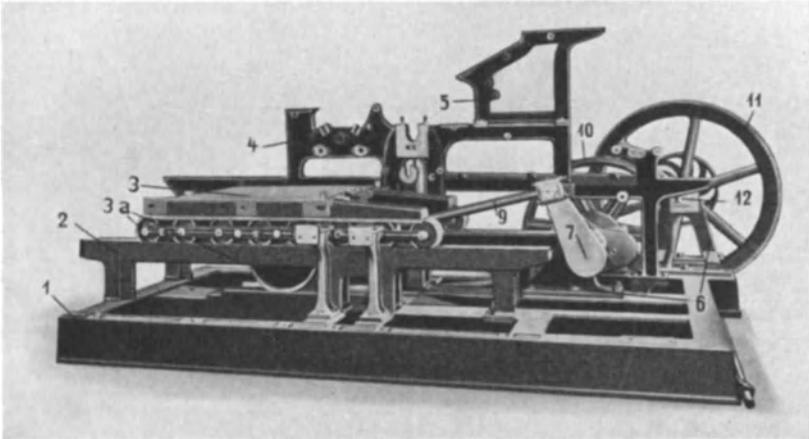


Abb. 3 (B I). Buchdruck-Schnellpresse.

Ziffer 4 und 5, benötigen nach Pos. 2 und 3, Spalte a, 50 und 8 Stunden für Maschinenbearbeitung bzw. nach Spalte b: 52 und 50 vH an Schlosser-

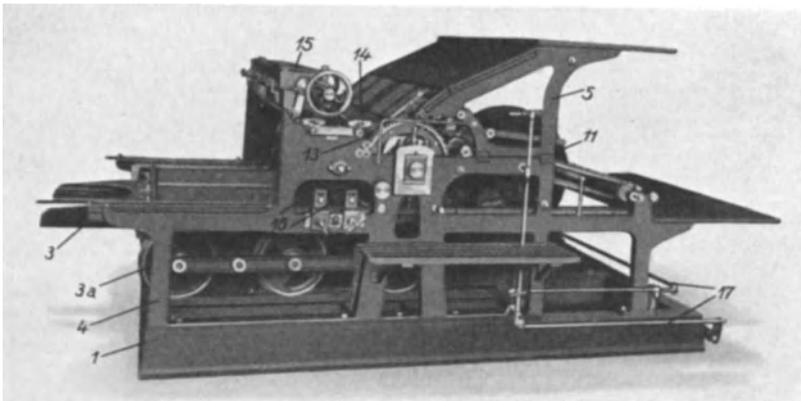


Abb. 4 (B II). Buchdruck-Schnellpresse.

zeit. Für die Bahnen Abb. 3 (B I), Ziffer 2, werden nach Pos. 4, Spalte b, 90 vH, und für die Lagerböcke Abb. 3 (B I), Ziffer 6, werden nach Pos. 5, Spalte b, 130 vH der Maschinenzeit gebraucht. Die großen

Unterschiede an Schlosserzeit als Vomhundertsatz von der Maschinenzeit bei den Untergruppen liegen daran, daß z. B. an dem Grundgestell die Handarbeit im Verhältnis zur Maschinenarbeit nicht so groß sein kann wie an dem Seitenteil, dessen Augen und Lagerstellen abzurichten, zu verputzen, Lager und Lagerbüchsen einzupassen und Stiftschrauben einzuziehen sind.

Der Durchschnittssatz genannter Gruppe ist nach Pos. 7, Spalte b, 61,5 vH. Dieser Satz gilt nur für die gesamte Gruppe und kann bei der Bewertung einer einzelnen (Unter-)Gruppe nicht verwendet werden.

Die Unterteilung der Untergruppen ist so weit wie möglich durchzuführen, denn je mehr die Arbeiten zerlegt werden, um so kleiner werden die Abweichungen in der Zeitberechnung und um so leichter ist die Überwachung des Zeitbedarfs bei der Arbeitsausführung.

In der graphischen Tafel Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—2 sind die Werte der Gestellgruppe aus Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—1 als Gerade a bis e für die Teilgruppen, und I bis V für den Maschinen-Zusammenbau-Anteil eingetragen. Der Gebrauch dieser Tafel wird unter 2, Anwendungsbeispiele, näher beschrieben. Für das Einzeichnen der genannten Geraden in die Tafel sind nach Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—1 nur jeweils 2 Punkte, die durch die Größen A und B bestimmt sind, gegeben. In der Praxis wird man in vielen Fällen mehrere Größen und folglich auch mehrere Bestimmungspunkte für das Einzeichnen von Geraden oder Kurven zur Verfügung haben.

So entspricht z. B. der Punkt P_1 der Geraden a für das Grundgestell einer Maschinenzeit von 16 Stunden und einer Teil- und Gruppen-Schlosserzeit von 22 vH. Dies sind die Werte des Blattes Buchdr.-Teilgr. Zus—1, Pos. 1, Spalte d und e für Maschinengröße B . Punkt P_2 der Geraden a gehört in entsprechender Weise zur Maschinengröße A .

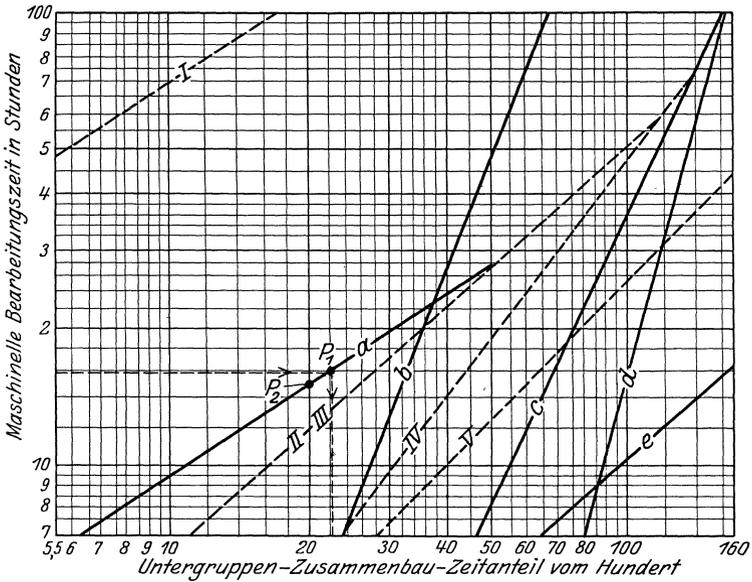
2. Anwendungsbeispiele.

In dem auf Blatt Grupp.Zus.Teilgr. Beisp—1 gegebenen Beispiel handelt es sich um die Ermittlung der Untergruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserzeit der Gestellgruppe einer Buchdruckmaschine von Größe C nach Abb. 3 (B I). Die Maschinenzeiten für die einzelnen Teile, die in Pos. 1 bis 5 angegeben sind, wurden ermittelt und in Spalte d eingetragen. Aus der graphischen Tafel Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—2 erhält man mit Hilfe dieser Maschinenzeiten und der Geraden a bis e bzw. I bis V — entsprechend dem eingezeichneten Linienzug — die in Spalte e eingetragenen Vomhundertsätze. Hieraus folgen, bezogen auf die maschinelle Bearbeitungszeit der jeweiligen Gruppe, die unter Spalte f, Pos. 1 bis 5, verzeichneten Gruppen-Zusammenbauzeiten.

		Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten. Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten.										Buchdr.- Teilgr. Zus—1			
<i>t_v</i> -Grundzeit für Teil-Gruppen- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten an Buchdruck- maschinen, bezogen auf die mech. Bearbeitungszeiten nach Abb. 3 u. 4 (B I u. II)															
Laufende Nr.	Maschinengröße			Größe A						Größe B					
	Satzgröße in cm			47/68						54/78					
	Rohgewicht in kg			2700						3100					
	Kennzeichnung der Maschinengruppe		Bild- Nr. und Ziffer	Bearbeitungszeit u. Anteil vom Hundert											
				Masch.- Zeit	Schlosser-Zeiten						Masch.- Zeit	Schlosser-Zeiten			
Teil und Gruppen		Maschinen- Zus.-Bau			Teil und Gruppen		Maschinen- Zus.-Bau		Teil und Gruppen			Maschinen- Zus.-Bau			
i. Std.	i. Std.	v. Hund.	i. Std.	v. Hund.	i. Std.	v. Hund.	i. Std.	i. Std.	v. Hund.	i. Std.	v. Hund.	i. Std.	v. Hund.		
a	b	c	d	e	f										
Gestellgruppe															
1	Grundgestell (Platte) .	B I/1	15	3	20	3,9	26	16	3,5	22	4,8	30			
2	Seitenteile	B I/4	50	26	52	3,0	6	58	31,4	54	4,0	7			
3	Aufsätze f. d. Anlegtisch	B I/5	8	4	50	1,0	13	9	4,8	53	1,3	15			
4	Bahnen (f. Druckpl.-W.)	B I/2	10	9	90	4,0	40	11	10,0	92	4,9	44			
5	Lagerböcke	B I/6	13	17	130	5,0	38	14	20,0	143	5,6	40			
6	Zeitant. Ges.-Summen	—	96	59	—	16,9	—	108	69,7	—	20,6	—			
7	vH.-Satz i. Grupp.-Ant.	—	—	—	61,5	—	17,6	—	—	64,5	—	19,1			
Antriebsgruppe															
8	Wellen	—	25	4,0	16	5,0	20	29	5,0	17	6,4	22			
9	Antriebachse m. Zahnr.	B I/12	8	7,0	88	4,0	50	9	8,1	90	4,6	51			
10	Kurbelachse m. Exz.	B I/7	28	26,0	93	28,0	100	31	30,0	97	34,0	110			
11	Schwungrad	B I/11	11	2,0	18	1,5	14	12	2,4	20	1,8	15			
12	Zahnräder	B II/13	7	2,5	35	1,3	18	8	3,0	37	1,6	20			
13	Kurbelstange	B I/9	8	11,2	140	4,0	50	10	14,7	147	5,3	53			
14	Exzenterzugstange . .	—	6	18,0	300	1,9	31	7	21,8	310	2,4	34			
15	Zeitant. Ges.-Summen	—	93	70,7	—	45,7	—	106	85,0	—	56,1	—			
16	vH.-Satz i. Grupp.-Ant.	—	—	—	76	—	49	—	—	80	—	53,0			
Druckwerkgruppe															
17	Druckzylinder	B II/14	30	60	200	6,0	20	32	68,6	215	7,4	23			
18	Druckpl.-Wag. (Karr.)	B I/3	25	37	147	6,0	24	30	45	150	7,8	26			
19	„ Rollen u. Achs.	B I/3a	19	5	26	1,3	7	20	6	30	1,6	8			
20	Zeitant. Ges.-Summen	—	74	102	—	13,3	—	82	119,6	—	16,8	—			
21	vH.-Satz i. Grupp.-Ant.	—	—	—	137	—	18	—	—	146	—	20,4			
Farbwerkgruppe															
22	Farbkasten	B II/15	15	63	420	1,95	13	16	68	425	2,55	16			
23	Farbwalzen u. Reiber .	B II/16	16	7	44	1,3	8	17	8	47	1,45	9			
24	Zeitant. Ges.-Summen	—	31	70	—	3,25	—	33	76	—	4,00	—			
25	vH.-Satz i. Grupp.-Ant.	—	—	—	226	—	10,5	—	—	230	—	12			
Verbindungssteile															
26	Verbind.-Stang. (Trav.)	—	30	5,1	17	6,0	20	35	6,7	19	7,7	22			
27	Hebel, Kurb. u. Gel. .	—	40	14,8	37	16,0	40	45	17,0	38	19,0	42			
28	Schrauben u. Nietens .	—	30	7,8	26	10,0	33	35	9,5	27	13,0	37			
29	Bolzen	—	50	14,0	28	15,0	30	55	16,0	29	18,0	33			
30	Zeitant. Ges.-Summen	—	150	41,7	—	47,0	—	170	49,2	—	57,7	—			
31	vH.-Satz i. Grupp.-Ant.	—	—	—	27,8	—	31,4	—	—	29	—	34,0			

Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten	Buchdr. Teilgruppen Zus.-2
---	---

t_g = Grundzeit für Teil- und Untergruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten der Gestellgruppe an Buchdruckmaschinen, bezogen auf die mech. Bearbeitungszeit der einzelnen Untergruppen, nach Abb. 3 (BI)



Geraden Nr.	Kennzeichnung der Untergruppe, Untergruppen-Zusammenbau	Unterlagen Nr.
<i>a</i>	Grundgestell, Teilarbeit	Zus.-1, 1a-b, d-e
<i>b</i>	Seitenteile, Teilarbeit und Untergruppen-Zusammenbau	" 2 " "
<i>c</i>	Aufsätze für den Anlegtsch, Untergruppen-Zusammenbau	" 3 " "
<i>d</i>	Bahnen (für Druckplatten-Wagen), Untergruppen-Zusammenbau	" 4 " "
<i>e</i>	Lagerböcke, Untergruppen-Zusammenbau	" 5 " "
<i>I</i>	Seitenteile, Anteil am Maschinen-Zusammenbau	Zus.-1, 2a-c, d-f
<i>II</i>	Grundgestell, " " " "	" 1 " "
<i>III</i>	Aufsätze, " " " "	" 3 " "
<i>IV</i>	Lagerböcke, " " " "	" 5 " "
<i>V</i>	Bahnen (für Druckplatten-Wagen), Anteil am Maschinen-Zusammenbau	" 4 " "

		Kalkulationsbeispiel für Teil- und Gruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten auf Grund von Vergleichswerten.			Grupp. Zus. Teilgrupp. Beisp—1			
<i>t_p</i> -Grundzeitermittlung für die Gestellgruppe der Buchdruckmaschine nach Abb. 3 (B I).								
Laufende Nr.	Maschinengröße		Größe C					
	Satzgröße in cm		62/85					
		Rohgewicht in kg		3250				
Laufende Nr.	Kennzeichnung der Gruppe	Bild-Nr. und Ziffer.	Unterlage Nr.	Zeitanteil				
				Maschinenzeit in Stunden	vom Hundert der Maschinenzeit	Ges.-Gruppen-Zusammenbau. Std.		
	a	b	c	d	e	f		
A. Teil- und Gruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten								
Gegeben:				Gesucht:				
1	Grundgestell	I/1	Buchdr. Zus—2 Ger. a	18	26	4,7		
2	Seitenteile	I/4	„ „ „ b	65	57	37,0		
3	Aufsätze f. d. Anlegtisch .	I/5	„ „ „ c	10	56	5,6		
4	Bahnen (f. Druckpl.-Wag.)	I/2	„ „ „ d	12	94	11,3		
5	Lagerböcke	I/6	„ „ „ e	15	156	23,4		
6	Gesamte Gruppenzeit Laufende Nr. 1—5.			120		82,0		
B. Anteil am Maschinenzusammenbau								
Gegeben:				Gesucht:				
1	Grundgestell	I/1	Buchdr. Zus—2 Ger. II	18	32	5,75		
2	Seitenteile	I/4	„ „ „ I	65	9	5,85		
3	Aufsätze f. d. Anlegtisch .	I/5	„ „ „ III	10	16,5	1,65		
4	Bahnen (f. Druckpl.-Wag.)	I/2	„ „ „ V	12	48	5,75		
5	Lagerböcke	I/6	„ „ „ IV	15	43	6,45		
6	Gesamte Maschinenzusammenbauzeit			120		25,45		
				Die gesamte maschinelle Bearbeitungszeit = 120 Stunden				
				Die gesamte Teil- und Gruppen-Zusammenbauzeit = 82 „				
				Der gesamte Maschinenzusammenbau-Zeitanteil ~ 26 „				

Die Ablesung der Tafelwerte geschieht in der Weise, daß man z. B. für das Grundgestell mit 18 Stunden Maschinen-Bearbeitungszeit von der Ordinate bei 18 Stunden ausgeht und die zugehörige Wagrechte bis zum Schnittpunkt mit der Geraden *a* führt. An der entsprechenden Zeit-Anteil-Abszisse wird sodann 26 vH als Teil- und Gruppen-Zusammenbau-Zeitanteil abgelesen. Der Maschinen-Zusammenbau-Anteil wird ebenfalls auf 18 Maschinenstunden bezogen und unter Benutzung der Geraden II in entsprechender Weise zu 35 vH bestimmt.

B. Hauptgruppen- und Maschinenzusammenbau-Schlosserarbeiten.

1. Entwicklungsbeispiele.

Das unter A 1, Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—1, behandelte Beispiel über den Teilgruppen-Zusammenbau ist sinngemäß auch für den Hauptgruppen- und Maschinenzusammenbau anzuwenden. Der Aufbau oben genannten Blattes zeigt in der Unterteilung 5 Hauptgruppen, welche je in mehrere Untergruppen unterteilt und bei der Beschreibung des Teilgruppen-Entwicklungsbeispiels bereits erläutert wurden.

Ist aus irgendwelchen Gründen die Gruppen- und Zusammenbau-Schlosserarbeit für eine Erstaussführung nicht für die einzelnen Gruppen getrennt, sondern für die ganze Maschine ermittelt, so daß die Arbeit von einer Kolonne, bestehend aus mehreren Arbeitern, ausgeführt werden muß, so ist die Ausführung derart zu organisieren, daß jedem Arbeiter innerhalb der Kolonne eine bestimmte Untergruppe der Maschine zur selbständigen Ausführung übertragen wird. Der Zeitaufwand für diese wird gesondert erfaßt, nach Fertigstellung der Maschine entsprechend den Leistungsfaktoren der beteiligten Arbeiter verrechnet und auf die jeweiligen Unter- und Hauptgruppen, wie weiter unten beschrieben, verteilt.

Beispiel zur Ermittlung von Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Zeiten auf Grund organisatorischer Maßnahmen.

Die Buchdruckschnellpresse nach Abb. 4 (B II) ist durch eine Kolonne von 1 Vorarbeiter und 6 Schlossern in allen Teilen und Gruppen im Akkord herzustellen; die gesamte Akkordzeit t_u betrage 500 Stunden. Entsprechend der Gruppeneinteilung auf Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—1 wird die Arbeit der ganzen Maschine in 5 Hauptgruppen und diese wiederum in Untergruppen eingeteilt. Die Unterteilung kann weiterhin auch nach Nebengruppen und zuletzt nach Einzelteilen fortgesetzt werden, soweit diese Art der Zeiterfassung noch in wirtschaftlichen Grenzen bleibt. Die Verteilung der Untergruppen innerhalb einer Hauptgruppe muß so geschehen, daß ein Arbeiter jeweils nur die für die Zeitermittlung in Frage kommende Gruppe und keine andere in Arbeit haben darf; sonst können die Zeiten nicht richtig auseinander gehalten werden. Um diese Forderung zur Geltung zu bringen, muß die betreffende Gruppe so vorbereitet sein, daß es an nichts fehlt und die Arbeit in einem Zuge erledigt werden kann. Da die Herstellung der Maschine, entsprechend der vorgegebenen Zeit von 500 Akkord-

stunden, etwa 415 Arbeitsstunden benötigt, so braucht die Kolonne von 7 Mann rund $1\frac{1}{2}$ Wochen. Wenn die Dauer der Arbeit über eine Lohnwoche oder eine Lohnperiode hinausgeht, so erhalten die Teilnehmer der Kolonne einen Vorschuß, der nach dem bisherigen Akkorddurchschnitt jedes einzelnen berechnet wird.

In Zahlentafel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—1 sind in 5 Abschnitten, in Haupt- und Untergruppen, die Arbeiten an die unter Spalte a verzeichneten Gruppenteilnehmer A bis G so verteilt, daß der Zeitanteil jedes einzelnen möglichst dem Aufbaufortschritt angepaßt und aus Spalte c ersichtlich ist. In Spalte b ist der Leistungsfaktor¹, in Spalte d die mittlere Zeit, umgerechnet mit dem Leistungsfaktor des betreffenden Gruppenteilnehmers, enthalten. Der Akkordrest ist aus Spalte e und die gesamte Akkordzeit aus Spalte f ersichtlich. Zur Übersicht über den Zeitanteil an der Gesamtzeit sind die Zeiten in der Zahlentafel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—2 für jeden Gruppenteilnehmer zusammengefaßt.

Die nach Zahlentafel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—1 durch organisatorische Maßnahmen ermittelten Zeiten für die Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten werden auf die maschinelle Bearbeitungszeit bezogen und in Vomhundertsätzen ausgewertet. Sie werden sinngemäß wie die Maschinengrößen A und B , die auf Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—1 S. 79 unter Spalte a bis f eingetragen sind, behandelt, und hauptgruppenweise, wie z. B. die Gestellgruppe aus vorher genanntem Blatt (Pos. 1 bis 7) in je einer graphischen Tafel, wie Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus—2, S. 80, entwickelt. Dort entsprach jede Gerade einer Untergruppe aus genannter Hauptgruppe. Die ausgezogenen Geraden galten für den Teil- und Gruppen-, und die gestrichelten Geraden für den Maschinen-Zusammenbau-Anteil. Auf der Ordinatenachse waren die maschinellen Bearbeitungszeiten und auf der Abszissenachse der Zeitanteil in $\%$ für die jeweilige Untergruppe abzulesen. Die Geradenbezeichnung ist aus der am Fuße der graphischen Tafel befindlichen Zahlentafel zu ersehen.

Aus der graphischen Tafel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—3 ist nun sinngemäß wie für die vorhin genannten Untergruppen der Gestellgruppe der Zusammenbau-Zeitanteil jeder Hauptgruppe zu ermitteln. Die Geradenbezeichnung ist aus der unteren Zahlentafel zu ersehen.

Schließlich gestattet die graphische Tafel Buchdr.-Hauptgr. Zus—4, S. 87, für die ganze Maschine die Arbeitszeit den jeweiligen Verhältnissen entsprechend zu ermitteln.

¹ Leistungsfaktor $k_i = \frac{\text{Einzelakkord-Durchschnittsziffer} = k_e}{\text{Gruppenakkord-Durchschnittsziffer} = k_g}$
z. B. ist $k_e = 1,27$; $k_g = 1,15$; so wird $k_i = k_e : k_g = 1,27 : 1,15 = 1,10$.

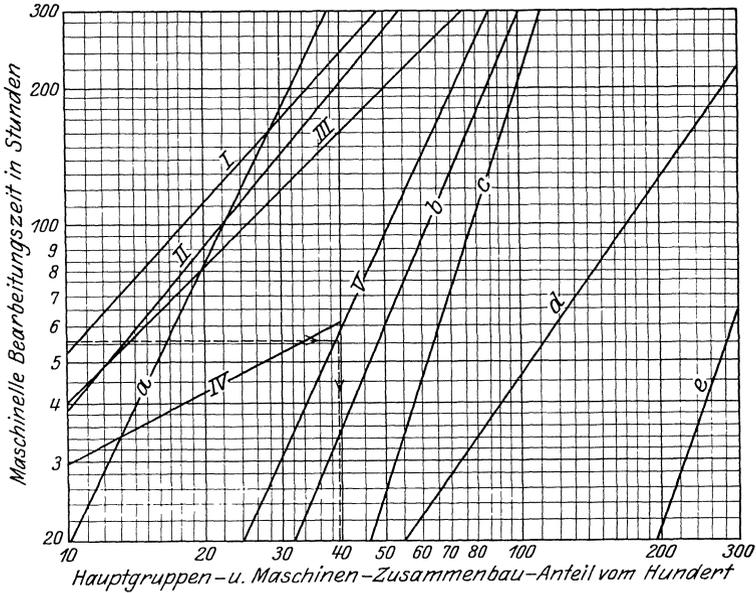
		Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten. Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von organisatorischen Maßnahmen.					Buchdr.- Hauptgruppe Zus—1		
t_a -Akkordzeit für Teil-Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten nach Abb. 3 u. 4 (B I u. B II).									
Laufende Nr.	Maschinengröße Satzgröße in cm Rohgewicht in kg		Größe B 54/78 3100						
	Kennzeichnung der Maschinengruppe	Bild-Nr. und Ziffer	Arbeitszeit-Anteil						
			Gruppen- teilnehmer	Leistungs- faktor	Arbeitszeit- verbrauch	Spalte $b \times c =$ mittl. Zeit	Akk.-Rest $=$ Verteil.- Fakt. $1 \times d$	Ges.-Zeit $=$ $d + e =$ Akk.-Zeit	
a	b	c	d	e	f				
Gestellgruppe									
1	Grundgestell	B I/1	Schlosser C	1,05	2,86	3,0	0,22	3,22	
2	Seitenteile	B I/4	„ A	1,13	23,9	27,0	1,95	28,95	
3	Aufsätze f. d. Anlegtisch . .	B I/5	„ A	1,13	3,5	4,0	0,29	4,29	
4	Bahnen (f. Druckpl.-Wagen)	B I/2	„ G	1,25	6,4	8,0	0,53	8,53	
5	Lagerböcke	B I/6	„ C	1,05	16,2	17,0	1,23	18,23	
6	Gruppen-Zusammenbau . .	Abb. 3	„ A	1,13	22,1	25,0	1,80	26,80	
7	Gesamte Gruppenzeit . . .	—	—	—	74,96	84	—	90,02	
Antriebsgruppe									
8	Wellen	—	Schlosser B	1,10	3,6	4,0	0,29	4,29	
9	Antriebsachse mit Zahnrad . .	B I/12	„ B	1,10	6,2	6,8	0,49	7,29	
10	Kurbelachse mit Exzenter . .	B I/7	Grupp.-F. G	1,25	20,8	26,0	1,88	27,88	
11	Schwungrad	B I/11	Schlosser F	1,15	1,7	2,0	0,14	2,14	
12	Zahnräder	B II/13	„ F	1,15	2,2	2,5	0,18	2,68	
13	Kurbelstange	B I/9	„ B	1,10	11,4	12,5	0,90	13,40	
14	Exzenterzugstange	n.sichtb.	„ B	1,10	17,3	19,0	1,37	20,37	
15	Gruppen-Zusammenbau . .	—	„ F	1,15	34,8	40,0	2,90	42,90	
16	Gesamte Gruppenzeit . . .	—	—	—	98,0	112,8	—	120,95	
Druckwerkgruppe									
17	Druckzylinder	B II/14	Schlosser D	1,0	60	60,0	4,32	64,32	
18	Druckpl.-Wagen (Karren) . .	B II/3	„ C	1,05	37,2	39,0	2,82	41,82	
19	„ (Roll. u. Achs.)	B I/3a	„ C	1,05	4,9	5,2	0,38	5,58	
20	Gruppen-Zusammenbau . .	—	„ B	1,10	12,7	14,0	1,00	15,00	
21	Gesamte Gruppenzeit . . .	—	—	—	114,8	118,2	—	126,72	
Farbwerkgruppe									
22	Farbkasten	B II/15	Schlosser E	0,95	62	59	4,25	63,25	
23	Farbwalzen und Reiber . .	B II/16	„ F	1,15	6,1	7,0	0,50	7,50	
24	Gruppen-Zusammenbau . .	—	„ F	1,15	3,2	3,7	0,27	3,97	
25	Gesamte Gruppenzeit . . .	—	—	—	71,3	69,7	—	74,72	
Verbindungsteile									
26	Verbindungsstangen	B II/17	Schlosser A	1,13	5,1	5,8	0,42	6,22	
27	Hebel, Kurbeln u. Gelenke	—	„ F	1,15	9,5	11,0	0,80	11,8	
28	Schrauben und Nieten . . .	—	„ A	1,13	7,1	8,0	0,58	8,58	
29	Bolzen	—	„ B	1,10	9,1	10,0	0,70	10,72	
30	Gruppen-Zusammenbau . .	—	Grupp.-F. G	1,25	37,6	47,0	3,40	50,40	
31	Gesamte Gruppenzeit . . .	—	—	—	67,4	81,8	—	87,72	
				466,5					500,13
¹ Vorgegeb. Akkordzeit = 500 Stunden Ges. Vorschubzeit = 466,5 „ Zeitrest = 33,5 „				Verteilungsfaktor $k = \frac{\text{Zeitrest}}{\text{Vorschubz.}} = \frac{33,5}{466,5} = 0,072$					

		Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten. Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von organisatorischen Maßnahmen.					Buchdr.- Hauptgruppe Zus—2	
t_a -Akkordzeit für Teil-Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten nach Abb. 3 u. 4 (B I u. B II).								
Laufende Nr.	Kennzeichnung der Maschinengruppe	Arbeitszeit in Stunden						
		Unterlagen Nr.		Arbeitszeit- verbrauch	Spalte $b \times c =$ mittl. Zeit	Akk.-Rest- Verteil- faktor \times Spalte d	Ges. Zeit $= d + e$ $=$ Akk.-Zeit	Gesamte Zeit nach Spalte d
		Bild-Nr. und Ziffer	Blatt u. Pos. Nr. (Leistungs- faktor)					
Gruppenteilnehmer A, Leistungsfaktor 1,13								
1	Seitenteile	B I/4	Zus—1/2	23,9	27,0	1,95	28,95	
2	Aufsätze f. d. Anlegtisch . . .	B I/5	„ 1/3	3,5	4,0	0,29	4,29	
3	Gruppenzusammenbau . . .	B I	„ 1/6	22,1	25,0	1,80	26,80	
4	Verbindungsstangen	B II/17	„ 1/26	5,1	5,8	0,42	6,22	
5	Schrauben und Nieten. . . .	B II	„ 1/28	7,1	8,0	0,58	8,58	
6	Gesamtzeit in Stunden			61,7	69,8	—	74,84	69,80
Gruppenteilnehmer B, Leistungsfaktor 1,10								
7	Wellen	—	Zus—1/8	3,6	4,0	0,29	4,29	
8	Antriebachse mit Zahnrad . . .	B I/12	„ 1/9	6,2	6,8	0,49	7,29	
9	Kurbelstange	B I/9	„ 1/13	11,4	12,5	0,90	13,40	
10	Exzenterzugstange	—	„ 1/14	17,3	19,0	1,37	20,37	
11	Gruppenzusammenbau	—	„ 1/20	12,7	14,0	1,00	15,00	
12	Bolzen	—	„ 1/29	9,1	10,0	0,72	10,72	
13	Gesamtzeit in Stunden			60,3	66,3	—	71,07	66,30
Gruppenteilnehmer C, Leistungsfaktor 1,05								
14	Grundgestell	B I/1	Zus—1/1	2,86	3,00	0,22	3,22	
15	Lagerböcke	B I/6	„ 1/5	16,20	17,00	1,23	18,23	
16	Druckpl.-Wagen (Karren) . . .	B I/3	„ 1/18	37,20	39,00	2,82	41,82	
17	„ (Roll. v. Achs.)	B I/3a	„ 1/19	4,90	5,20	0,38	5,58	
18	Gesamtzeit in Stunden			61,16	64,20	—	68,85	64,20
Gruppenteilnehmer D, Leistungsfaktor 1,0								
19	Druckzylinder	B II/14	Zus—1/17	60,0	60,0	4,32	64,32	
20	Gesamtzeit in Stunden			60,0	60,0	—	64,32	60,00
Gruppenteilnehmer E, Leistungsfaktor 0,95								
21	Farbkasten	B II/15	Zus—1/22	62,0	59,0	4,25	63,25	
22	Gesamtzeit in Stunden			62,0	59,0	—	63,25	59,00
Gruppenteilnehmer F, Leistungsfaktor 1,15								
23	Schwungrad	B I/11	Zus—1/11	1,7	2,0	0,14	2,14	
24	Zahnräder	B II/13	„ 1/12	2,2	2,5	0,18	2,68	
25	Gruppen-Zusammenbau	—	„ 1/15	34,8	40,0	2,90	42,90	
26	Farbwalzen und Reiber	B II/16	„ 1/23	6,1	7,0	0,50	7,50	
27	Gruppen-Zusammenbau	—	„ 1/24	3,2	3,7	0,27	3,97	
28	Hebel, Kurbeln u. Gelenke . . .	—	„ 1/27	9,5	11,0	0,80	11,80	
29	Gesamtzeit in Stunden			57,5	66,2	—	70,99	66,20
Gruppenführer G, Leistungsfaktor 1,25								
30	Bahnen f. Druckplattenwag.	B I/2	Zus—1/4	6,4	8,0	0,53	8,53	
31	Kurbelachse mit Exzenter	B I/7	„ 1/10	20,8	26,0	1,88	27,88	
32	Grupp.- u. Masch.-Zusamm.	—	„ 1/30	37,6	47,0	3,40	50,40	
33	Gesamtzeit in Stunden			64,8	81,0	—	86,81	81,00
Akkordzeit für die gesamte Maschine						500,—		
Mittlere Zeit für die gesamte Maschine						466,5		

**Kalkulationsunterlagen für
Schlosserarbeiten
Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von
Vergleichswerten**

Buchdr.
Hauptgruppe
Zus.—3

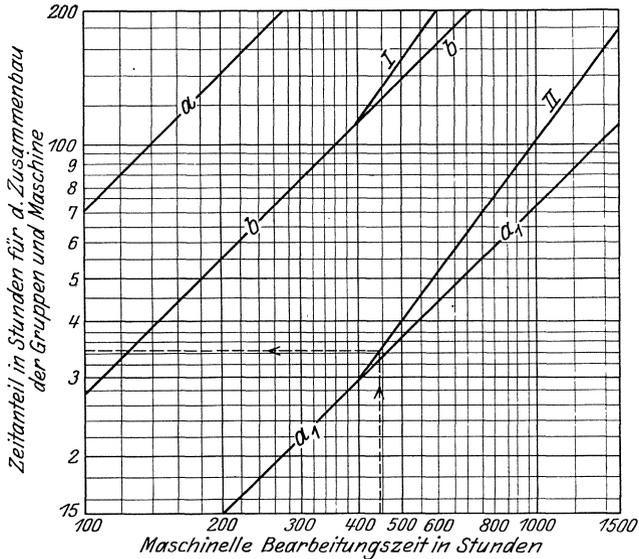
t_0 = Grundzeit für Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten an Buchdruckmaschinen, bezogen auf die mechanische Bearbeitungszeit der einzelnen Gruppen, nach Abb. 3 u. 4 (BI u. BII)



Geraden Nr.	Kennzeichnung der Gruppe, Gruppen-Zusammenbau	Unterlagen Nr.
<i>a</i>	Verbindungssteile, Teil- und Gruppenarbeit	Buchdr.-Teilgr. Zus.-1, 30/31 <i>a-b, d-e</i>
<i>b</i>	Gestellgruppe, Teil- und Gruppenarbeit	" " " " 6/7 " "
<i>c</i>	Antriebsgruppe, Teil- und Gruppenarbeit	" " " " 15/16 " "
<i>d</i>	Druckwerkgruppe, Teil- und Gruppenarbeit	" " " " 20/21 " "
<i>e</i>	Farbwerkgruppe, Teil- und Gruppenarbeit	" " " " 24/25 " "
<i>I</i>	Gestellgruppe, Maschinen-Zusammenbauarbeiten	Buchdr.-Teilgr. Zus.-1, 6/7 <i>a-c, d-f</i>
<i>II</i>	Verbindungssteile, Maschinen-Zusammenbauarbeiten	" " " " 30/31 " "
<i>III</i>	Druckwerkgruppe, Maschinen-Zusammenbauarbeiten	" " " " 20/61 " "
<i>IV</i>	Farbwerkgruppe, Maschinen-Zusammenbauarbeiten	" " " " 24/25 " "
<i>V</i>	Antriebsgruppe, Maschinen-Zusammenbauarbeiten	" " " " 15/16 " "

Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten	Buchdr.- Hauptgruppe Zus.-4
---	-----------------------------------

t_v = Grundzeit für Maschinenzusammenbau-Schlosserarbeiten an Buchdruckmaschinen, bezogen auf die maschinelle Bearbeitungszeit aller Gruppen nach Abb. 3 u. 4 (BI u. BII)



Geraden Nr.	Kennzeichnung der Geraden	Unterlagen Nr.
<i>a</i>	Gruppen-Zusammenbauzeitanteil	Erfahrungswerte
<i>a</i> ¹	„ „ Fortsetzung von <i>a</i>	„
<i>b</i>	Maschinen- „	„
<i>I</i>	„ „	Buchdr.-Teilgr.- Zus.-1, A-B Pos. 1-31, a-c, d-f
<i>II</i> ¹	Gruppen- „	
		Buchdr.-Teilgr.- Zus.-1, A-B Pos. 1-31, a-b, d-e

¹ Bei *a*¹ und *II*¹ sind die abgelesenen Tafelwerte um 1 Dezimalstelle zu erhöhen.

Zu den Werten der Geraden *a*, *a*¹ und *b* der letztgenannten Tafel ist zu bemerken, daß dieselben einer Maschinentype nach Abb. 4 (B II) (4 Größen) und einer größeren Herstellungsreihe entnommen sind. Der Zeitanteil der Teil- und Untergruppen-Zusammenbauarbeiten ist etwa

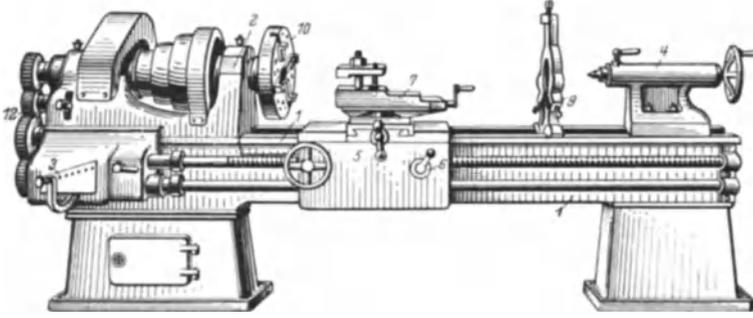
77 bis 80 vH, derjenige der Maschinen-Zusammenbauarbeiten etwa 28 bis 31 vH, bezogen auf die maschinelle Bearbeitungszeit.

Den Werten der Geraden I und II sind die beiden Größen A und B auf Blatt Buchdr.-Teilgr. Zus-1, S. 79, zugrunde gelegt. So ergibt sich z. B. für Maschinengröße A der Gruppenzusammenbau-Zeitanteil gemäß dem eingezeichneten Linienzuge der Geraden II bei einer maschinellen Bearbeitungszeit von 444 Stunden ($= \Sigma$ der Pos. 6, 15, 20, 24 und 30 der Spalte a Buchdr.-Teilgr. Zus-1, $= 96 + 93 + 74 + 31 + 150 = 444$ Std.) zu 343,4 Std. ($= \Sigma$ der Pos. 6, 15, 20, 24 und 30 der Spalte b Buchdr.-Teilgr. Zus-1, $= 59 + 70,7 + 102 + 70 + 41,7 = 343,4$ Std.). Der Maschinenzusammenbau-Zeitanteil für dieselbe maschinelle Bearbeitungszeit von 444 Std. und bei derselben Maschinengröße A ergibt sich nach Gerade I des Blattes Buchdr.-Hauptgr. Zus-4 zu 126,15 Std. ($= \Sigma$ der Pos. 6, 15, 20, 24 und 30 der Spalte c, Buchdr.-Teilgr. Zus-1, $= 16,9 + 45,7 + 13,3 + 3,25 + 47,0 = 126,15$ Stunden). In vorliegendem Falle handelt es sich um Werte aus kleinen Reihen von Erstaussführungen, bei denen die Herstellungsschwierigkeiten noch nicht ausgeglichen sind.

Ein weiteres Beispiel, bei dem der Zeitbedarf durch organisatorische Maßnahmen ermittelt wird, bezieht sich auf Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten bei einer Drehbank, s. Blatt Drehb.-Hauptgr. Zus-1, S. 89; es betrifft Stufenscheiben-Schnelldrehbänke mit Nortonrädern und Prismabett. In der Zahlentafel 1 genannten Blattes sind, bezogen auf die maschinelle Bearbeitungszeit, für drei Größen Vomhundertsätze gebildet. Zu bemerken ist hierbei, daß der Maschinen-Zusammenbau-Vomhundertsatz nicht jeder Gruppe, wie bei den Buchdruckmaschinen-Beispielen, zugeordnet, sondern gesondert unter Pos. 14 eingetragen ist. Auch hier sind die Werte aus der Zahlentafel Blatt Dreh.-Hauptgr. Zus-1 in eine graphische Tafel auf Blatt Drehb.-Hauptgr. Zus-2, S. 90, übertragen. In dieser Tafel sind auf der Ordinatenachse nicht die Zeiten der maschinellen Bearbeitung, sondern die Rohgewichte der Drehbänke aufgetragen. Auch hier wurde die Zeit für die Gruppen- und Maschinen-Zusammenbauarbeit in Vomhundertsätzen derjenigen für die Maschinenbearbeitung ermittelt.

Die in diesem Abschnitt behandelten Entwicklungsbeispiele zeigen das Grundsätzliche der Zeitermittlung, wie sie sich unter Berücksichtigung der Eigenart des Herstellungsgegenstandes überall anwenden läßt.

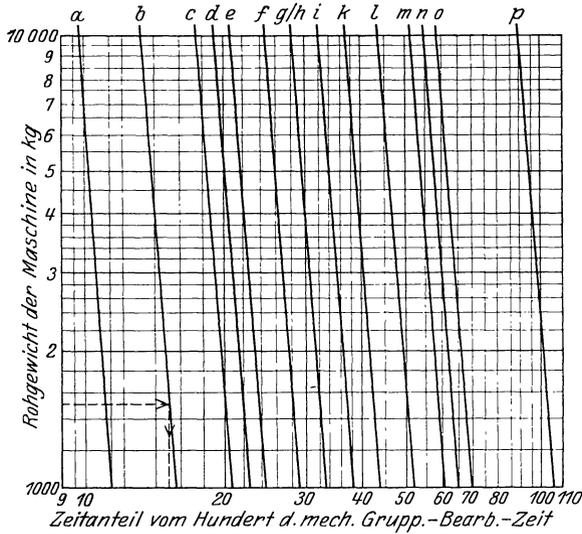
Die Unterteilung der Haupt- und Untergruppen einer Maschine ist so vorzunehmen, daß verwandte Typen möglichst gleichartige Gruppeneinteilung aufweisen. So z. B. ist die Antriebgruppe bei vielen Maschinen aus ähnlichen oder gleichen Übertragungsmechanismen, wie Wellen, Zahnrädern, Riemenscheiben u. ä. zusammengesetzt.

Kalkulationsunterlagen für Zusammenbau-Schlosserarbeiten, Ermittlung der Zeit auf Grund von Vergleichswerten		Drehb. Hauptgrupp. Zus.—I		
Stufenscheiben-Schnelldrehbank mit Nortonräderkasten und Prismabett				
				
t_p = Grundzeit im Verhältnis zur maschinellen Bearbeitungszeit				
Spitzenhöhe in mm		200	300	450
Spitzenweite oder Drehlänge in mm. .		1500	1500	1500
Bettlänge in mm		2520	3280	3550
Gewicht in kg (roh)		1500	3500	4500
Pos.-Nr.	Gruppen-Benennung	v. H. der mech. Bearbeit.-Zeit		
1	Bett auf Füße stell., Einsatzbr. einbauen	20	19	18
2	Spindelstock zusammenbauen	67	63	61
3	Wechselgetriebe zusammenbauen	22	20,5	20
4	Reitstock zusammenbauen	28	27	26
5	Bettschlitten mit Schieber zusammenb.	102	97	95
6	Spindelmuttergehäuse zusammenbauen .	50	48	47
7	Obersupport zusammenbauen	59	55	54
8	Setzstock (laufend) zusammenbauen . .	63	59	58
9	„ (fest) „	32	30	29
10	Planscheibe „	37	35	34
11	Mitnehmerscheibe „	24	22	21,5
12	Wechselräder „	11	10,5	10,2
13	Deckenvorgelege „	43	40	39
14	Maschinen-Zusammenbau ¹	32	30	29
15	Anstreichen ²	15	14,2	13,8
Pos. 1—13 bezogen auf die jeweilige mechanische Gruppenbearbeitungszeit ¹ bezogen auf die mech. Bearbeitungs-Zeit der ganzen Maschine ² „ „ „ Zusammenbau-Arbeitszeit				

So wie in der Nebenzeit bei Maschinenarbeiten bestimmte Griffelemente in den verschiedensten Griffen vorkommen, so sind auch für die Handarbeit bei Teil- und Zusammenbau-Schlosserarbeiten Kalkulationselemente zu bilden, die in den verschiedensten Unter- oder Hauptgruppen-Zeitermittlungen angewendet werden können.

Kalkulationsunterlagen für Schlosserarbeiten Ermittlung von Richtzeiten auf Grund von Vergleichswerten	Drehb. Hauptgruppe Zus.—2
---	--

t_0 = Grundzeit für Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten an Schnelldrehbänken, bezogen auf die mechanische Bearbeitungszeit der einzelnen Gruppen, nach Blatt Drehb. Hauptgr. Zus.—1



Geraden Nr.	Kennzeichnung der Gruppe, Gruppen-Zusammenbau	Unterlagen Nr.
a	Wechselräder, einzeln und Gruppen-Zusammenbau	Drehb. Hauptgr. Zus.—1/12 „ „ „ 15 „ „ „ 1 „ „ „ 3 „ „ „ 11 „ „ „ 4 „ „ „ 9 „ „ „ 14 „ „ „ 10 „ „ „ 13 „ „ „ 6 „ „ „ 7 „ „ „ 8 „ „ „ 2 „ „ „ 5
b	Anstreichen, bezogen auf die Maschinen-Zusammen-Bauarbeiten . . .	
c	Bett auf FüÙe stellen und Einsatzbrücke einbauen	
d	Wechselgetriebe, wie unter a . . .	
e	Mitnehmerscheibe, wie unter a . . .	
f	Reitstock, wie unter a	
g	Setzstock feststehend, wie unter a .	
h	Maschinen-Zusammenbau	
i	Planscheibe, wie unter a	
k	Deckenvorgelege, wie unter a . . .	
l	Spindelmuttergehäuse, wie unter a .	
m	Obersupport, wie unter a	
n	Setzstock laufend, wie unter a . . .	
o	Spindelstock, wie unter a	
p	Bett Schlitten mit Schieber, wie unter a	

2. Anwendungsbeispiele.

Nachdem die für die Hauptgruppen der Buchdruckmaschine nach Abb. 3 u. 4 (B I und II) unter Spalte d, Pos. 1 bis 5, auf Blatt Grupp.- u. Masch.-Zus. Beisp—1, S. 92, eingetragenen Maschinenbearbeitungszeiten ermittelt sind, werden die einzelnen Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Zeitanteile aus der graphischen Tafel Buchdr.-Hauptgr. Zus—3 in gleicher Weise wie im vorigen Beispiel berechnet.

a) Kalkulationsbeispiel für die gesamte Zusammenbauarbeit einer Buchdruckereimaschine.

Wenn es sich darum handelt, die gesamte Zeit für eine Maschine rasch festzustellen oder wenn eine einzelne Gruppenzeit durch organisatorische Maßnahmen, wie nach dem Beispiel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—1, S. 84, ermittelt werden soll, so ist die Gesamtzeit aus der graphischen Tafel Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—4, S. 87, zu entnehmen. Ist z. B. die Masch.-Bearb.-Zeit 500 Stunden, so wird auf genannter Tafel von der Bearbeitungszeit-Abszisse bei 500 ausgegangen. Der Schnittpunkt auf der Geraden II entspricht 40 Stunden auf der Zeitordinate für die Grupp.-Zusammenbau-Schlosserarbeit. Der abgelesene Wert ist nach dem Vermerk der Fußnote um eine Dezimalstelle zu erhöhen, so daß die Zeit mit 400 Stunden einzusetzen ist. Die Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeitszeit ergibt sich entsprechend mit Hilfe der Geraden I zu etwa 155 Stunden.

Der Aufbau genannter Tafel gestattet eine unmittelbare Ablesung der Zeit in Stunden. Die Unterschiede im Verlauf der Geraden a , a_1 , b , I und II, wurden bereits in dem Entwicklungsbeispiel zu Blatt Buchdr.-Hauptgr. Zus—4 behandelt.

Für obiges Beispiel bei der maschinellen Bearbeitungszeit von 500 Stunden

wird die Gruppen-Zusammenbau-Schlosserzeit . . .	400 Std.
und die Maschinen-Zusammenbau-Schlosserzeit . . .	155 „
somit gesamte Gruppen- und Maschinenzusammenbauzeit zus.	<u>555 Std.</u>

b) Kalkulationsbeispiel

für die Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeit einer Schnelldrehbank.

Für die auf Blatt Drehb.-Hauptgruppen Zus—1, S. 89, dargestellte Schnelldrehbank mit einem Rohgewicht von 2800 kg ist der Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Zeitanteil in \sqrt{H} aus der graphischen Tafel Blatt Drehb.-Hauptgruppe Zus—2 zu ermitteln und in das Kalkulationsbeispiel, Blatt Grupp.- und Masch.-Zus. Beisp—2 unter Spalte d, Pos. 1 bis 15 einzutragen. Der zu ermittelnde Zeitanteil wird z. B. für die

Kalkulationsbeispiel für Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten auf Grund von Vergleichswerten.				Grupp.- u. Masch.-Zus. Beisp—1		
t_g -Grundzeitermittlung für sämtliche Gruppen der Buchdruckmaschine nach Abb. 3 u. 4 (B I u. II)						
Laufende Nr.	Maschinengröße		Größe C			
	Satzgröße in cm		62/85			
	Rohgewicht in kg.		3250			
	Kennzeichnung der Gruppe	Bild Nr. und Ziffer	Unterlage Nr.	Zeitanteil		
	a	b	c	Maschinenzeit in Std.	vom Hundert der Maschinenzeit	Ges.-Gruppen-Zusammenbau in Std.
				d	e	f
A. Gruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten						
Gegeben:				Gesucht:		
1	Gestellgruppe . .	B I/1, 2 u. 4—6	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. b	120	68	82
2	Antriebsgruppe	B I/7, 9, 11, II/13	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. c	125	83	104
3	Druckwerkgruppe	B I/3, 3a II/14	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. d	92	158	146
4	Farbwerkgruppe	B II/15 bis 16	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. e	40	250	100
5	Verbindungssteile	B II/17	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. a	170	29	49
6	Gesamte Gruppenzeit Pos. 1—5			547		481
B. Anteil am Maschinenzusammenbau						
Gegeben:				Gesucht:		
1	Gestellgruppe	B I/1, 2 u. 4—6	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. I	120	21	25
2	Antriebsgruppe	B I/7, 9, 11, II/13	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. V	125	57	71
3	Druckwerkgruppe	B I/3, 3a II/14	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. III	92	22	20
4	Farbwerkgruppe	B II/15 bis 16	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. IV	40	18	7
5	Verbindungssteile	B II/17	Buchdr.Hauptgr.Zus—3 Ger. II	170	35	60
6	Gesamte Maschinenzusammenbauzeit			547		183
	Die gesamte maschinelle Bearbeitungszeit			= 547	Stunden	
	Die gesamte Gruppenzusammenbauzeit			= 481	„	
	Der gesamte Maschinenzusammenbau-Zeitanteil			= 183	„	

Bettgruppe — ausgehend von der Rohgewichts-Ordinate bei 2800 — am Schnittpunkt der Geraden c zu 19 vH an der Abszisse abgelesen.

Kalkulationsbeispiel für Gruppen- und Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten auf Grund von Vergleichswerten.		Grupp.- u. Masch.-Zus. Beisp—2		
<i>t_g</i> -Grundzeitermittlung für sämtliche Gruppen der Schnelldrehbank nach Blatt Drehb. Zus—1				
Laufende Nr.	Spitzenhöhe in mm	250		
	Spitzenweite in mm.	1500		
	Gewicht in kg (roh)	2800		
	Kennzeichnung der Gruppe	Bild-Nr. und Ziffer	Unterlage Nr.	Zeitanteil in vH der masch. Bearb.
	a	b	c	d
Gruppen- und Maschinenzusammenbau				
Gegeben:				Gesucht:
1	Bett auf Füße stellen	Drehb. Zus—1/1	Drehb.Zus—2, Ger. c	19
2	Spindelstock zusammenbauen	„ 1/2	„ „ „ o	64
3	Wechselgetriebe	„ 1/3	„ „ „ d	21
4	Reitstock	„ 1/4	„ „ „ f	27
5	Bettschlitt. m. Schieb.	„ 1/5	„ „ „ p	97
6	Spindelmuttergehäuse	„ 1/6	„ „ „ l	48
7	Obersupport	„ 1/7	„ „ „ m	56
8	Setzstock (laufend)	„ 1/8	„ „ „ n	60
9	„ (fest)	„ 1/9	„ „ „ g	30,5
10	Planscheibe	„ 1/10	„ „ „ i	35,5
11	Mitnehmerscheibe	„ 1/11	„ „ „ e	22,5
12	Wechselräder	„ 1/12	„ „ „ a	10,5
13	Deckenvorgelege	—	„ „ „ k	41
14	Maschinen-Zusammenbau ¹	„ 1—12	„ „ „ h	30,5
15	Anstreichen ²	„ 1—12	„ „ „ b	14,5

¹ Bezogen auf die maschinelle Bearbeitungszeit der gesamten Maschinenteile.
² Bezogen auf die Maschinenzusammenbau-Arbeitszeit, nach Ziffer 14.

Wie aus dem Aufbau dieser und der vorhergehenden graphischen Tafeln ersichtlich, entspricht jeder Gruppe eine bestimmte durch Zahlen oder Buchstaben gekennzeichnete Gerade.

Beispiele verschiedener Schlosserarbeiten¹.

Von K. Gottwein und A. Wartus.

Auf S. 27f. sind für eine Reihe von Schlosserarbeiten Zeitwerte entwickelt worden; ferner wurde deren Anwendung an einer Reihe von Beispielen erläutert. Hier kommen daher vorwiegend ergänzende Arbeiten in Betracht, wobei nochmals darauf hingewiesen sei, daß der Umfang der dem Schlosser verbleibenden Arbeit in jedem Falle sehr von der Größe der Vorbearbeitungstoleranz der Werkstücke abhängt. Bei rohen Werkstücken, die also noch nicht durch Abheben von Spänen vorbearbeitet sind, übt die Zugabe beim Gießen, Schmieden usw. einen großen Einfluß auf den Zeitbedarf aus, so daß Schlosserarbeiten nur durch solche Vorkalkulatoren sicher beurteilt werden können, die das Schlosserfach selbst beherrschen. Unter Hinweis auf die bereits im Vorstehenden S. 29 u. f. über Anreißen, Feilen, Schaben usw. gebrachten Beispiele seien anschließend weitere Schlosserarbeiten an Beispielen besprochen.

1. Meißeln von Hand.

Mit dem Flachmeißel werden Teile von irgendwelchen Formen roh behauen, ferner Kanten und Ecken bemeißelt, Stücke abgeschrotet

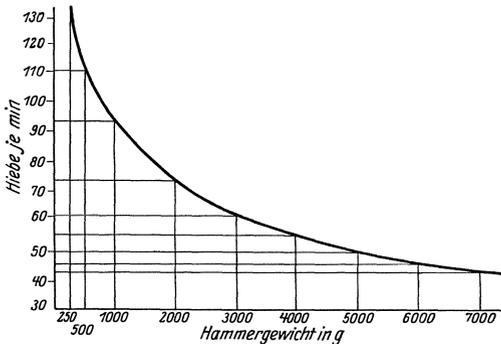


Abb. 1. Hammerschläge je min beim Meißeln.

usw. Die Kreuz- und Nutenmeißel werden zum Einhauen von Nuten aller Art wie Schmiernuten usw. verwendet. Wie bei den meisten Schlosserarbeiten spielen auch hier die Kraft und Geschicklichkeit des Arbeiters eine große Rolle.

Es liegt nun nahe, durch Zeitaufnahmen festzustellen, wie viele Hammerschläge je Minute der

eingearbeitete Facharbeiter beim Meißeln auf die Dauer ausführen kann. In Abb. 1 sind über den Handhammergewichten in Gramm

¹ Die Unterlagen wurden von der ADB-Ortsgruppe Erfurt in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

als Abszissen die Schlagzahlen oder Hiebzahlen je Minute aufgetragen. Um sodann die Leistung beim Meißeln zu erhalten, muß man noch die Strecke kennen, um welche der Meißel bei jedem Hammerhieb fortschreitet, d. h. den „Meißelvorschub“ je Hammerhieb. Zahlentafel I gibt für das Hauen von Schmiernuten eine Zusammenstellung

Zahlentafel 1. Hauen von Schmiernuten in mm je Hieb.

Gegenstand	Gußeisen	SM-Stahl-G.	Bronze
Glatte Fläche	0,29	0,14	0,32
Prismen-Fläche.	0,18	0,09	0,22
Lager und Büchsen bis 30 mm Durchm.	0,14	0,075	0,18
„ „ „ „ 60 „ „	0,16	0,09	0,2
„ „ „ „ über 60 „ „	0,18	0,11	0,22
Wellen		0,09	

von Vorschüben je Hammerhieb, die aus Beobachtungen und Zeit-
aufnahmen gewonnen sind. Als Werkstoffe sind dabei Gußeisen,
SM-Stahl, Stahlguß und Bronze in Betracht gezogen, wobei die Vor-
schubgröße auch von der Art der Fläche abhängig ist, d. h. ob diese
eben, rund, prismatisch usw. ist. (Ähnliche Tafeln können für das
Behauen von Kanten, für das Auskreuzen von Teilen aus Blech usw.
aufgestellt werden.) Aus Abb. 1 und Zahlentafel 1 ergibt sich
sodann der minutliche Vorschub des Meißels oder die
Minutenleistung für das Meißeln von Schmiernuten. In
Zahlentafel 2 ist z. B. die minutliche Leistung beim Hauen von Schmier-

Zahlentafel 2. Hauen von Schmiernuten in mm je Min.

Gegenstand	Gußeisen	SM-Stahl-G.	Bronze
Glatte Fläche	32	15	35
Prismen-Flächen	20	10	24
Lager und Büchsen bis 30 mm Durchm.	15	8	20
„ „ „ „ 60 „ „	18	10	22
„ „ „ „ über 60 „ „	20	12	24
Wellen		10	

nuten mit einem Hammer von 500 g Gewicht angegeben. Nach Abb. 1
entsprechen diesem Gewicht 110 Hammerschläge in der Minute. Der
Meißelvorschub je Hammerhieb beträgt nach Zahlentafel 1 für Guß-
eisen bei glatter Fläche 0,29 mm, so daß sich als minutliche Leistung
eine Nutlänge von $110 \times 0,29 = 32$ mm ergibt. Wie sich nun bei der
Maschinenbearbeitung der Gesamtzeitbedarf in Minuten aus dem
Quotienten aus Schaltweg und minutlichem Vorschub ergibt, so
folgt hier die Zeit aus dem Quotienten aus gesamter Nutlänge und

minütlichem Meißelvorschub. Für das nachfolgende Saubermachen der Nut mit der Feile sind ~ 20 vH des Zeitbedarfs für das Einhauen zu rechnen.

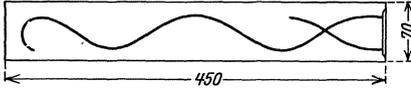


Abb. 2.
Gußleiste. $450 \times 70 \times 20$ mm; Gewicht $\sim 4,8$ kg.

Beispiel: In eine Leiste aus Gußeisen ist eine Schmiernut zu hauen. Die Abmessungen der Leiste gehen aus Abb. 2 hervor; die Nutlänge beträgt ~ 650 mm.

Da der minutliche Vorschub des Meißels nach Vorstehendem 32 mm beträgt, so ergibt sich:

	Hauptzeit t_h	Nebenzeit t_n
Anreißen geschätzt oder nach Zahlentafel	2,5 Min.	
Ein- und Ausspannen usw.		0,4 Min.
Nut einhauen, s. Zahlentafel 2: $\frac{650}{32} =$	20,3 „	
Nut mit Feile saubermachen, 20 vH	4,1 „	
Schleifen des Meißels, geschätzt		2,0 „
	<u>26,9 Min.</u>	<u>2,4 Min.</u>

hieraus:

Grundzeit $= t_h + t_n = 26,9 + 2,4$	<u>$= 29,3$ Min.</u>
Verlustzeit $\simeq 10$ vH	<u>$= 2,9$ „</u>
Stückzeit	<u>$= 32,2$ Min.</u>

2. Feilen.

Hier sei nur ein Beispiel über das Feilen und Schlichten von Werkzeugteilen aus Werkzeugstahl von 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit gegeben; s. Abb. 3a. Die genau auszufeilende Formfläche der Öffnung ist gut vorgefräst oder gestoßen, der runde Teil gedreht. Die Feilstrecke ist ~ 400 mm lang und 30 mm breit. Das Gewicht des Teils beträgt etwa 6 kg.



Abb. 3a.
Innenformfläche.

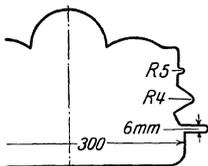


Abb. 3b. Innenformfläche.

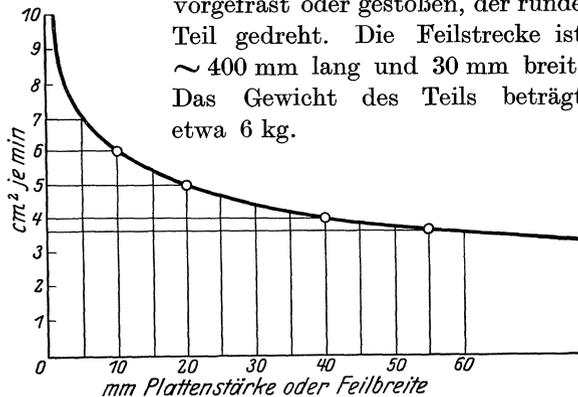


Abb. 4. Feilen und Schlichten von Formflächen.

Aus Zeitaufnahmen war zuerst eine Kurve aufgestellt worden, welche die in der Minute gefeilten cm² in Abhängigkeit von der Platten-

Zahlentafel 3. Feilen und Schlichten von Formflächen.

Feilbreite bis	10	15	20	25	30	35	40	50	60 mm
cm ² je Min.	6	5,4	5	4,7	4,4	4,2	4	3,7	3,5

stärke oder Feilbreite angibt, s. Abb. 4. In Zahlentafel 3 sind die aus der Kurve entnommenen Werte für regelmäßig gestufte Plattenstärken oder Feilbreiten zusammengestellt. Danach ergibt sich für das vorliegende Beispiel:

$$\begin{array}{rcl}
 t_h = \frac{40 \cdot 3}{4,4} & = & 27,3 \text{ Min.} \\
 t_n \text{ für Spannen } 18 \cdot 0,2 \text{ Min.} & = & 3,6 \text{ „} \\
 \text{Grundzeit } t_g & = & 30,9 \text{ Min.} \\
 \text{Verlustzeit (10 vH)} & = & 3,1 \text{ „} \\
 \text{Stückzeit} & = & 34,0 \text{ Min.}
 \end{array}$$

Wie erwähnt, sind den Werten der Zahlentafel 3 Arbeiten über Feilen und Schlichten von Werkzeugteilen aus Werkzeugstahl, wie solche an Abgrat-Werkzeugen, Messeröffnungen usw. vorkommen, zugrunde gelegt. Hierbei nimmt mit zunehmender Plattenstärke oder Feilbreite die Zahl der je Minute gefeilten cm² ab.

Bei einer ebenen Fläche wird im allgemeinen die Zahl der minutlich gefeilten cm² mit zunehmender Feilbreite zunehmen, wenigstens so lange, als die Breite der gefeilten Fläche nicht größer als der Feilhub ist. Der Unterschied in diesen Ergebnissen dürfte darin begründet sein, daß bei einer geschlossenen Fläche (Messeröffnung, Stempelumfang), die sich aus gekrümmten oder auch aus gekrümmten und ebenen Einzelflächen zusammensetzt, die Abhängigkeit der einzelnen Flächen voneinander berücksichtigt werden muß. Es muß daher sehr vorsichtig gefeilt werden, weil ein etwa gemachter Fehler, wie etwa buckligfeilen, sich bei einer geschlossenen Fläche kaum mehr beseitigen läßt. Man muß daher bei einer solchen Fläche — sei es eine Innenfläche (Messeröffnung), sei es eine Außenfläche (Stanzstempel) — bei zunehmender Plattenstärke immer vorsichtiger feilen, so daß von einer besseren Ausnutzung des Feilhubs bei größer werdender Feilbreite kaum mehr die Rede sein kann. Sind bei derartigen Messeröffnungen oder Stanzstempeln neben größeren wenig gekrümmten oder gar ebenen Flächen auch noch stark gekrümmte ein- oder ausspringende Flächen bzw. Kanten vorhanden, bei denen man vielleicht nur mit kleinen Feilen arbeiten kann, so muß unter Umständen auf tabellenmäßig festgelegte Mittelwerte (minutlich gefeilte cm²) überhaupt verzichtet werden; vgl. z. B. Abb. 3b.

3. Abrichten und Tuschieren.

Der Zeitbedarf ist hierbei wieder abhängig von der Vorbearbeitung, vom Werkstoff, von der verlangten Genauigkeit und von dem Seitenverhältnis $\frac{L}{B}$ der zu schabenden Fläche.

Nehmen wir das Seitenverhältnis $\frac{L}{B} = \frac{6}{1}$ als mittleres an, so ergibt sich bei abnehmendem Verhältnis $\frac{L}{B}$ — in der Richtung gegen $\frac{1}{1}$ — eine Zunahme der in der Zeiteinheit abzurichtenden Zahl von cm^2 ; im entgegengesetzten Falle nimmt die Zahl der cm^2 je Minute ab.

Zahlentafel 4. Verhältnismäßige Steigerung oder Abnahme der Abrichtleistung in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis.

Flächenverhältnis $L:B$	1:1	2:1	3:1	5:1	6:1	8:1	10:1	12:1	14:1	20:1
Verhältnismittelwert	1,2	1,15	1,1	1,05	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7

Zahlentafel 5. Abrichten und Tuschieren größerer Flächen.
Material: Gußeisen.

Flächeninhalt	200	400	600	800	1000	1400	2000	3000 cm^2
Leistung je Min.	4,1	6	7,6	9	10	12	15	20 cm^2

Zahlentafel 4 zeigt die verhältnismäßige Steigerung oder Abnahme der Abrichtleistung in Abhängigkeit vom Seitenverhältnis, Zahlentafel 5 die Werte für die Leistung in cm^2 je Minute beim Abrichten und Tuschieren größerer Flächen.

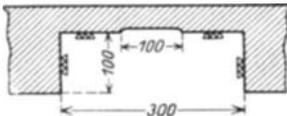


Abb. 5. Führung aus Gußeisen;
Gewicht ~ 2000 kg.

Beispiel: Es soll der Zeitbedarf für das größere Tuschieren einer Führung nach Abb. 5 ermittelt werden. Dieselbe ist 800 mm lang und enthält 4 Flächen von je 100 mm Breite, so daß sich 800 cm^2 je Einzelfläche ergibt. Die Zahlentafel 5 gibt für diese Flächengröße eine minutliche Abrichtleistung von 9 cm^2 , die aber nach Zahlentafel 4 mit 0,95 zu multiplizieren ist. Man erhält also:

$$t_h = \frac{800 \cdot 4}{9 \cdot 0,95} = 375 \text{ Min.}$$

Auf die Nebenzeiten usw. sei nicht näher eingegangen.

Für besseres Tuschieren von Führungen kommt als Mittelwert ungefähr 4 cm^2 je Minute in Betracht; bei Prismenflächen ist ein Zeitzuschlag von 40 vH in Betracht zu ziehen (z. B. Drehbankbetten mit Prismenführung).

4. Abgraten und Abrunden.

Die Zeit ist hier auf das Abgraten und Abrunden von 100 mm Kantenlänge bezogen (Bezugszeit), s. Abb. 6. Hierzu sei bemerkt, daß die Bezugszeiten nach der Kantenlänge gestaffelt werden müssen; sie nehmen zu, wenn die gesamte Kantenlänge abnimmt. Die Kurve *A* bezieht sich daher auf Kantenlängen bis 15 mm, Kurve *B* gilt für Längen bis 50 mm, Kurve *C* für Längen bis 100 mm, Kurve *D* für solche über 100 mm.

Das Größerwerden der Bezugszeit mit abnehmender Kantenlänge rührt daher, daß man bei kleinen Gegenständen mit der Feile nicht so weit ausfahren, also den

Feilhub nicht so gut ausnützen kann als bei längeren Kanten. Die Kanten eines größeren Knotenbleches werden daher verhältnismäßig schneller abgegratet sein als die Zähne eines Zahnrades. Müssen jedoch die Kanten stark abgerundet werden, so neigt die Arbeitsweise mehr zum Schruppen, und die Angriffsmöglichkeit der Feile wird um so größer, je kürzer die Kante ist. Bei starken Abrundungen und kurzen Kanten heben sich daher u. U. die beiden Einflüsse des kürzeren Feilhubes und der größeren Angriffsmöglichkeit der Feile auf.

Beispiel: Ein Knotenblech nach Abb. 7 ist abzugraten. Der abzugratende Umfang beträgt $920 \times 2 = 1840$ mm.

Daraus folgt nach Abb. 6 (Halbmesser der Abrundung = 0,2 mm)

$$t_b = 18,40 \cdot 0,2 = 3,7 \text{ Min. usw.},$$

wozu noch Nebenzeiten und Verlustzeiten zuzuschlagen wären.

5. Einpassen von Keilen und Aufkeilen von Scheiben und ähnlichen Teilen.

Für die Federkeile ist gezogener Keilstahl angenommen, während die Nasenkeile geschmiedet aus dem Handel bezogen und nachgearbeitet werden.

Das Aufkeilen irgend eines Teiles wird dann in folgende Arbeitsgänge zerlegt: Absägen des Keils, Anreißen der Rundungen, Rund-

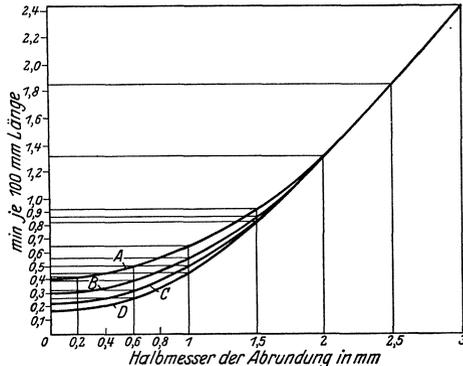


Abb. 6. Abgraten und Kantenabrunden in min. je 100 mm Länge.

Bei einer Kantenlänge: bis 15 mm nach Kurve *A*, bis 50 mm nach Kurve *B*, bis 100 mm nach Kurve *C*, über 100 mm nach Kurve *D*.

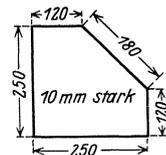


Abb. 7. Knotenblech.

feilen bei kleineren Keilen (größere Keile werden gehobelt), Keilflächen feilen, Kanten brechen am Keil, Abgraten der Nut in der Welle, Nachfeilen der Nut im aufzukeilenden Gegenstand.

Das Messen und Probieren sowie das Spannen zählt zum Einpassen. Unter „Probieren“ ist das öftere Aus- und Einschlagen der Welle mit dem Keil zu verstehen.

Es sind nun Zahlentafeln über die Vorarbeiten zum Keilen aufzustellen. Hierzu gehört das Heranschaffen der Wellen, Räder, Scheiben u. dgl. zum Arbeitsplatz, das Absägen des Keilstahles, das Feilen und Kantenbrechen desselben. An Hand von Zeitaufnahmen werden Werte geschaffen für das Feilen und Abziehen der Grundfläche, der Seitenflächen, für das Einpassen der oberen Fläche, für das Einpassen

Zahlentafel 6. Feilen von Keilen und Aufkeilen von Gegenständen.

Keilmaß mm	Min., bezog. auf 10mm Länge				Für Federkeile			Für Nasenkeile	
	Seiten- fläch. feilen	Grund- fläche feilen	Obere Fläche feilen	Ge- samt- fläche	2 Rundungen		Kei- len je 10 mm	Kopf und Stirnseite feilen	Keilen je 10 mm
					Schr.	Feilen			
					Min.	Min.	Min.		
8 × 5	0,28	0,1	1,8	2,18	1	2	1,5	3,2	1,3
10 × 6	0,32	0,15	2	2,47	1,3	3	1,7	3,8	1,45
12 × 8	0,45	0,18	2,2	2,83	2	4	1,85	4	1,55
14 × 10	0,55	0,2	2,35	3,1	4	4,8	2	4,8	1,7
16 × 10	0,55	0,22	2,35	3,12	4,5	4,8	2	5,5	1,7
20 × 12	0,65	0,25	2,25	3,15	5,5	6	2,1,9	6,5	1,6
22 × 14	0,75	0,28	2,1	3,13	6	7	2,1,8	7,5	1,5
24 × 16	0,9	0,3	2	3,2	6,5	7,5	2,1,7	9	1,45
26 × 18	1	0,32	1,85	3,17,3	7	8	2,1,55	10,2	1,32
30 × 22	1,2	0,38	1,7	3,28,4	8	9	2,1,45	13,5	1,23
36 × 26	1,45	0,42	1,7	3,57	9	10	2,1,45	18	1,23
44 × 30	1,65	0,5	1,7	3,85	10	12	2,1,45	22,2	1,23
52 × 34	1,95	0,58	1,7	4,23	11	14	2,1,45	27	1,23

Wirden
rund gehobelt

Hinzuzurechnen sind noch folgende Zeiten:
Welle und aufzukeilenden Gegenstand spannen oder auflegen;
Nut in der Welle abgraten und Nut in dem zu keilenden Gegenstand nachfeilen.
Alle anderen Zeiten sind in den Tafelwerten enthalten.

der Länge bei Federkeilen und für das Feilen des Kopfes und der Stirnseiten bei Nasenkeilen. So wurde Zahlentafel 6 gewonnen, die sowohl für das vollständige Aufkeilen eines Gegenstandes als auch bei Nachlieferungen nur für das Einpassen eines Keiles verwendet werden kann.

Die Werte der Tafel beziehen sich auf Keilquerschnitte, die im Verhältnis zur Welle und der zu keilenden Gegenstände als normal anzusehen sind. Kommt also ein größerer oder kleinerer Keil in Betracht, so muß dies beim Zeitbedarf entsprechend berücksichtigt werden.

Es ist nicht gleich, ob auf eine Welle ein Ritzel oder ein großes Rad gekeilt wird. Im ersten Falle wird man die Welle mit Keil eingespannt lassen und das handliche Ritzel aufprobieren, im zweiten Fall wird man die Welle jedesmal ausspannen und in die Radbohrung einschlagen. Bei ganz großen Gegenständen kann auch die Welle nicht mehr eingespannt werden. Es wird dann der Keil nach jedem Probieren aus der Welle genommen und für sich allein eingespannt und nachgepaßt.

In den Werten der Zahlentafel 6 für das Aufkeilen sind alle Zeiten enthalten bis auf folgende: Welle und aufzukeilenden Gegenstand spannen oder auflegen, Nut in der Welle abgraten und Nut in dem zu keilenden Gegenstand nachfeilen. Alle anderen Zeiten für das Einpassen, Probieren usw. sind in den Tafelwerten enthalten.

6. Spannen im Schraubstock.

Die für das Spannen von Teilen im Schraubstock nötige Zeit wird von Fall zu Fall aufgenommen, da die zu spannenden Werkstücke sehr verschiedene Größe, Sperrigkeit und Gewicht aufweisen. Folgende Zahlentafel 7 gibt die Zeiten an, die ungefähr hierfür in Betracht

Zahlentafel 7. Spannen bei Schlosserarbeiten.

Art der Aufspannung		Minuten
Teile im Schraubstock	bis 2 kg.	0,12
„ „ „	„ 5 „	0,18
„ „ „	„ 10 „	0,25
„ „ „	„ 25 „	0,5
Spannen oder Auflegen (2 Mann)	„ 40 „	1
Auflegen mit Flaschenzug		3—5
„ „ Kran		5—10
Die obige Kranzeit gilt nicht für große Gegenstände, da das Anhängen mit Seilen und Ketten längere Zeit und mehrere Leute in Anspruch nimmt		

kommen, wobei für die Beförderung größerer Werkstücke ein Flaschenzug oder Kran anzuwenden ist. Bei Vorhandensein nur eines Flaschenzuges oder Krans ist, da unter Umständen ein Schlosser auf den anderen warten muß, noch eine Kranwartezeit zu berücksichtigen.

7. Schneiden von Whitworth-Gewinde.

Bei Festlegung der Zeiten des Gewindeschneidens von Hand geht man davon aus, wieviele Umdrehungen durchschnittlich mit einem Gewindebohrer pro Minute gemacht werden, und zwar

1. beim Schneiden,
2. beim Durch- und Zurückdrehen.

Bei den verschiedenen Materialstärken der in Betracht kommenden Werkstücke wird zunächst die Gangzahl des Gewindes für die vorgesehene Tiefe bzw. Länge des zu schneidenden Loches berechnet, sodann die Zahl der Gänge der verschiedenen Gewindebohrer auf ihre normale Länge festgestellt. Dividiert man nun die Gangzahl der Schneidlänge durch die minutliche Umdrehungszahl beim Schneiden, so erhält man die reine Schneidezeit. Die Zahl der Gänge des Gewindebohrers durch die Umdrehungszahl beim Durchdrehen dividiert, ergibt die Durchdrehzeit. Für Schmieren und Ansetzen der Gewindebohrer kommt ein weiterer Zeitzuschlag hinzu.

Gewöhnliche Whitworth- und S.I.-Gewinde werden mit 3 Bohrern, Gasgewinde mit 2 Bohrern geschnitten. Kommen Mutterbohrer in Betracht, so bleibt die Zeit für das Gewindeschneiden ziemlich dieselbe. Das Durchschneiden erfolgt zwar mit nur einem Bohrer, dafür ist dieser aber entsprechend länger.

Zahlentafel 8. Schneiden von Whitworth-Gewinde für Durchgangslöcher.

Zoll Whitwth.	Tiefe in mm							
	10	20	30	40	50	60	70	
$\frac{1}{4}$	2,7	3,3						} Minuten
$\frac{5}{16}$	2,8	3,7						
$\frac{3}{8}$	3,1	3,9	5,4					
$\frac{1}{2}$	3,2	4,4	6	7,3				
$\frac{5}{8}$	3,5	4,8	6,7	8,5	9,8			
$\frac{3}{4}$	4,2	5,4	7,5	9,5	10,6			
$\frac{7}{8}$	4,4	6,1	8,3	10,6		12,4		
1		7	9,5	12	14,5	15,5		
$1\frac{1}{8}$		7,4	10	12,6	15,5	18		
$1\frac{1}{4}$		7,8	10,6	13,4	16,4	19,4		
$1\frac{1}{2}$			12	15	18	21,5	24,5	

Zahlentafel 8 gibt Zeitwerte für das Schneiden von Whitworth-Gewinde für Durchgangslöcher im S.M.-Stahl, Flußeisen und Stahlguß. Für Sacklöcher ist, da sich diese bis auf den Grund schlechter schneiden, immer der für 10 mm größere Tiefe geltende Wert anzunehmen. Ist z. B. ein Sackloch von $\frac{5}{8}$ " 30 mm tief zu schneiden, so entnimmt man die Zeit bei $\frac{5}{8}$ " für 40 mm Tiefe, d. i. 8,5 Min.

Je härter und zäher der Werkstoff ist, um so größer ist der Kraftaufwand beim Gewindeschneiden von Hand. Sind also mehrere Löcher hintereinander zu schneiden, so wird sich Ermüdung einstellen. Hierdurch ist es berechtigt, bei Werkzeugstahl, Chromnickelstahl u. ä. harten Werkstoffen einen Zuschlag von 10 vH gegenüber den in der Zahlentafel 8 angegebenen Zeiten zu machen. Für Grauguß und Rotguß können um etwa 15 vH kürzere Zeiten angenommen werden.

8. Beispiel für obengenannte Schlosserarbeiten.

Im folgenden ist an Hand eines vollständigen Beispiels der Gebrauch der vorher beschriebenen Tafeln nochmals erläutert.

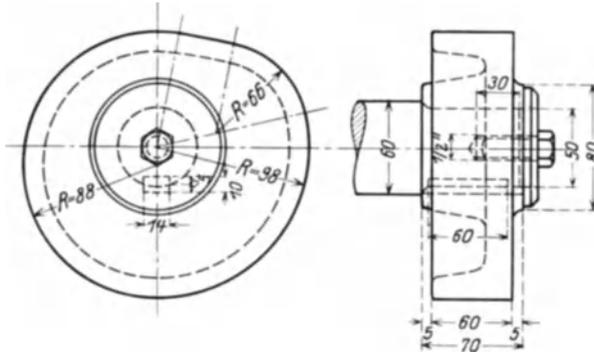


Abb. 8. Kurvenscheibe.

Es soll eine Kurvenscheibe gefeilt und auf eine Welle gekeilt werden (Abb. 8). In die Welle ist ein Gewinde zu schneiden, damit eine Deckscheibe mittels Schraube angebracht werden kann.

Übersicht über die Arbeitsgänge.

a) Welle:	
Einspannen der Welle von ~ 8 kg Gewicht	nach Zahlentafel 7
Gewindeschneiden $\frac{1}{2}'' \times 30$ mm lang, Sackloch	„ „ 8
Umspannen	„ „ 7
Grat an der Nut wegnehmen	„ Abb. 6
Keil einpassen (14 × 10 × 60).	„ Zahlentafel 6
Kurvenscheibe keilen	„ „ 6
Abspannen	„ „ 7
b) Kurvenscheibe vorgefräst:	
Spannen der Kurvenscheibe von ~ 13 kg Gewicht	nach Zahlentafel 7
Feilen einer Fläche von 390 × 60 mm	„ „ 3
Grat wegnehmen 1160 mm	„ Abb. 6
8 × Umspannen	„ Zahlentafel 7
Nut nachfeilen 24 × 65 mm	— — —
Abspannen	„ „ 7
c) Deckscheibe und Schraube aufbringen geschätzt.	

Hiernach findet man für a bis c folgende Zeitwerte:

Einrichtezeit:	
Gewindebohrer holen	= 4 Min.
Feilen zurechtlegen	= 1,5 „
Zeichnung lesen	= 2,0 „
t_{ee} = eigentliche Einrichtezeit	= 7,5 „
t_v = Verlustzeit	= 0,75 „
t_e = Einrichtezeit	= 8,25 Min.

Hauptzeit:

Gewindeschneiden $\frac{1}{2}'' \times 40$	=	7,3	Min.
Grat nehmen an der Nut $1,30 \times 0,32$	=	0,4	„
Keil einpassen $14 \times 10 \times 60$	=	27,4	„
Kurvenscheibe keilen	=	13,0	„
Kurvenscheibe feilen nach Anriß $\frac{39,0 \times 6,0}{3,5}$	=	67,0	„
Grat wegnehmen ($r = 0,5$); $11,60 \times 0,23$	=	2,7	„
Nut nachfeilen $\frac{2,4 \times 6,5}{1,8}$	=	8,7	„
Scheibe aufsetzen und Schraube eindrehen	=	0,8	„
$t_h =$ Hauptzeit	=	127,3	Min.

Nebenzeit:

Spannen $3 \times 0,25$	=	0,75	Min.
Spannen $10 \times 0,5$	=	5,0	„
$t_n =$ Nebenzeit	=	5,75	Min.

somit

Grundzeit $t_g = 127,3 + 5,75$	=	133,05	Min.
t_v (10 vH)	=	13,3	„
Stückzeit t_{st}	=	146,35	Min.

9. Schaben und Aufpassen von Lagerbuchsen.

Abb. 9 und Zahlentafel 9 geben Zeitwerte für das Schaben und Aufpassen von Lagerbuchsen. Die Kurven der Abbildungen zeigen,

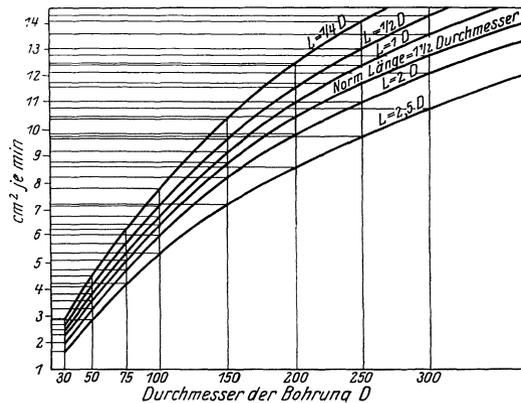


Abb. 9. Schaben von Lagern.
Länge = L . Durchm. = D .

daß das Schaben um so mehr erschwert wird, je länger eine Buchse im Verhältnis zu ihrem Durchmesser ist.

Zahlentafel 9. Schaben und Aufpassen von Lagern.

$D =$ Durchmesser mm	Länge					
	$\frac{1}{4} D$	$\frac{1}{2} D$	$1 D$	$1\frac{1}{2} D$	$2 D$	$2\frac{1}{2} D$
	cm ² je Min.					
30	3	2,7	2,5	2,3	2	1,7
50	4,5	4,2	3,9	3,6	3,4	3
75	6,3	5,8	5,4	5,1	4,8	4,2
100	7,8	7,2	6,8	6,5	6,2	5,4
150	10,5	9,6	9,2	8,8	8,2	7,2
200	12,5	11,5	11	10,5	9,7	8,6
250	14	13	12,2	11,7	11	9,7
300	15,3	14,3	13,5	12,7	12	10,7
400	17,5	16,2	15,4	14,5	13,8	12,6

Bem.: Das jeweilige Spannen und Probieren sowie die Schleifzeit für den Schaber ist in den Werten der Tafel einbegriffen.

Berechnungsunterlagen für Montagearbeiten.

Von K. Hegner.

Die Zusammenstellung von Unterlagen zum Zwecke der Vorherberechnung von Montagezeiten ist besonders dann schwierig, wenn es sich um die Montage kleiner Serien handelt. Die Vorgänge beim Zusammenbau sind so außerordentlich verschiedenartig, daß man kaum jemals für alle vorkommenden Arbeiten einwandfreie Berechnungsunterlagen wird schaffen können. Das hat seinen Grund zum Teil darin, daß gerade in der kleinen Serienfertigung die zur Montage benötigten Teile nicht immer so einwandfrei ausgeführt sind, daß nur ein Zusammenstecken in Frage kommt. Besonders in Bezug auf Längenmaße werden Differenzen stets vorhanden sein, und so wird sich ein Anpassen nie ganz vermeiden lassen. Die oft komplizierten Gußteile machen es häufig notwendig, daß man hier und da im Interesse der Wirtschaftlichkeit und oft auch im Interesse des Einhaltens von Lieferterminen einen von der mechanischen Bearbeitung verursachten Fehler mit in Kauf nimmt, der bei der Montage dann störend und in seiner Auswirkung vorher nicht übersehbar auftritt. So wäre es z. B. unwirtschaftlich, wollte man einen schweren Fräsmaschinenständer nur deshalb als Ausschuß erklären und neu gießen und bearbeiten lassen, weil der Horizontalbohrer aus irgendeinem Grunde, vielleicht sogar aus einem berechtigten, die Nabe für die Spindel um 1 mm kürzer geschnitten hat, als die Zeichnung es angibt. Und doch verursachen gerade solche Unstimmigkeiten Nacharbeiten, Hilfsarbeiten und Einpassen bei der Montage, Arbeiten, die vorher in ihrem Umfange nur schlecht übersehen und daher kaum jemals rechnerisch erfaßt werden können.

Wenn man also dazu übergehen will, für den Zusammenbau Kalkulationsunterlagen zu schaffen, so muß man sich dabei auf diejenigen Tätigkeiten beschränken, die regelmäßig bei dem Zusammenbau aller möglichen Maschinen oder Apparate immer wiederkehrend vorkommen. Solche Berechnungsunterlagen bilden dann das Gerippe, auf dem sich die Kalkulation für die ganze Montage aufbaut. Wenn man einen kompletten Montagevorgang kalkulieren will, so findet man die Zeiten für die normalen Montagevorgänge auf Grund von Zahlentafeln oder Kurven, und die übrigen zum Teil nicht vorauszusehenden Nebenmontagearbeiten müssen dann eben geschätzt werden; denn es wäre

wirklich unwirtschaftlich, auch für diese ausnahmsweise und zufällig vorkommenden Arbeiten im Zusammenbau komplizierte Berechnungen anzustellen.

1. Beispiele für wiederkehrende Teilschlosserarbeiten bei der Montage.

Im folgenden seien drei Beispiele angeführt, bei denen für normale — also immer wiederkehrende — Montagevorgänge Kalkulationsunterlagen aufgestellt sind, und zwar handelt es sich um das Einschaben von Lagerbuchsen, um das Auffedern von Riemen- oder Stufenscheiben und um das Einpassen von Scheibenfedern.

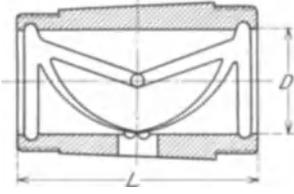
Die Entwicklung dieser Kalkulationsunterlagen ist in der gleichen Art vor sich gegangen, wie sie aus den Refa-Blättern bekannt ist und dort zur Aufstellung von Zeittafeln für solche Handarbeiten geführt hat, die während der mechanischen Fertigung zur Ausführung der Maschinenarbeit benötigt werden. Man legt zunächst einmal in Tafeln diejenigen Bedingungen fest, die die Zeit für die Erledigung einer bestimmten Montage-teilarbeit entscheidend beeinflussen. Solche Bedingungen sind :

beim Einschaben des Lagers : Durchmesser und Länge des Lagers,
beim Auffedern von Riemenscheiben : Größe und Länge des Keiles,
und beim dritten Beispiel, beim Einpassen von Scheibenkeilen :
die Größe der Fläche des Keiles.

Dann stellt man auf Grund von Zeitstudien für diejenigen solcher Teilarbeiten Zeiten fest, die zu beobachten man zufälligerweise während irgend einer Montagearbeit Gelegenheit hat. Wird also beispielsweise an einer Maschine ein Lager von 48 mm Durchmesser und 100 mm Länge eingeschabt, so beobachtet man diesen Vorgang, mißt die Zeit und trägt sie in die entsprechende Rubrik der zuerst nur im Gerippe bestehenden Zahlentafel ein. Schließlich wird man bei ähnlichen Arbeitsvorgängen eine Reihe weiterer Zeiten finden, und so ergibt sich eine Anzahl von Werten, die die Zahlentafel allmählich füllen. Selbstverständlich wird man nun mit der Fertigstellung der Berechnungstafel nicht so lange warten, bis man Gelegenheit gefunden hat, für das Einschaben von Lagern aller angegebenen Größen Zeiten geben zu können. Es gibt dann zwei Wege, die Zahlentafel zu vervollkommen :

Entweder trägt man die wenigen gemessenen Zeitwerte als Punkte in ein Koordinatensystem ein, verbindet sie zu einer Kurve und liest die fehlenden Werte aus dieser Kurve ab. Dadurch ist wenigstens ein gesetzmäßiger Aufbau gewährleistet. Oder aber man berechnet die übrigen Zahlenwerte auf Grund einer aus den gemessenen Werten entwickelten Formel. Es ist natürlich dabei sehr wichtig, für eine solche Formel

die Berechnungsgrundlage richtig zu entwickeln. So hängt z. B. die Zeitdauer des Einschabens eines Spindellagers im wesentlichen ab von der Größe der Fläche, die zu schaben ist. Selbstverständlich ist dabei auch noch zu berücksichtigen, daß stets zwei Lagerstellen hintereinander liegen und deshalb je zwei Lager auch noch fluchtend geschabt werden müssen. In der Zahlentafel der Abb. 1 sind die an-



$D = \varnothing$ des Lagers	Zeit für das Einschaben bei einer Länge L von mm										
	100	102	105	107	109	111	116	120	125	130	135
48	*120	122	126	128	131	133	139	144	150	156	162
50	125	127	131	133	136	139	145	150	156	163	169
52	129	132	136	138	142	144	151	156	162	169	175
55	137	140	144	147	150	153	159	165	172	179	186
58	144	147	152	155	158	161	168	174	181	188	196
60	149	152	157	160	164	166	174	180	187	195	*202
62	—	157	163	165	169	172	180	186	193	202	209
65	—	—	170	173	177	180	188	195	203	212	219
68	—	—	—	182	186	189	197	204	212	221	230

Abb. 1. Zeiten für das Einschaben von Lagerbuchsen.

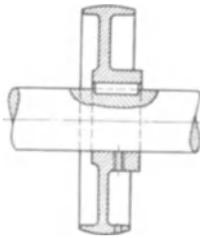
gekreuzten Werte, $D = 48$, $L = 100$ und $D = 60$, $L = 135$, aus Zeitstudien entnommen. Aus diesen Zeiten stellt man fest, daß das Schaben von 1 cm^2 mit den dazu gehörigen Hilfsarbeiten $0,8 \text{ Min.}$ dauert. Die für eine Bohrung von 48 mm Durchmesser und 100 mm Länge zu schabende Fläche ist

$$4,8 \cdot \pi \cdot 10 = 150,7 \text{ cm}^2.$$

Die dazu benötigte Zeit beträgt nach der Zeitaufnahme 120 Min. Es kommen also für 1 cm^2 $\frac{120}{150,7} = 0,8 \text{ Min.}$ in Frage.

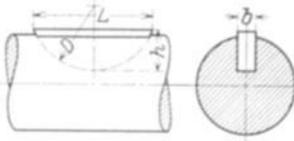
Diese Rechnung wird nun bei allen denjenigen Lagergrößen durchgeführt, für deren Einschaben durch Zeitaufnahmen Zeitwerte gefunden sind. Auf diese Weise ergibt sich dann allmählich ein Durchschnittswert für das Einschaben eines Quadratcentimeters, den man zur Berechnung für die übrigen Lagergrößen benutzen kann.

Auf ähnliche Weise sind die Zeiten für das Auffedern der Riemenscheiben und für das Einpassen der Scheibenfedern gefunden; siehe Abb. 2 und 3.



Serie	3 × 3	4 × 4	5 × 5	6 × 6	6 × 8
Länge in mm	Zeit in Minuten				
8	12	—	—	—	—
10	12	13	14	16	—
12	13	14	15	17	—
14	13	14	15	16	17
16	14	15	16	17	18
18	14	15	16	17	18
21	15	16	17	18	19
24	15	16	17	18	19
28	16	17	18	19	20
32	—	17	19	20	21
40	—	18	20	21	22
50	—	19	21	22	23
60	—	20	22	23	24*

Abb. 2. Zeiten für das Auffedern von Riemen- oder Stufenscheiben.

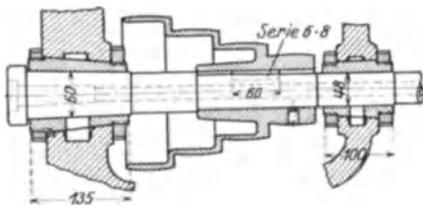


Breite b × Höhe h	L	D	Min.	Breite b × Höhe h	L	D	Min.
2 × 5,5	12,85	13	5,0	5 × 11	24,82	25	6,1
3 × 5,5				6 × 11			
4 × 5,5				7 × 11			
3 × 7	15,87	16	5,2	6 × 12	27,71	28	6,4
4 × 7				7 × 12			
5 × 7				8 × 12			
3 × 8	18,76	19	5,5	6 × 14	31,75	32	6,7
4 × 8				7 × 14			
5 × 8				8 × 14			
4 × 9,5	21,79	22	5,8	7 × 15	37,15	38	7
5 × 9,5				8 × 15			
6 × 9,5				9 × 15			

Abb. 3. Zeiten für das Einpassen von Scheibenfedern.

2. Zusammenbau eines Spindelkastens.

Wenn auch die wenigen Hinweise keinen Anspruch auf Ausführlichkeit haben, so stellen sie doch immerhin einen Wegweiser dar, der dazu dienen soll, für das Gebiet der Zusammenbauarbeit Berechnungsunterlagen für die hauptsächlichsten Arbeitsvorgänge in systematischer Form zu bilden. Es sei nun an einem Beispiel gezeigt, wie sich die Bildung solcher Tafeln für die Kalkulation einer Montagearbeit auswirkt.



Pos.	Montage des Spindelkastens	Zeit in Minuten	
1	Mitnehmer nach Lehre passend feilen, Mitnehmer und Nuten entgraten	40	
2	Ständerkanten entgraten	40	
3	4 Lagermutterflächen anschaben, à 20 Minuten . .	80	
4	2 Nuten für die Haltestifte der Lagerbuchsen einfeilen	16	
5	Filz und Fiber sowie 1 Stift im Vorderlager einpassen	20	
6	Filz und Fiber sowie 1 Stift im Hinterlager einpassen	20	
7	} Arbeitspinsel einschaben {	Vorderlager einschaben *	202
8		Hinterlager einschaben *	120
9	Stufenscheibe auffedern	24	
10	4 Lagermuttern entgraten	8	
11	Spindelkasten montieren und einlaufen lassen . . .	60	
Summa Minuten		630	

Abb. 4. Aufnahme eines Montage-Vorganges.

Es soll ein einfacher Spindelkasten laut Abb. 4 montiert werden. Zur Berechnung der Arbeitszeit wird, wie bei der mechanischen Fertigung, der Arbeitsgang in Arbeitsstufen zerlegt, die natürlich einen größeren Umfang haben als bei der mechanischen Fertigung. Die Arbeitsstufen sind in der Tafel unter der Abb. 4 angegeben. Die Zeiten, die für die Ausführung der einzelnen Arbeitsstufen angegeben sind, sind zum großen Teil aus ähnlichen Tafeln, wie sie die Abb. 1—3 darstellen, entnommen; so z. B. ist dies geschehen für die Arbeitsstufen 1 und 3 bis 10. Diejenigen Zeiten, die aus den Abb. 1—3 stammen, sind dabei mit einem Kreuz angezeichnet, so daß man ihren Ursprung in diesen Berechnungsunterlagen verfolgen kann. Die beiden

übrigbleibenden Arbeitsstufen, für die keine Tafeln vorhanden sind, müssen dann eben geschätzt werden. Man sieht aber schon an diesem Beispiel, daß nur 100 Min. von der gesamten Arbeitszeit von 630 auf eine so ungenaue Weise ermittelt worden sind, während die Zeit für den Hauptteil der Arbeit, d. s. 85 vH, auf Grund von Berechnungsunterlagen gefunden ist. Das Beispiel möge zeigen, wie weit man in der kleinen Reihenfertigung bei der Bildung von Kalkulationsunterlagen für Montagezeiten gehen kann, um die Berechnungsmethode noch wirtschaftlich nennen zu können.

Über Handarbeitszeiten im Eisenbahnwagenbau, einschließlich Tischler-, Stellmacher- und Lackiererarbeiten.

I. Übersicht.

Von K. Gottwein.

Bei der Herstellung von Eisenbahnwagen fallen bei den erwachsenen Selbstkosten die Löhne ins Gewicht und bei letzteren sind die auf die Handarbeiten entfallenden Akkordbeträge mit einem hohen Vomhundertsatz beteiligt, wie unter II dieses Abschnittes, S. 118, dargelegt ist. Hieraus ergibt sich die Forderung nach einer möglichst zuverlässigen Ermittlung der Zeiten für die Handarbeit, die sich in diesem Falle auf verschiedene Gewerbe verteilt. Bei der Zeitermittlung müssen gleichzeitig die günstigsten Arbeitsbedingungen und Arbeitsverfahren festgestellt werden. Der Zeitbedarf von Handarbeiten am einzelnen Stück, die vorwiegend an der Werkbank ausgeführt werden — Bankarbeit — wird durch Zeitaufnahmen, Schätzen und Vergleich an Hand von Bezugszeiten, s. S. 132, ermittelt, während man bei verwickelten, weniger übersichtlichen Zusammenbauarbeiten vorwiegend auf organisatorische Maßnahmen angewiesen ist, vgl. z. B. S. 119. Zu den Zusammenbauarbeiten gehört z. B. der Aufbau des Untergestells der Wagen, einer Eisenkonstruktion, die aus Profileisen, Preßteilen und Blechen besteht, die durch Nieten und Schrauben verbunden sind. Diese Arbeiten werden durch Montagekolonnen ausgeführt. Das gleiche gilt für die Seiten- und Stirnwände, sowie für den Kasten- aufbau der Personenwagen. Bei letzteren sind die innere, rohe Holzausfütterung aufzubauen, der Fußboden zu legen und die Abteil-scheidewände und Seitengangwände aufzustellen; Arbeiten, die durch die Stellmacher ausgeführt werden. Die je nach der Wagenklasse mehr oder weniger feine Innenausstattung der Personenwagen wird hauptsächlich durch Tischler hergestellt und eingebaut, wobei, wie auch beim Lackieren der Wagen, die Handarbeit vorherrscht. Hier seien nur die Möglichkeiten der Ermittlung oder der Beurteilung der Arbeitszeit überblickt, während unter II und III bestimmte Beispiele gegeben werden.

A. Wagenzusammenbau.

Bei diesen Arbeiten trachtet man, den zunächst nach Erfahrungen geschätzten Zeitbedarf durch organisatorische Einrichtungen immer sicherer zu ermitteln. So werden bei der sorgfältigen Arbeitsvorbereitung die Bauvorgänge soweit als praktisch nötig unterteilt und dadurch dem Fachkalkulator die Schätzung erleichtert. Weiterhin kann durch eine scharfe Fristenkontrolle, die zunächst die Einhaltung der dem Besteller zugesagten Lieferfristen bezweckt, auch die Arbeitsgeschwindigkeit gehoben werden. Dies liegt daran, daß nicht nur die Gesamtlieferfrist des ganzen Auftrags, sondern auch die Einzellieferfristen für die Teile bzw. für die die Teile liefernden Werkstätten (Zubringerwerkstätten) vorgeschrieben und kontrolliert werden. Überdies erhält der Arbeiter durch den Zeitakkord einen Hinweis darüber, mit welchen Fertigstellungszeiten die Betriebsleitung rechnet. Eine weitere Kontrolle, die allerdings naheilt, ergibt sich dann, wenn man von Zeit zu Zeit den tatsächlichen Arbeitsfortschritt am Zusammenbau-Auftrag in vH des Gesamtarbeitsumfangs feststellt oder beurteilt. Die bis zu dem betreffenden Zeitpunkt zu dem Auftrag verbrauchte Zeit muß dann zur erwarteten Gesamtfertigungszeit in dem gleichen Verhältnis (vH-Satz) stehen. Trifft dies nicht zu, so ist entweder die Akkordzeit nicht richtig bemessen oder die Arbeit aus irgendwelchen Gründen nicht normal vorangeschritten. Die Beurteilung des Arbeitsfortschrittes gestaltet sich um so leichter, in je mehr Untergruppen der Zusammenbauauftrag zerlegt wurde.

B. Tischler- und Stellmacherarbeiten.

Bei der Holzfertigung seien nur die reinen Handarbeiten in Betracht gezogen¹. Hierbei ist wie bei der Maschinenbearbeitung der Unterschied zwischen Hartholz und Weichholz zu berücksichtigen; ebenso die sonstige Beschaffenheit des Holzes, d. h. ob dieses lang- oder kurzfasrig, astig oder astfrei ist usw. Bei der Stückbearbeitung auf der Werkbank (Bankarbeit) kommen bei der Tischlerei z. B. das Zurichten, Anreißen, Hobeln von Hand, das Nacharbeiten maschinell hergestellter Zapfen- und Lochstellen in Betracht; bei Zusammenbauarbeiten der Einbau von Wandbekleidungen, von Leistenwerk, Fenstern und Türen, der Aufbau von Regalen usw. Die Zusammenbauarbeiten werden je nach ihrem Umfang im Einzel- oder im Gruppenakkord ausgeführt.

Die Stellmacherei umfaßt die Holzarbeiten beim Bau von Karren, Last- und Kutschwagen, Kraftwagen, Eisenbahnwagen usw., wobei die Gruppenakkorde vorherrschen. Einzelakkorde kommen auch hier bei

¹ Bezüglich der Maschinenbearbeitung s. O. Beck: Die Stückzeitberechnung für Holzbearbeitungsmaschinen. Berlin: VDI-Verlag, 1926.

der Stückfertigung vor, so beim Zurichten, Anreißen, Hobeln von Hand, Verputzen, Stemmen, ferner bei kleinen Zusammenbauarbeiten, wie beim Zusammenfügen von Rädern, Kasten für Handwagen, Böcken, Leitern usw. Die praktisch nötige Arbeitszergliederung, wie auch die für die Tischlerei, ergibt sich aus den Beispielen unter II und III.

C. Lackiererarbeiten.

Auch hier überwiegt die Handarbeit. Gewöhnlich kommen bei einer vollständigen Lackierung folgende Arbeiten vor: Reinigen, Grundieren, Schleifgrund streichen, Spachteln, Grundschleifen, Ölfarbe streichen, schadhafte Spachtelstellen ausfleckeln und schleifen, Überzuglack streichen. Je nach den Anforderungen an die Sauberkeit, Haltbarkeit usw. ändert sich die Zahl der Arbeitsgänge. Außer von der Zahl der Arbeitsgänge bei dem zu lackierenden Gegenstand ist die Akkordzeit noch vom Werkstoff desselben abhängig — Holz, Eisenblech, Aluminiumblech usw. —, ferner von der zusammenhängenden Größe und der Form der einzelnen Flächen, d. h. ob diese eben, gewölbt, mit Leistenwerk oder Nietköpfen besetzt, durch Öffnungen unterbrochen sind usw. Auch vom Farbton ist der Zeitbedarf abhängig, da den verschiedenen Farben verschiedene Deckkraft und Streichfähigkeit zukommt. Der letzteren Eigenschaft ist auch bei Lacken und bei der Spachtelmasse Aufmerksamkeit zu schenken. Der Zeitbedarf für das Lackieren kleinerer Teile wird zweckmäßig auf das Stück bezogen; bei größeren Flächen, wie sie bei Eisenbahnwagen vorkommen, rechnet man gewöhnlich nach Quadratmetern, beim Ziehen von Strichen, bei der Bearbeitung von Friesen usw. nach dem laufenden Meter. Hierdurch ergibt sich von selbst eine Gliederung der Arbeiten für die Zeitermittlung. Die Einrichtezeit, zu der z. B. das Aufstellen von Rüstbrettern gehört, wird gesondert festgelegt. Für die sachlichen und persönlichen Verlustzeiten dürfte je nach den Arbeitsbedingungen ein Zuschlag von 10 bis 15 vH zur Grundzeit anzuwenden sein. Bei Neuausführungen größeren Umfangs muß die Verlustzeit jeweils aufs neue an Hand von Beobachtungen oder von Probearbeiten ermittelt werden.

II. Organisatorische Maßnahmen beim Zusammenbau an Hand von Beispielen.

Von G. Laufs.

Wie schon unter I erwähnt, entfällt im Eisenbahnwagenbau der größere Teil der Löhne auf die Handarbeiten. So bewegte sich in einigen bestimmten Fällen der Anteil der Handarbeit am Gesamtakkord bei 4-achsigen Personenwagen eiserner Bauart, ferner bei Post-

wagen und bei Straßenbahnwagen zwischen 70 und 75 vH des Gesamtakkordes je nach der Art der Ausstattung der Wagen. Die werkstattweise Ermittlung der Höhe der Handarbeit ergab in ähnlichen Fällen in der Stellmacherei einen Anteil der Handarbeit am Akkord von 70 bis 75 vH, in der Tischlerei von 75 bis 80 vH.

Anschließend seien verschiedene Beispiele besprochen :

A. -Beispiele über Zusammenbau.

Abb. 1 und 2 zeigen die Reihenfertigung eiserner D-Zug-Wagenrohbauten.



Abb. 1. Reihenfertigung eiserner D-Zug-Wagenrohbauten.

An Abb. 1 erkennt man im Vordergrund den gesondert durchgeführten Seitenwandbau. Bei der hier vorhandenen Werkstattanlage hat sich gezeigt, daß der Zusammenbau bei wagerechter Lage der Wände auf leicht für die verschiedenen Wandabmessungen verstellbaren Montagerahmen am einfachsten und billigsten ist.

Aus Abb. 2 sind diese Montagerahmen näher ersichtlich. Der äußere Langträger, der Obergurt und die Säulen sind montagefertig auf die Rahmen aufgelegt. Damit die Seitenwand die zwecks Verhütung

späterer Durchbiegung notwendige und richtige Sprengung erhält, ist der Langträger durch Anschläge, die mittels Schrauben genau einstellbar sind, befestigt. Abb. 1 zeigt vorn fertig beblechte und ausgenietete, also montagebereite Wände, in der Mitte fertig genietete Wandgerippe, an welche die Blechbekleidung angebracht wird; im Hintergrund erscheinen vollständige Rohbauten. Die fertigen Seitenwände werden mittels Kran vom Montagerahmen gehoben und an das

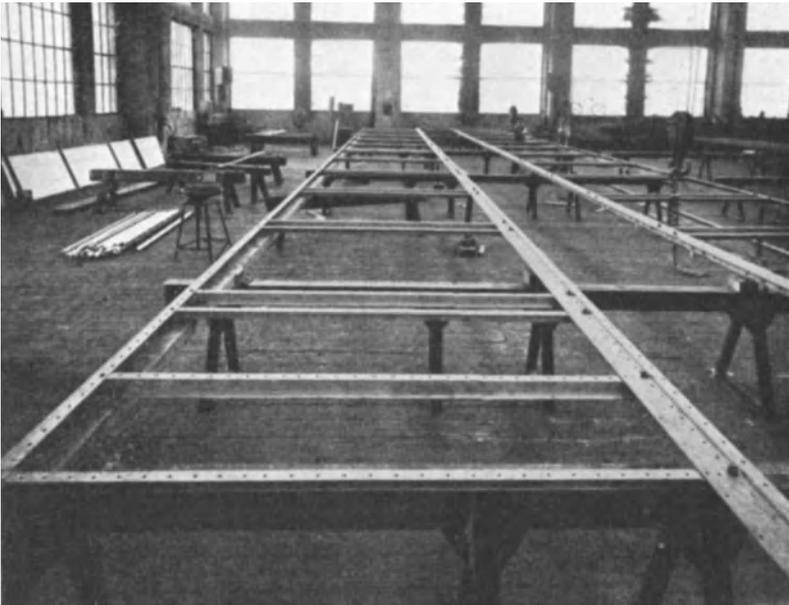


Abb. 2. Montagerahmen für eine eiserne Seitenwand.

Untergestell durch Schrauben angeheftet, eine Arbeit, die in etwa $\frac{1}{2}$ Stunde beendet ist. Nach erfolgtem Anhängen der Seiten- und der ebenfalls getrennt hergestellten Stirnwände werden dieselben mit Lang- und Kopfträger fest vernietet. Nachdem die Dachspriegel angebracht worden sind, ist der Eisenrohbau fertig und wird zwecks Einholzung der Stellmacherei zugeführt. Der Gesamteindruck der aus Abb. 1 ersichtlichen Wand- und Rohbaumontage ist der großer Übersichtlichkeit und Ordnung.

Abb. 3 zeigt, wie weit man mit der Arbeitszergliederung gehen kann. Sie betrifft die Seitenwand und den Kastenrohbau hölzerner Auslands-D-Zugwagen. Bei eisernen Wagen ist der Teilzusammenbau einfacher, weil der Werkstoff, das Eisen, kaum noch wesentlichen Ver-

änderungen durch Kälte, Nässe oder Wärme unterworfen ist. Bei Holz dagegen ist die Möglichkeit von Veränderungen während des Baues sehr groß. Trotzdem wurden die Einzelteile, wie Seitenwände, Dächer usw., in getrennter Bauweise hergestellt und der Kastenrohbau ähnlich wie bei den eisernen Wagen durch Anhängen der fertigen Wandteile usw. aufgebaut.

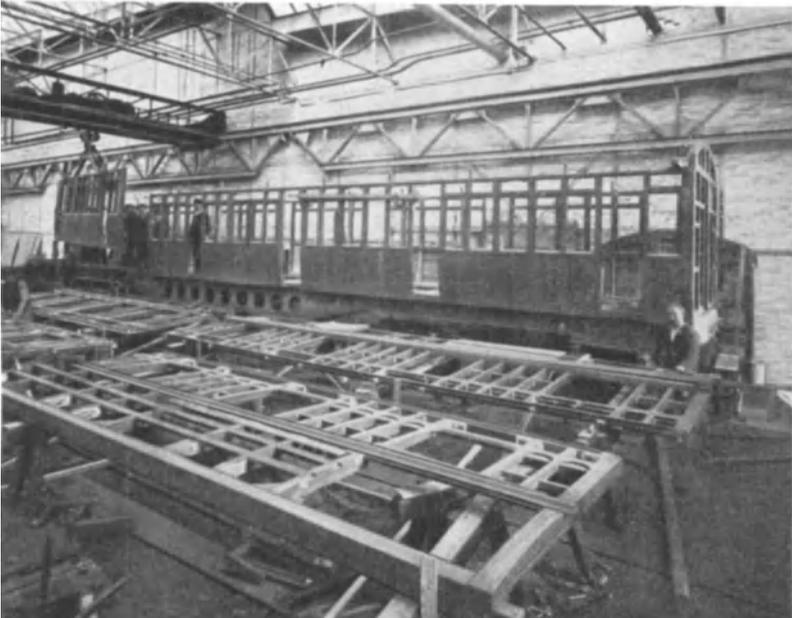


Abb. 3. Seitenwand- und Kastenrohbau hölzerner Auslands-D-Zugwagen.

Abb. 4 gibt als Beispiel für eiserne Wände eines D-Zugwagens an, welche Anteile des Gesamtakkords auf Maschinen- und welche auf Handarbeit kommen. Wie ersichtlich, fallen auf die Maschinenarbeit nur rd. 18 vH, also auf Handarbeit 82 vH der Lohnkosten. Je nach dem Umfang der Serie werden die Wände für etwa 6 Wagen, d. i. 12 Wände, nebeneinander aufgelegt. An dem Zusammenbau der Eisengerippe arbeiten 2 Montagegruppen zu je 3 Mann. Die Nietarbeit geschieht durch 3 Kolonnen zu je 3 Mann mit einem Vorarbeiter als Führer. 6 bis 8 Klempner führen die Beblechung aus. Bei dieser Einteilung dauert die Herstellung einer fertigen Wand etwa 6 Arbeitstage vom Tage des Auflegens auf den Montagerahmen an gerechnet.

Ein weiteres Beispiel für die Verbilligung der Handarbeit durch

geeignetes Zusammenbauverfahren gibt Abb. 5 für die Herstellung eines Daches von Straßenbahnwagen. Bisher baute man die Einzeldachteile, wie Spriegel, Holzverschalung, Dachabdeckung usw., gewöhnlich unmittelbar am Wagen an. Hierzu mußten um den Wagenkasten herum erst geeignete Rüstungen gebaut werden, damit die Dachmonteure bequem und sicher arbeiten konnten. Nach dem aus Abb. 5 ersichtlichen Verfahren stellt man das vollständige Dach für sich fix und fertig auf entsprechenden Montagegerahmen zusammen und setzt es sodann auf die Kasten auf. Durch diese bequemere und übersichtlichere Bauweise konnten die Akkorde, die in diesem Falle reinen Handarbeiten entsprechen, um ~ 25 vH gegen früher herabgesetzt werden.

Zeiten für die Vorbereitung					Zeiten für Montage-Handarbeiten				
Gerippe			Beeblechung		Gerippe	Std.	Beeblechung	Std.	
Bearbeitung durch Maschine	Std.	Bearbeitung von Hand	Std.	Bearbeitung von Hand					Std.
Sägen	10,0	Säulen u. Riegel Querverbindung anpassen . . .	128,0	Bleche walzen	20,0	Zusammenbau und Blechverkleidung aufnieten . . .	330,0	Ober- u. Unterbaubleche anpassen, anheften, ausrichten .	195,0
Hobeln	7,5	Deckrahmen richten	26,0	Bleche entzndern	36,0	Schweißarb.	10,0	Bleche schweißen .	25,0
Bohren	100,4	dgl. biegen	25,0	Bleche schneiden	3,0	Bohrarbeit durch Handbohrmasch.	11,5	Bleche am Gerippe durchbohren	43,5
Entzndern	3,8	Panzerleisten richten, ausklinken.	10,0						
	121,7		189,0		59,0		351,5		263,5
					Akkordzeit durch Maschinenarbeit: 180,7 Std. = ~ 18 vH Akkordzeit durch Handarbeit: 996 " = ~ 82 vH Gesamtakkordzeit für 1 Wagen = 2 Wände: 1176,7 Std. Tatsächlich geleistete Arbeitszeit bei ca. 40 vH Überverdienst 706 Std.				

Abb. 4. Akkordzeiten für 2 Stück Seitenwände eines vierachs. D-Wagens I. Kl., eiserne Bauart.

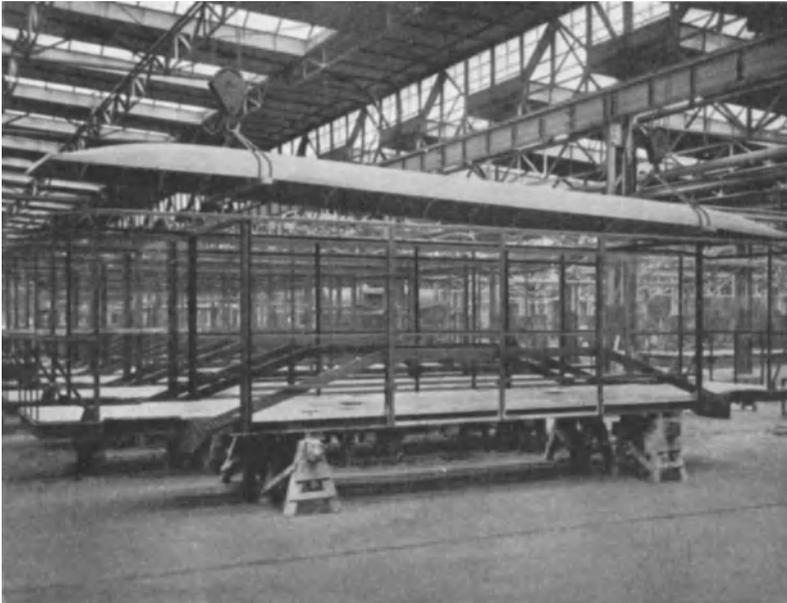


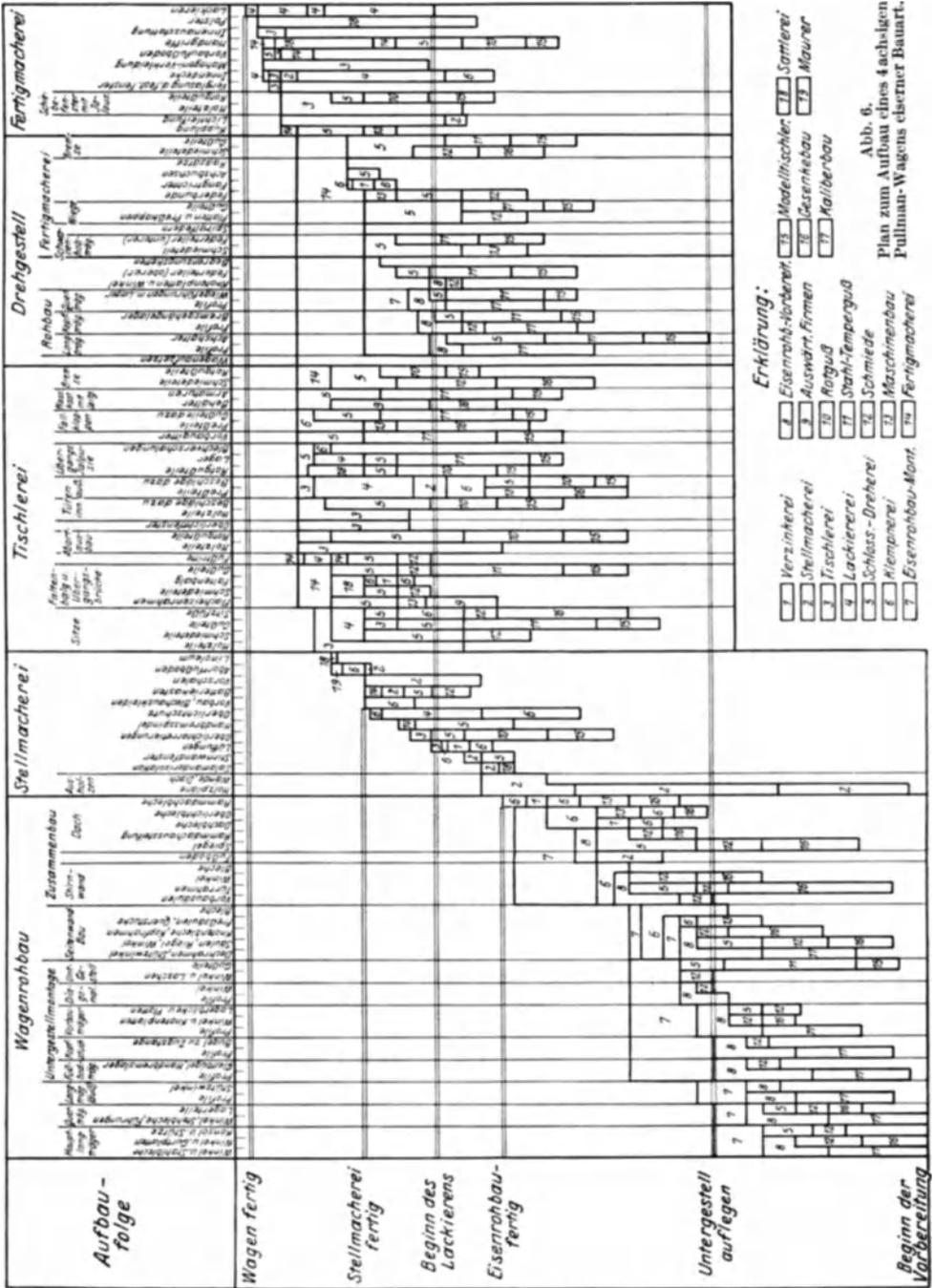
Abb. 5. Herstellung eines Daches von Straßenbahnwagen.

B. Organisatorische Maßnahmen für die Zeitermittlung.

Wie bereits S. 16 und S. 113 erwähnt, muß der Arbeiter durch scharfe Fristenkontrolle in gewissem Maße an die Zeit gebunden werden. In einem graphischen Aufbauplan, Abb. 6, sind zu diesem Zweck die Lieferzeiten eines Wagens sowohl für die Hauptabschnitte als auch für sämtliche Einzelteile festgelegt. Es handelt sich um einen 4-achsigen Pullman-Wagen I. Klasse, eiserner Bauart.

Auf der Senkrechten sind die Bauzeiten bzw. Fertigstellungszeiten aufgetragen. Besonders herausgehoben sind dabei die Hauptabschnitte, wie Beginn der Vorbereitung, Auflegen des Untergestelles, Fertigstellung des Eisenrohbaues, Beginn der Lackierung, Erledigung der Stellmacherarbeit, endlich Fertigstellung des ganzen Wagens. Als Zeitmaßstab kann z. B. 1 mm = 3 Tage angenommen werden.

Auf der Wagerechten sind alle Gesamt- und Einzelleistungen nach Werkstätten getrennt angegeben. In der Abb. 6 sind die an der Teilerstellung beteiligten Werkstätten, wie Tischlerei, Klempnerei, Sattlerei usw., durch Zahlen, im Betriebsplan meist außerdem durch verschiedene Farben kenntlich gemacht. Soll z. B. Baubeginn und Arbeitsdauer für die Seitenwandeinzelteile festgelegt werden, so geht man von einem der Hauptzeitpunkte, wie Wagenfertigung



oder Vorbereitungsbeginn, aus und findet für alle Einzelteile wie Deckrahmen, Säulen, Bleche usw. den Arbeitsbeginn und die Fertigungsdauer in den einzelnen Werkstätten. Man errechnet so, wann beispielsweise mit der Schmiedebearbeitung der Säulen begonnen werden muß, wann diese Arbeit beendet ist oder auch wann und in welcher Zeit die Gesenke herzustellen sind.

Abb. 7 zeigt den wesentlich einfacheren Aufbauplan eines 2-achsigen bedeckten Güterwagens mit Hand- und Kunze-Knorrbremse.

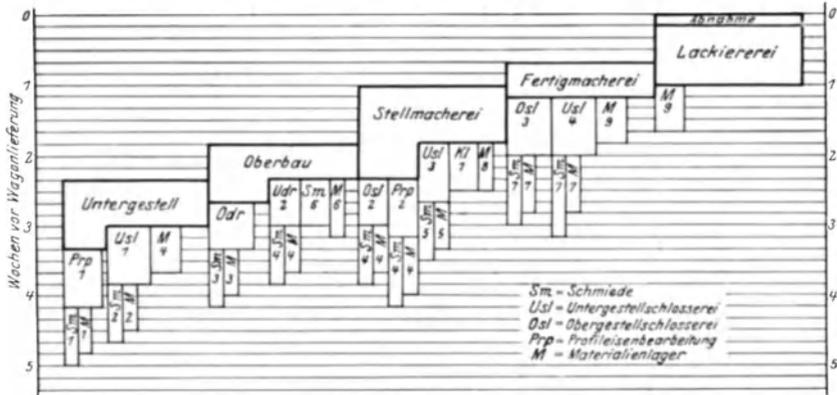


Abb. 7. Aufbauplan eines zweiachsigen großräumigen bedeckten Güterwagens mit Hand- u. K.-K.-Bremse.

Die Kenntnis des Arbeitsbeginns für jedes einzelne Stück ermöglicht es auch, dem Konstruktionsbureau genaue Angaben über die Zeichnungsbefreiung zu machen, so daß auch dieses seine Arbeiten entsprechend einteilen kann. Abb. 8 zeigt eine derartige Zeichnungslieferkurve. Auf der Senkrechten sind die Hauptzeichnungen nach Vorbereitung und allgemeinen Zeichnungen getrennt angegeben. Die wagerechte Einteilung gibt die Bauwochen vor Fertigstellung des ersten Wagens an. Auch hier sind wieder die Haupt-Bauunterzeiten, wie Auflegen des Untergestelles, Fertigstellung des Eisenrohbaues usw., besonders hervorgehoben.

Ähnlich ist die Materiallieferungskurve (Linienzug) Abb. 9 eingeteilt, nur treten an Stelle der Zeichnungsbenennung die Hauptwerkstoffe. Aber bei größeren Serien, deren Bau und Ablieferung sich über viele Monate hin erstreckt, ist dem Einkauf mit dieser sich nur auf einen Wagen beziehenden Materiallieferungskurve nicht gedient. Einmal wird es dem Einkauf nicht möglich sein, bei Serien das für den Gesamtauftrag notwendige Material zu den für den ersten Wagen nötigen Fristen heranzuschaffen, andererseits wäre dies auch in wirtschaftlicher Hinsicht verfehlt, da das Material für die weiteren Wagen viel zu früh einginge

und bezahlt werden müßte, wodurch eine Kapitalbindung und ein nicht zu rechtfertigender Zinsendienst eintreten würde. Der Einkauf muß daher außer der Lieferkurve für den ersten Wagen, aus der er das zeitliche Verhältnis der einzelnen Materiallieferungen zueinander ersieht,

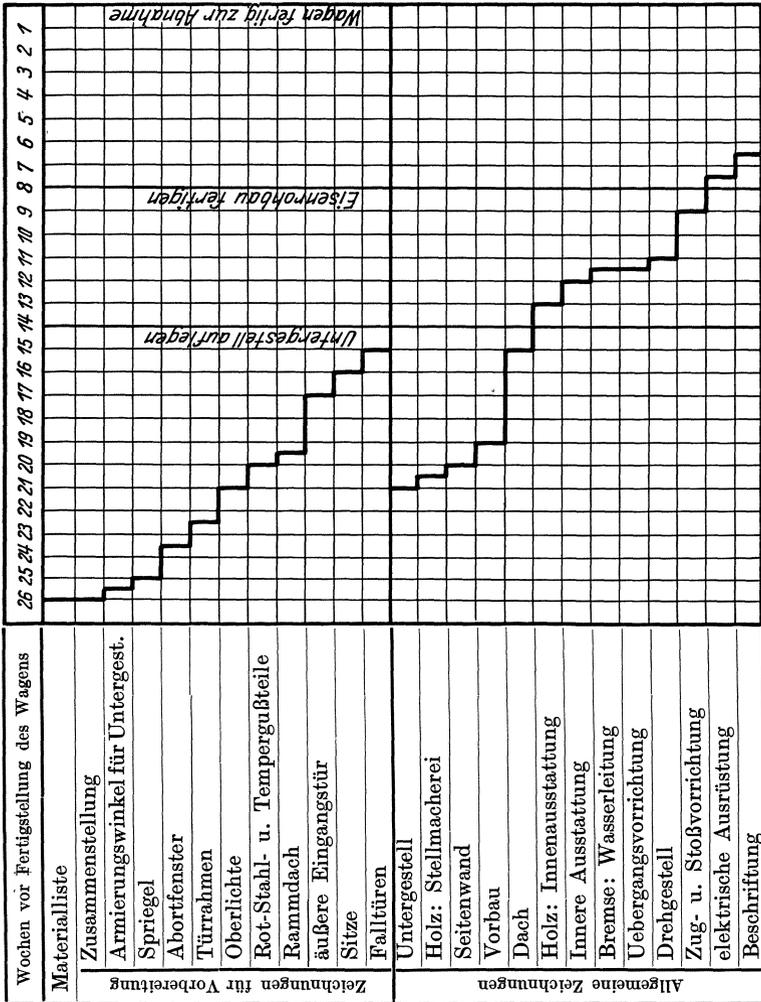


Abb. 8. Zeichnungsbefieferungskurve nach dem Aufbauplan der Pullman-Wagen I. Kl., eiserne Bauart.

noch Unterlagen erhalten, aus denen er die Werkstoff-Lieferfristen für die ganze Serie ersieht. Letzteren Linienzug zeigt Abb. 10.

Die die gesamte Lieferung eines Auftrages betreffenden Linienzüge Abb. 10 sind wieder nach den Hauptunterzeiten, wie Baubeginn, Eisenrohbaufertigstellung, Endlieferung usw., unterteilt. Die Wage-

rechte gibt den Zeitverlauf an, die Senkrechte die Wagenanzahl des Auftrages. Man kann also für jeden einzelnen Wagen eines Auftrages die Lieferfrist, unterteilt nach Hauptbauabschnitten, ablesen; z. B. für Wagen Nr. 35 unseres Beispiels: Beginn der Vorbereitung (Kurve 1)

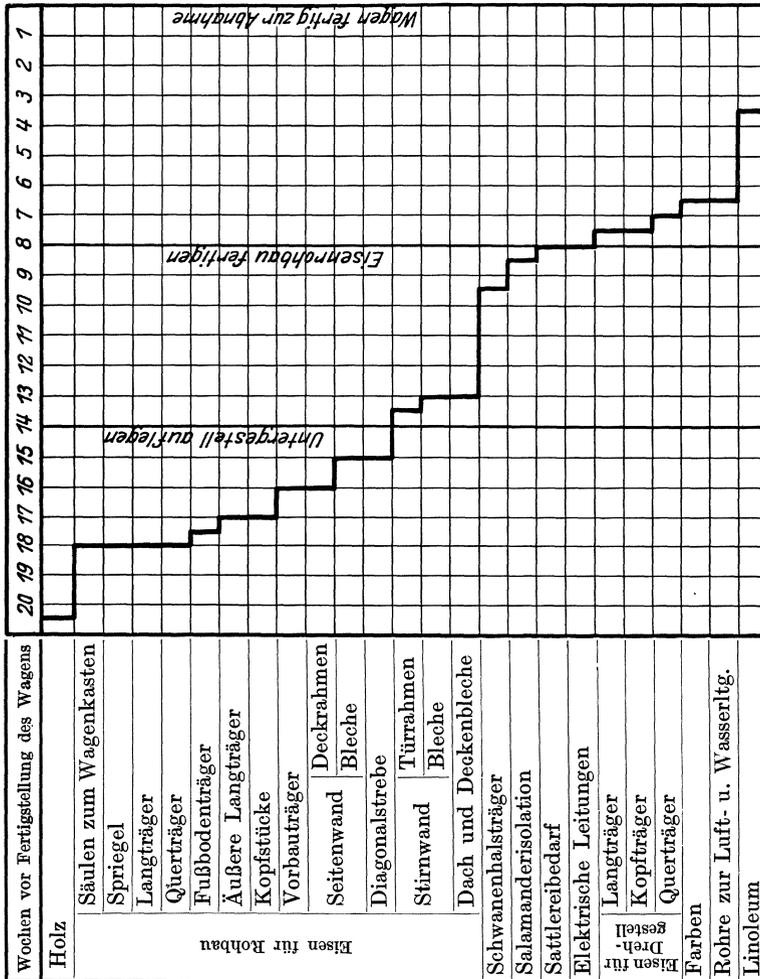


Abb. 9. Materiallieferungskurve nach dem Aufbauplan der Pullman-Wagen I. Kl., eiserne Bauart.

18. September, Eisenrohbaulieferung (Kurve 3) 18. Dezember usw. Für die Werkstatt sind die Kurven der einzelnen Bauabschnitte (Kurve 1 bis 5) der besseren Übersicht wegen durch verschiedene Farben kenntlich gemacht. Nach den Gesamtlieferplänen nach Abb. 10, die sowohl Einkauf wie Konstruktionsbureau erhalten, kann der Kauf-

mann die Lieferzeitunterteilung seiner Materialien vornehmen, da ihm von jedem Wagen der Baubeginn, die Hauptbauabschnitte und die Gesamtlieferfrist bekannt sind.

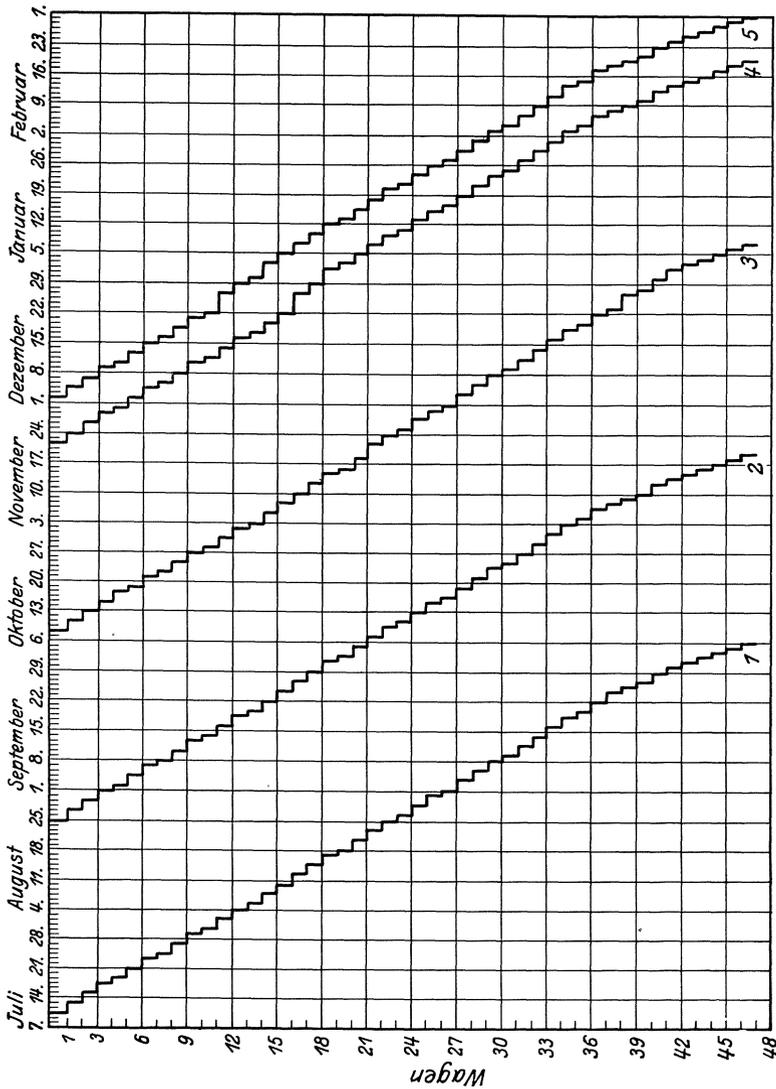


Abb. 10. Aufbaufolge für 47 Pullman-Wagen I. Kl., eiserne Bauart.

Unter Umständen erweist es sich als zweckmäßig, der Werkstatt nicht unmittelbar die Linienzüge an die Hand zu geben, sondern hier-nach Werkstatt-Lieferkarten für die Einzelteile auszuarbeiten. Der Gang der Fristenkontrolle ist dann folgender :

1. Erfassung der Lieferfristen aller Einzelteile im Terminbureau an Hand der Zeichnungen. Aufteilung der Fristen nach Werkstätten und Hauptbauteilen und Darstellung in entsprechenden Kurven (Linienzüge).

2. Aufstellung von Werkstattlieferkarten auf Grund der Einzelteilkurven (Einzelteillinienzüge).

3. Kontrollkurven des Terminbureaus für die richtige Fertigstellung der Einzelteile auf Grund der Lieferkarten, die nach Fertigstellung des Einzelteiles ins Terminbureau zurückkehren.

Abb. 11 und 12 zeigen Kontroll-Lieferkurven (Terminkurven) für Einzelteile. Auf der Wagerechten ist wieder der Zeitverlauf angegeben, auf der Senkrechten sind die Einzelteile aufgeführt. Abb. 11 zeigt die Kurve sämtlicher Drehgestell-Schmiedeteile. Die Lieferfristen sind dem Gesamtlieferplan entnommen. Die 47 Wagen unseres Beispiels sind in 9 Teillieferungen zu 8mal 5 und 1mal 7 Wagen unterteilt. Die Teile, deren Lieferung zeitlich zusammenfällt, sind unter einer besonderen Gruppe, die durch eine Zahl gekennzeichnet ist, zusammengefaßt. So gehören beispielsweise Achshalterstege und Mittelträger zu Gruppe 2, Zugstangen und Bremsgehängebügel zu Gruppe 10 usw. Wie die Kurve zeigt, muß Gruppe 2 für Lieferung 6 (also bis Wagen 30) am 8. Dezember von der Schmiede erledigt sein, die Teile der Gruppe 10 für Lieferung 8 (also bis Wagen 40) am 12. Januar.

Neben den Einzelfristenlinien ist zur besseren Übersicht des Terminbureaus nochmals eine Bauzeitkurve der einzelnen Zahlengruppen vorgesehen, und zwar rechnet man bei dieser Darstellung nach Wochen vor Ablieferung. Aus Abb. 11 ersieht man, daß z. B. mit der Schmiedebearbeitung der Teile der Gruppe 10 rd. 7 Wochen vor Wagenlieferung begonnen werden muß. Die Arbeitsdauer für diese Stücke ist mit 2 Wochen festgelegt. Aus Abb. 12, Terminkurve für die Drehgestellteile der Schlosserei und Dreherei, ersieht man ferner, daß die zur Gruppe 10 gehörenden Teile 5 Wochen vor Wagenlieferung in der entsprechenden Bearbeitungswerkstatt sein müssen, und daß die Bearbeitungsdauer 2 Wochen beträgt.

Wie bereits erwähnt, erhalten die Werkstätten und die Meister keine Kurven, sondern Lieferkarten. So sind in der Lieferkarte Nr. 10 der Abt. Sm für Abt. Sl, s. Abb. 13, die Teile der aus Abb. 11 ersichtlichen Gruppe 10 aufgeführt. Die auf der Karte angegebenen Teile und Stückzahlen sind 5mal auszuführen, und zwar bis 8. Dezember 1923. Insgesamt sind nach Auslieferung der in Karte Nr. 10, Abb. 13, angegebenen Teile die Arbeiten für 25 Wagen erledigt. Die Abt. Sl (Schlosserei) hat bereits eine entsprechend befristete Lieferkarte für die Weiterverarbeitung vorliegen.

Der Kartenlauf wird vom Terminbureau an Hand von Linienzügen kontrolliert. Ist Lieferkarte Nr. 10 am 8. Dezember noch nicht im

Lieferkarte der Abteilung *Sm* für Abt. *Sl*

Auftrag	Karte Nr. 10	bis Wagen	Angeg. Stückzahl ist auszuführen	Auslieferung der Werkstücke und Kartenrückgabe
5240	der Gruppe E	Nr. 25	5 ×	bis 8. 12. 23
Stück f. 1 Wagen	Benennung		Zeichn. oder Lager-Nr.	von Werkstatt sind geliefert
16	<i>Bremsgehängebügel</i>		<i>D 104/14449</i>	
16	<i>Bremsgehängelager</i>		„	
16	<i>Knotenbleche</i>		„	
16	<i>Verbindungswinkel</i>		„	
16	<i>Bremsgehänge, lang</i>		„	
16	<i>dto. kurz</i>		„	
32	<i>Hebellaschen</i>		<i>C 105/14501</i>	
16	<i>Hebel zu Bremsklotz</i>		„	
8	<i>Hebelverbindungsstangen</i>		„	
4	<i>Zugstangen</i>		„	
8	<i>Querstangen</i>		„	
16	<i>Zugstangen</i>		„	
4	<i>Stangen für Festpunkt</i>		„	
4	<i>Zugstangen</i>		„	
16	<i>Keile zu Bremsklotz</i>		<i>C 104/14372</i>	

Abb. 13. Lieferkarte für die Werkstätten und Meister.

Terminbureau eingegangen, so schickt dieses dem Betrieb einen Mahnzettel. Abb. 14 zeigt einen Kartenlaufplan für den Drehgestellbau.

Die Wirkung der Kontrolle liegt einmal in dem sofortigen Erkennen einer Störung durch Nicht- oder Späterlieferung und damit in der Möglichkeit, rechtzeitig einzugreifen, zum anderen aber in dem Zwang der Werkstätten, die Lieferfristen zu beachten. Der Meister sieht alle seine Lieferzeiten erfaßt und kontrolliert. Er bleibt daher bemüht, diese Zeiten einzuhalten, da er sich andernfalls der Betriebsleitung gegenüber verantworten muß. Hat er irgendwelche Behinderungen, die der rechtzeitigen Erledigung der Lieferkarte entgegenstehen, so muß er sich zu diesen baldigst äußern. Die Betriebsleitung kann dann durch Doppelschichten, Überzeitarbeit, Einstellung weiterer Bearbeitungsmaschinen usw. die Lieferzeitüberschreitung so weit als möglich eindämmen.

Diese Maßnahmen wirken natürlich auf das Arbeitstempo der Werkstatt günstig ein, so daß man bei einer gleichartigen Fertigung, die ohne besondere Störungen verläuft, schließlich annehmen darf, daß die tatsächlich für bestimmte Arbeiten gebrauchte Zeit auch dem richtigen Zeitbedarf entspricht. Eine weitere Kontrolle des Zeitbedarfs bieten zeitweilige Erhebungen über den Arbeitsfortschritt (Akkordzwischenbilanzen), vgl. S. 113.

dickten verleimt und auf einer hydraulischen Sonderfurnierpresse zusammengepreßt.

a) Bankarbeit: Anfertigung der Decken.

b) Zusammenbauarbeit: Einpassen der fertigen Decken im Wagen und Befestigung.

Gruppe 2: Gesamtes Leistenwerk an der Innendecke, in den Abteilen, im Seitengang, in den Vorbauten, im Abort.

a) Bankarbeit: Ausschleifen und polieren.

b) Zusammenbauarbeit: Befestigung der Leisten im Wagen.

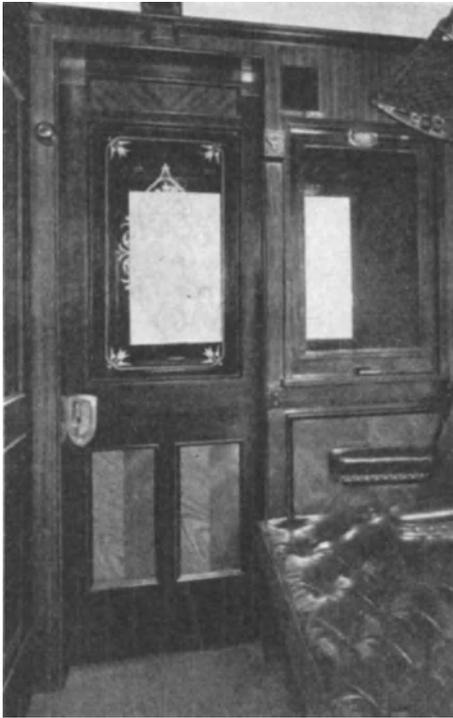


Abb. 15. Abteil-Schiebetür.

Gruppe 3: Innere Wandbekleidung ober- und unterhalb der Fenster in den Abteilen, im Seitengang und in den Vorbauten.

a) Bankarbeit: Aus verschiedenen Dickten verleimen, pressen und polieren.

b) Zusammenbauarbeit: Einpassen im Wagen und befestigen.

Gruppe 4: Fenster mit Zubehör, bestehend aus Fenster, Fensterbrüstungsleisten, Druckrahmen, Reinigungsklappen und Jalousien.

a) Bankarbeit: Einzelteile anfertigen und zum Stück zusammensetzen, polieren.

b) Zusammenbauarbeit: Einpassen im Wagen, einbauen und befestigen.

Gruppe 5: Türen, bestehend aus Eingangstüren, Seitengang- und Abteiltüren, Aborttüren.

a) Bankarbeit: Einzelteile anfertigen und zum Stück zusammensetzen, polieren.

b) Zusammenbauarbeit: Einpassen im Wagen, Türbeschlag anbringen und Türen hängen.

Gruppe 6: Aborteinrichtung, bestehend aus Abortsitzen, Waschvorrichtung, Schränkchen für Wäsche u. dgl.

- a) Bankarbeit: Anfertigung der Einzelteile und polieren.
 b) Zusammenbauarbeit: Anpassen, Beschlag anbringen und einbauen.

Gruppe 7: Sitze in den Abteilen.

- a) Bankarbeit: Anfertigen und polieren.
 b) Zusammenbauarbeit: Anpassen, einbauen und befestigen.

Gruppe 8: Allgemeine Arbeiten wie Holzunterlagen für Beleuchtungskörper, für Heizung, Bremse, Gepäcknetze usw.

- a) Bankarbeit: Anfertigen und polieren.
 b) Zusammenbauarbeit: Einbauen.

Die Unterteilung eines Einzelstückes nach Arbeitsvorgängen zeigt nachfolgende Kalkulation einer aus Mahagoni bestehenden polierten Abteil-Schiebetür; s. Abb. 15. Bezüglich weiterer Einzelbeispiele sei auf Abschnitt III verwiesen.

a) Hand- und Bankarbeit:

Tür anreißen und verleimen	0,95	Akkordstunden
Untere Füllung verleimen.	0,26	„
Obere „ „	0,17	„
Blindfurnier zusammensetzen	0,90	„
Mahagoni-Furnier „	1,20	„
Furnier abstiften.	0,05	„
Türen abzahnen	1,20	„
Blindfurniere ausschneiden und bekleben	0,55	„
Mahagoni-Furnier Fugen leimen	0,25	„
Kanten in Mahagoniholz anleimen	0,75	„
Türrahmen mit Mahagoni furnieren	1,20	„
Furnier beschneiden	1,10	„
Füllungen mit Mahagoni furnieren (unten)	0,70	„
„ „ „ „ (oben)	0,45	„
„ 2 × polieren (unten)	0,60	„
„ 2 × „ (oben).	0,36	„
Türen Fälze nachstemmen	2,00	„
„ Kanten sauber machen	1,00	„
Türrahmen beizen und 3 × einschl. Kanten polieren . .	11,50	„
Türen Kehlstöße einkröpfen.	6,00	„

b) Zusammenbauarbeit:

Türen im Wagen einpassen, Türbeschlag anpassen und anbringen	12,50	„
Türbeschlagteile, wie Schloß, Drücker usw., zwecks Aufpolierung der Tür soweit erforderlich wieder abschrauben und an Tür nach erfolgtem Aufpolieren wieder anschrauben	2,50	„
Gesamte für die Anfertigung und den Zusammenbau einer Tür aufzuwendende Handarbeit	46,19	Akkordstunden

und zwar sind von dieser Zeit

31,19 Stunden oder 67 vH reine Bank- oder Werkstattarbeit und
 15,— „ „ 33 vH reine Zusammenbauarbeit.

Eine derartige Arbeitszergliederung erleichtert dem Akkordbureau die Bestandaufnahme der tatsächlich geleisteten Arbeit, deren Ergebnis mit den Angaben des Arbeiters auf den Lohnzetteln verglichen wird.

III. Beispiele aus der Tischlerei, Stellmacherei, Lackiererei, Rohrleitungsschlosserei.

Von P. Bothe.

In Abschnitt I sind die Gesichtspunkte im allgemeinen aufgezählt, die bei der Zeitermittlung in der Tischlerei, Stellmacherei und Lackiererei in Betracht zu ziehen sind, so daß hier gleich zu Beispielen geschritten werden kann.

A. Tischler-Bankarbeiten.

1. Putzen von Leisten aus Kiefernholz.

Es sind maschinell gehobelte Leisten aus Kiefernholz von 50×20 mm im Querschnitt, s. Abb. 1, mit Ziehklinge und Glaspapier zu putzen. Die zu ermittelnden Zeiten erstrecken sich auf das



Abb. 1. Kieferne Holzleiste.

Auflegen und Einspannen,
Verputzen mit Ziehklinge,
Schleifen der Werkzeuge,
Nachputzen mit Glaspapier,
Ausspannen, Ablegen.

Bei jedem dieser Arbeitsvorgänge werden die Zeiten mittels Stoppuhr festgestellt, und zwar für je 1 lfd. m. Man findet, getrennt nach Haupt- und Nebenzeit:

Auflegen und einspannen		20 Sek.
Obere Fläche und Kante putzen	76 Sek.	
Abziehen	9 „	
Schleifen	50 „	
Ausspannen		10 „
Länge messen und winklig anreißen	27 „	
1 Ende winklig schneiden	26 „	
Von Länge schneiden	13 „	
Ausspannen, einspannen		15 „
1 Hirnfläche bestoßen, schleifen	37 „	
Ausspannen, einspannen		11 „
1 Hirnfläche bestoßen, schleifen	37 „	
Ausspannen, ablegen		6 „
	<hr/>	<hr/>
	275 Sek.	62 Sek.
	$t_h = 4,58 \text{ Min.}$	$t_n = 1,03 \text{ Min.}$
$t_h + t_n = (4,58 + 1,03) \text{ Min.} = \text{Grundzeit } t_g = 5,61 \text{ Min.}$		
15 vH als Verlustzeit		$= 0,84 \text{ „}$
Stückzeit t_{st}		<hr/>
		$= 6,45 \text{ Min.}$

Diese Stückzeit bildet die Bezugszeit für die Stückzeiten von Kiefernholzleisten von größeren oder kleineren Abmessungen. Beim Putzen einer Leiste von z. B. 3 m Länge wird gegenüber drei Leisten von je 1 m Länge das Putzen der End- oder Stirnflächen von zwei Leisten erspart. Ferner wird die für das Auf- und Ablegen der Leisten erforderliche Zeit bei einer Länge von 3 m im günstigsten Falle um $\sim \frac{2}{3}$ geringer als bei drei Leisten von je 1 m. Somit folgt die Stückzeit einer Leiste von 3 m Länge zu :

- 3 × der Stückzeit (Bezugszeit) für 1 m Leiste, vermindert um
- 2 × die Zeit für die Bearbeitung der Endflächen, und
- 2 × der Zeit für das Auf- und Ablegen.

Die Stückzeit einer Leiste von 1 m Länge ist also mit Rücksicht auf die Berechnung größerer Längen zu unterteilen in :

- a) Zeit für das Auf- und Ablegen,
- b) Zeit für die Bearbeitung der Endflächen,
- c) Zeit für die Bearbeitung der Längsflächen.

Da Leistenform und Holzart naturgemäß Einfluß auf die Höhe der Stückzeit haben, so müssen die Meterzeiten auch nach diesen Bedingungen gestuft werden.

2. Anfertigung einer Sitzbank mit Lattenbelag, Abb. 2.

Hierbei sei angenommen, daß die Einzelstückzeiten bereits ermittelt sind.

Die Bank besteht aus einem Gerippe, der Sitzschwinge und den Belagleisten; letztere werden mittels Holzschrauben befestigt. Die Zeit für das Zurichten

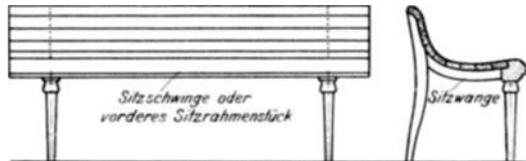


Abb. 2. Sitzbank mit Lattenbelag.

und Abreißen aus dem rohen Holze wird aus Normzeittabellen entnommen; sodann wird das Verputzen der Gerippeteile, der Beine, der Sitzschwingen und der Belagleisten nach dem vorstehend besprochenen Verfahren ermittelt. Für das Nacharbeiten und Verpassen der maschinell vorgearbeiteten Zapfen und Zapfenlöcher sind ebenfalls Zeiten festgelegt — runde Zapfen und Zapfenlöcher nach Durchmesser und Länge bzw. Tiefe, rechteckige nach Breite und Stärke bzw. Tiefe. Zur Befestigung der Belagleisten und der Sitzschwinge sind die Schraubenlöcher maschinell gebohrt, müssen aber für den Sitz des Schraubenkopfes noch mit der Hand aufgerieben werden. Hierfür bestehen Normzeiten für 100 Stück, die vom Durchmesser abhängig sind. Das Aufschauben wird nach der Anzahl der Schrauben bewertet.

Die Stückzeit für die Fertigung einer Sitzbank setzt sich also zusammen aus den Einzelstückzeiten für :

- Zurichten und abreißen,
- Verputzen,
- Zapfstellen nacharbeiten und zusammenpassen,
- Aufreiben der Schraubenlöcher,
- Aufschrauben der Belagplatten und der Sitzschwinge.

3. Fertigung einer Tür mit abgeplatteten Füllungen und Rahmenstücken (ohne Maschinenarbeit), Abb. 3.

Hierbei sind zu unterscheiden : rechteckige, dreieckige, halbrunde, runde, einseitige und doppelte, abgeplattete und gerade Füllungen.



Abb. 3. Tür mit Füllungen.

Die Arbeitsvorgänge sind : Gehobelte Bretter auf Fuge leimen und mittels Zwinde zusammenpressen (je 1 lfd. m), geleimte Füllungen nach Maß beschneiden (je 1 lfd. m), mit Hobel abschlichten und mit Glaspapier verputzen (je 1 m²).

Bei Fertigung von Füllungen in größerer Anzahl bildet jeder der angeführten Fertigungsvorgänge einen für sich abgeschlossenen Akkord. Bei geringer Anzahl ist die Teilfertigung nicht lohnend; an ihre Stelle tritt die Gesamtfertigung. Bezugszeit ist dann die Stückzeit für 1 m² Füllung, die wiederum auf Grund der Bezugszeiten für die Einzelarbeitsvorgänge zu errechnen ist.

Für das Verleimen der Zapfstellen an den Türrahmenstücken einschl. Einbringen der Füllungen sind die Zeiten je einer Tür zu ermitteln, und zwar nach Anzahl der Zapfstellen und Größe der Tür. Durch Aufnahme der Zeiten für einige nach Größe und Zahl der Zapfstellen verschiedene Türen schafft man sich Unterlagen zur Errechnung weiterer Türgrößen.

B. Tischler-Montagearbeiten.

Je nach Umfang werden diese Arbeiten im Einzel- oder im Gruppenakkord ausgeführt.

1. Leistenwerk einschneiden, anpassen, befestigen.

Die Verbindungsstellen eines Leistenwerkes können stumpf aneinanderliegend, überplattet, verzapft, auf Gehrung geschnitten oder gezinkt hergestellt sein. Die Art der Verbindungsstellen beeinflusst naturgemäß den Zeitbedarf. Wird geradliniges, an den Eckverbindungs-

stellen auf Gehrung geschnittenes Leistenwerk montiert, so ist zunächst die Zeit für das Einschneiden, also für das nach Maß Schneiden einschließlich Bearbeiten der Schnittflächen zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird die Zeit für das Einschneiden des ganzen Leistenwerkes mit der Uhr abgestoppt, woraus sich dann die Zeit je 1 Schnitt (Bezugszeit) ergibt. Entsprechend ist die Zeit für das Schneiden und Zusammenpassen von je 1 Gehrung und für die Befestigung der Leisten festzustellen. Letztere Zeit wird auf die einzelne Schraube oder den einzelnen Dübel bezogen.

Für ein Leistenwerk nach Abb. 4 mit 22 Schnittflächen, 4 Gehrungen und 200 Schrauben ist der Zeitbedarf demnach folgendermaßen zu berechnen :

- a) Einschneiden einschl. Bearbeitung der Schnittflächen:
Bezugszeit 0,07 Std., somit: $0,07 \times 22 = 1,54$ Std.
 - b) Schneiden und Zusammenpassen der Gehrungen:
Bezugszeit 0,05 Std., somit: $0,05 \times 4 = 0,20$ „
 - c) Befestigung mittels Schrauben:
Bezugszeit 0,02 Std., somit: $0,02 \times 200 = 4,00$ „
- | |
|---|
| 5,74 Std. |
| hierzu Verlustzeit 15 vH 0,86 „ |
| zus. = 6,60 Std. |

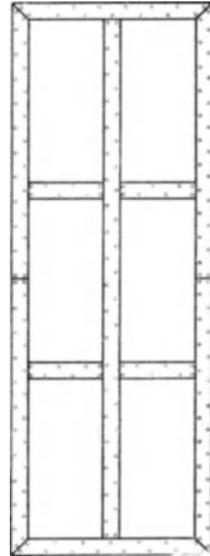


Abb. 4. Leistenwerk mit Schrauben.

Bei Leistenwerken mit durch Überplatten, durch Zinken u. dgl. hergestellten Verbindungsstellen sind nur die Zeiten für diese neu festzustellen, während für das Einschneiden und für die Befestigung die oben ermittelten Zeiten bleiben.

2. Einbau einer Tür nach Abb. 3.

- a) Regulieren der Türöffnung mittels Richtscheit 0,45 Std.
 - b) Tür anreißen und Falz in Türöffnung nachhobeln. 0,30 „
 - c) Tür von Längen und Breiten schneiden und Loch für Schloß bohren 0,20 „
 - d) Tür einpassen 0,60 „
 - e) 3 Scharniere anzeichnen und einlassen 0,40 „
 - f) 3 Scharniere mit zus. 18 Schrauben anschrauben, je Schraube 0,02 Std. 0,36 „
 - g) Schloß einpassen 0,35 „
 - h) Tür hängen und gangbar machen 1,75 „
 - i) Schließblech einlassen 0,15 „
und mit 4 Schrauben anschrauben 0,08 „
 - k) Tür nach erfolgter Fertigmontage mit Türfutter verhobeln . 0,32 „
- | |
|------------------------------------|
| 4,96 Std. |
| Verlustzeit 15 vH 0,75 „ |
| zus. 5,71 Std. |

3. Einbau der Bekleidung um die Tür.

(Bekleidungsleisten werden gehobelt, geputzt und gebohrt den Montagetischlern geliefert.)

a) Bekleidungsleisten von Länge schneiden, 3 Schnitt zu je 0,01 Std.	0,03 Std.
b) 2 Gehrungen schneiden und bearbeiten je 0,05 Std.	0,10 „
c) Bekleidungsleisten anpassen	0,35 „
d) Bekleidungsleisten mit 20 Schrauben anschrauben, je Schraube 0,02 Std.	0,40 „
	0,88 Std.
Verlustzeit 15 vH	0,13 „
	zus. 1,01 Std.

C. Stellmacherarbeiten.

Die Gruppenarbeit wird zur Kontrolle des Akkordes soweit als möglich unterteilt, wie folgende Beispiele zeigen.

1. Fertigung und Zusammenbau des Gerippes einer Eisenbahnwagen-Seitenwand im Gruppenakkord, Abb. 5.

Das Gerippe einer Wagenseitenwand besteht aus: 1 Deckrahmenlängsstück *a*, 2 Ecksäulen *b*, 4 Türsäulen *c*, 4 kurzen Fenstersäulen *d*, 4 langen Fenstersäulen *e*, 2 Blindsäulen *f*, 28 Riegeln *g*.

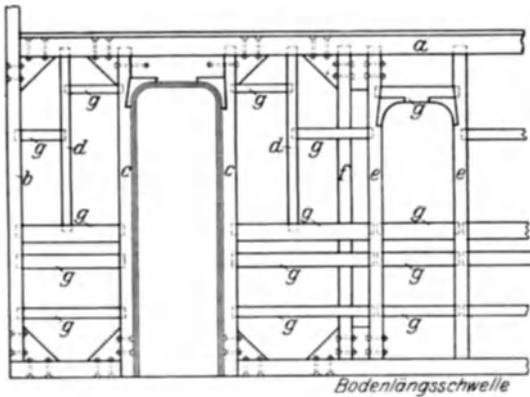


Abb. 5. Wagenseitenwand.

Alle Hobel-, Bohr-, Zapf- und Fräserarbeiten werden maschinell hergestellt. Zu den reinen Handarbeiten gehören:

Falzen der Tür- und Fenstersäulen (je lfd. m),

Verputzen der Tür- und Fenstersäulen (je lfd. m),

Nacharbeiten der Zapfstellen (Gestemme) an dem Deckrahmen Längsstück (je Zapfstelle),

Nacharbeiten der Zapfstellen (Gestemme) an den Ecksäulen und Riegeln (je Zapfstelle),

Zusammenstellen des Gerippes (je Zapfstelle),

Anbringen der Befestigungsschrauben (je Stück).

Der Zeitbedarf baut sich demnach folgendermaßen auf:

8 lfd. m Türfalze ausarbeiten	je 1,50 Std.	zus. 12,00 Std.
11,2 „ „ Fensterfalze ausarbeiten	„ 1,20 „ „	13,44 „
8 „ „ Türsäulen putzen	„ 0,30 „ „	2,40 „
11,2 „ „ Fenstersäulen putzen	„ 0,25 „ „	2,80 „
92 Zapfstellen bearbeiten	„ 0,15 „ „	13,80 „
4 Zapfstellen an den Eckverbindungen bearbeiten. „	1,00 „ „	4,00 „
8 Fensterecken, Zapfstellen bearbeiten	„ 0,80 „ „	6,40 „
Seitenwandgerippe zusammenstellen und abrichten (104 Zapfstellen)	„ 0,10 „ „	10,40 „
Eisenwinkel mit zusammen 72 Schrauben befestigen. „	0,06 „ „	4,32 „
		zus. 69,56 Std.
Verlustzeit 15 vH		10,43 „
		<u>insgesamt 79,99 Std.</u>

2. Anfertigung des Wagenbodens (Ober- und Unterboden),
Abb. 6.

Der Boden besteht aus:
2 Bodenlängsschwellen *a*,
11 Bodenquerschwellen *b*,
8 Bodenriegeln *c*, 1 unteren
Bodenbretterbelag *d*, 1 oberen
Bodenbretterbelag *e*.

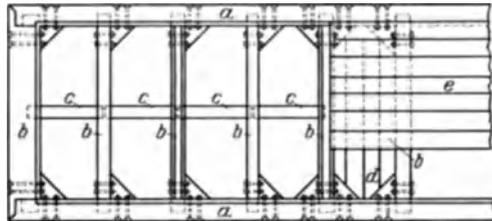


Abb. 6. Wagenboden.

Der Zeitbedarf ergibt sich wie folgt :

4 Zapfstellen an den Bodenecken nacharbeiten . . .	je 2,00 Std.	zus. 8,00 Std.
8 Zapfstellen mit einfachen Lappen an Bodenquer- träger und Längsschwellen nacharbeiten . . .	„ 0,35 „ „	2,80 „
8 Zapfstellen mit doppeltem Lappen nacharbeiten an Bodenquerträger und Längsschwellen . . .	„ 0,40 „ „	3,20 „
16 Zapfstellen geschlitzt, durchgehend an Quer- und Längsstücke (Riegel) nacharbeiten	„ 0,15 „ „	2,40 „
Bodengerippe zusammenstellen (32 Zapfstellen) . .	„ 0,10 „ „	3,20 „
Unteren Bodenbelag einschneiden und einpassen: 8 Felder mit zusammen 12 lfd. m Schnittfläche je lfd. m	„ 0,90 „ „	10,80 „
Unteren Bodenbelag anschrauben (240 Schrauben) „	0,02 „ „	4,80 „
12 m ² untere Bodenfläche abhobeln	„ 0,20 „ „	2,40 „
Oberen Bodenbelag einschneiden und einpassen: 16 Felder mit zusammen 24 lfd. m Schnittfläche je lfd. m	„ 1,00 „ „	24,00 „
Oberen Bodenbelag anschrauben (240 Schrauben) „	0,025 „ „	6,00 „
Eisenwinkel anschrauben mit 76 Mutterschrauben „	0,04 „ „	3,04 „
12 m ² obere Bodenfläche abhobeln	„ 0,40 „ „	4,80 „
		75,44 Std.
Verlustzeit 15 vH		11,31 „
		<u>86,75 Std.</u>

Legt man Zeitnormen für die einzelnen Arbeitsvorgänge fortlaufend fest, am besten in einer Vergleichskartei, so wird die Zeitermittlung selbst umfangreicher Arbeiten erheblich erleichtert.

D. Lackiererarbeiten.

1. Stückzeiten für Lackieren von Flächen mit Deckleisten oder mit verschiedener Nietenzahl.

Angenommen sind :

- a) 1 Fläche mit 100 m^2 Inhalt und 3000 halbrunden Nietköpfen, d. h. 30 Nieten je 1 m^2 , s. Abb. 7.

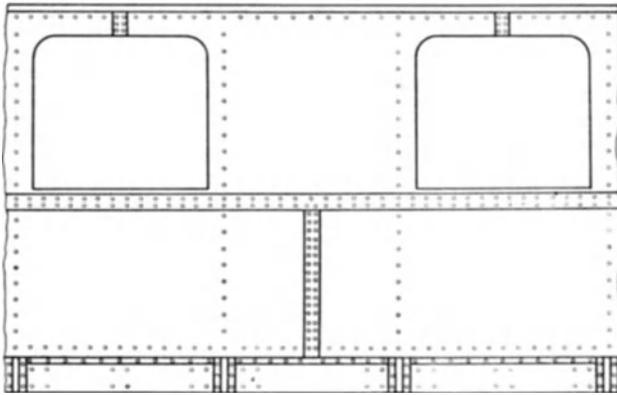


Abb. 7. Beispiel für eine Fläche mit aufgelegtem Leistenwerk und 30 Nieten auf 1 m^2 .

- b) 1 Fläche mit 100 m^2 Inhalt und 4000 halbrunden Nietköpfen, d. h. 40 Nieten je 1 m^2 , s. Abb. 8.

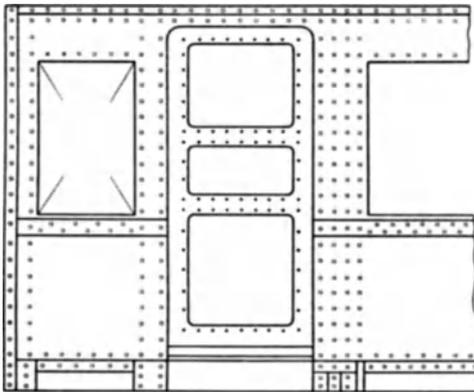


Abb. 8. Beispiel für eine Fläche mit aufgelegtem Leistenwerk und 40 Nieten auf 1 m^2 .

In Abb. 8 liegen die Niete weniger eng aneinander als bei Abb. 7; sie sind dafür aber annähernd über die ganze Fläche verteilt. Die verschiedene Anordnung der Niete auf den beiden Abb. 7 und 8 hat hier fast keinen Einfluß auf die für die Lackierung aufzuwendende Zeit. Man hat es einerseits mit enger aneinander liegenden Niete und dafür

größeren glatten Arbeitsflächen, andererseits mit weniger eng aneinander liegenden Nieten, aber kleineren glatten Arbeitsflächen zu tun. Es ist also nur die verschiedene Anzahl der Nieten je 1 m² zu berücksichtigen. Betrachtet sei nur das Grunds Schleifen.

Die Zeiten für die einzelnen Arbeitsvorgänge beim Grunds Schleifen der Flächen sind durch Messungen und Probeausführungen ermittelt, und zwar erhält man folgende gesamte Stückzeiten :

für Abb. 7: 1 m² mit 30 Nieten 0,906 Std.
 „ „ 8: 1 m² mit 40 „ 0,968 „

Will man die Zeit für die Bearbeitung eines Nietes (Bezugszeit) getrennt ermitteln, so muß von vorstehenden Stückzeiten die Bearbeitungszeit für die glatte Fläche abgezogen werden. Die Grundzeit für 1 m² glatter Fläche ist mit 0,72 Std. bestimmt worden. Dann ergibt sich :

für Abb. 7: Bearbeitungszeit für 30 Niete je m²: 0,906 — 0,720 = 0,186 Std.
 „ „ 8: „ „ 40 „ je m²: 0,968 — 0,720 = 0,248 „
 somit „ „ 100 „ in beiden Fällen = 0,620 „

Wird die Bearbeitung der glatten Flächenstücke zwischen den Nieten durch höhere Nietzahl immer mehr erschwert — es müssen kleinere Schleifsteine verwendet werden —, so werden die Zeiten für 100 Niete immer größer, wie nachfolgendes Beispiel einer mit 50 Nieten besetzten Quadratmeterfläche zeigt. Durch Zeitmessungen und Probeausführungen ist die gesamte Stückzeit zu 1,07 Std. festgestellt worden, hiervon ab für die glatte Fläche

	0,72 „
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	
somit Stückzeit für 50 Niete	0,35 Std.
oder „ 100 „	0,70 „

Abb. 9 zeigt die Arbeitszeiten je Niet in Abhängigkeit von der Nietzahl je m².

Der Einfluß von 1 bis 5 Nieten mehr oder weniger auf 1 m² braucht bei der Stückzeit nicht berücksichtigt zu werden.

2. Beschriftungen.

Als Ausführungsarten kommen in Betracht: Druckschrift und Schreibschrift, ferner verschiedene Stile einer Schrift, wie Steinschrift, Renaissance, Antiqua, Blockschrift, Egyptienne, Gotisch, Midoline, Schwabacher usw. Die Buchstaben können ferner mit Schatten oder mit Verzierungen versehen sein, wie einfache Schatten, Strichschatten und Schlagschatten.

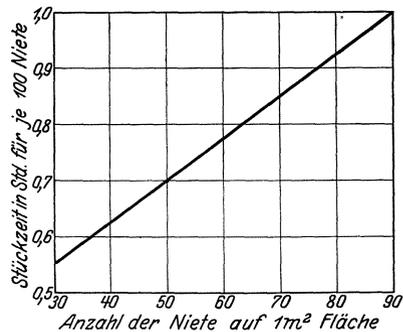


Abb. 9. Einheitszeiten für Niete beim Lackieren.

Bei der Ausführung der Beschriftung ist zu unterscheiden: handgeschrieben, aufgepaust und handgeschrieben, schabloniert und zugezogen, schabloniert, zugezogen und überlegt. Wie bei der Flächenlackierung, so sind auch bei der Beschriftung die Art des Baustoffes, die Flächenform und die Farbtönungen von Einfluß auf die Stückzeit.

Es genügt, von jeder Schriftgattung Zeitaufnahmen für einige Größen zu machen, aus denen dann Zwischengrößen berechenbar sind. In den Tabellen für die Stückzeiten stuft man die Schriftgrößen etwa von 5 zu 5 mm ab.

E. Rohrschlosserei.

Für das Probieren der fertig montierten Leitung, s. z. B. Abb. 10, lassen sich auf Grund von Erfahrungen Zeitnormen für verschiedene Rohrdurchmesser und Ausführungsarten festlegen. Ist bei der Fertigung

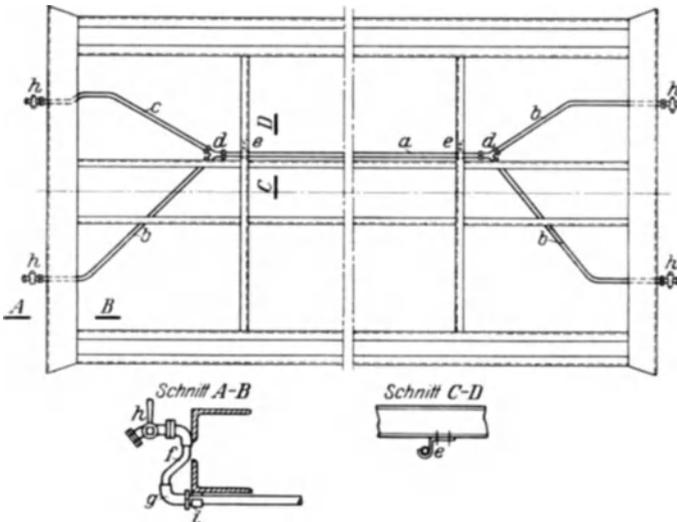


Abb. 10. Schema einer eisernen Rohrleitung.

und bei der Montage mit der nötigen Umsicht verfahren worden, so können unvorhergesehene Nacharbeiten fast nur durch Fehlstellen im Werkstoff entstehen, und es muß dann deren Zeitbedarf von Fall zu Fall besonders überwacht werden.

Der Zeitbedarf für Rohrleitungsarbeiten wird sowohl bei der Bank- wie bei der Montagearbeit durch folgende Größen beeinflusst:

1. Durchmesser der Rohre;
2. Länge der Rohre;
3. Krümmungen der Rohre, wobei die Krümmer schmiebig, rundbogig nach vorgeschriebenen Halbmessern, eckig, d. h. spitzwinklig, rechtwinklig oder stumpfwinklig sein können;

4. Durchmesser der Verbindungsstücke, wie -Stücke, Kreuzstücke, Muffen, Krümmer, runde und ovale Flansche, Bordringe, Nippel u. dgl. ;

5. Art der Verbindungsstellen, d. h. ob die verbindenden Teile zusammengeschraubt, geflanscht, gelötet oder geschweißt sind.

Ferner kommt in Betracht, ob die Rohre teilweise zusammengefügt oder in einzelnen Stücken zu verlegen sind, da das Zusammenfügen der Rohre an der Bank einen geringeren Zeitaufwand erfordert, als wenn dies beim Ein- bzw. Anbau geschieht.

Die Unterteilung der Arbeiten kann folgendermaßen vorgenommen werden :

1. Bankarbeit.

- a) Rohre von Länge schneiden,
- b) Gewinde schneiden,
- c) Rohre im Feuer nach Schablone biegen,
- d) Rohre nach dem Biegen ausblasen,
- e) Rohrteile zusammenfügen,
- f) Befestigen der Schellen.

2. Montagearbeit (Ein- bzw. Anbau).

- g) Ganze Rohrleitung zusammenbauen,
- h) Ganze Rohrleitung mittels Schellen und Mutterschrauben befestigen,
- i) Mutterschrauben versplinteln,
- k) Leitung unter Druck probieren.

Beispiel: Ermittlung der Stückzeiten für die Anfertigung und den Einbau einer einfachen, an beiden Enden gegabelten und mit Absperrhähnen versehenen Druckluftleitung von 42 mm äußerem Durchmesser und 6 m Länge, vgl. Abb. 10.

1. Bankarbeit:

1 Rohr	<i>a</i> von Länge schneiden.			0,05	Std.
1 „	<i>a</i> an 2 Enden Gewinde schneiden. je	0,06	Std.	zus.	0,12 „
3 Rohre	<i>b</i> von Länge schneiden.	0,04	„	„	0,12 „
3 „	<i>b</i> an 2 Enden Gewinde schneiden 6 ×	0,03	„	„	0,18 „
3 „	<i>b</i> im Feuer biegen je 1 Bogen	0,12	„	„	0,36 „
3 „	<i>b</i> ausblasen	0,04	„	„	0,12 „
1 Rohr	<i>c</i> von Länge schneiden.			„	0,04 „
1 „	<i>c</i> an 2 Enden Gewinde schneiden.	0,03	„	„	0,06 „
1 „	<i>c</i> im Feuer biegen = 3 Bogen	0,12	„	„	0,36 „
1 „	<i>c</i> ausblasen			„	0,05 „
4 Rohre	<i>f</i> von Länge schneiden.	0,04	„	„	0,16 „
4 „	<i>f</i> an 2 Enden Gewinde schneiden 8 ×	0,03	„	„	0,24 „
4 „	<i>f</i> im Feuer biegen je 1 Bogen	0,12	„	„	0,48 „
4 „	<i>f</i> „ „ „ je 1 Schmiege	0,06	„	„	0,24 „
					2,58 Std.

Übertrag: 2,58 Std.

1 Rohr „a“, 3 Rohre „b“, 1 Rohr „c“ mittels 2 Dreiwegestücken „d“ zusammenschrauben und abdichten = 6 Verbindungsstellen	zu je	0,18 Std.	zus.	1,08 „
2 Befestigungsschellen <i>e</i> pressen	„ „	0,01 „	„	0,02 „
2 „ „ <i>e</i> bohren	„ „	0,005 „	„	0,01 „
2 „ „ <i>e</i> befeilen	„ „	0,02 „	„	0,04 „
4 „ „ <i>i</i> pressen	„ „	0,01 „	„	0,04 „
4 „ „ <i>i</i> bohren	„ „	0,005 „	„	0,02 „
4 „ „ <i>i</i> befeilen	„ „	0,02 „	„	0,08 „
				<u>zus. 3,87 Std.</u>

2. Montage (Einbau).

An der Bank zusammengefügte Rohrteile <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> , <i>d</i> mit 2 Schellen „e“ und 4 Mutterschrauben am Eisengestell befestigen = 4 Schrauben	zu je	0,15 Std.	zus.	0,60 Std.
4 Rohre „f“ mit 8 Krümmern „g“ an gegabelte Abzweigrohre einschrauben und abdichten = 12 Verbindungsstellen zu „	0,15 „	„	1,80 „	„
4 Ablaufhähne „h“ einschrauben und abdichten = 4 Verbindungsstellen „	0,12 „	„	0,48 „	„
4 Rohre „f“ mit 8 Krümmern „g“ und 4 Ablaufhähnen „h“ mittels 4 Schellen befestigen = 8 Schrauben zu „	0,12 „	„	0,96 „	„
12 Mutterschrauben versplinteln	„ „	0,03 „	„	0,36 „
Ganze Leitung probieren				<u>0,65 „</u>
			insgesamt	<u>4,85 Std.</u>

Im vorstehenden Beispiel ist angenommen, daß die verwendeten Bezugszeiten aus vorhergehenden Zeitaufnahmen tabellenmäßig vorliegen.

Zeitermittlung an Schlosserarbeiten einer Lokomotivmontage.

Von H. Freund und E. Wüsthube.

Vorbemerkung.

Die nachfolgenden Ausführungen sind der von der Technischen Hochschule Darmstadt genehmigten Doktor-Dissertation der beiden Verfasser, „Beitrag zur Frage der Zeitermittlung und zur planmäßig wissenschaftlichen Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung bei reinen Handarbeiten auf Grund arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen besonders an Schlosserarbeiten“¹ entnommen². Die Arbeit konnte hier Platzmangel halber nicht in vollem Umfange wiedergegeben werden. Die ausgewählten Kapitel befassen sich mit der Zeitermittlung einer Lokomotivmontage unter besonderer Berücksichtigung der den Schlosserarbeiten allgemein zukommenden psycho-physiologischen und technologischen Bedingungen.

Der I. Teil befaßt sich mit einer an 56 G 8²-Lokomotiven vorgenommenen Zeitaufnahme, der die Aufgabe zufiel, 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 neuen Montageplan auszuarbeiten, bei dem die Fehler der alten Fertigungsweise beseitigt sind. — Der II. Teil behandelt sodann das Studium der Elemente der Schlosserarbeiten, deren genaue Kenntnis uns im Weiteren dazu verhelfen soll, Zeitermittlungsformeln (V. Teil) abzuleiten.

III. und IV. Teil enthalten die erwähnten psycho-physiologischen und technologischen Ermittlungen, die auch losgelöst von dem vorliegenden Untersuchungsfall allgemeinere Bedeutung besitzen.

II. Einführung in das Untersuchungsgebiet.

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

¹ Referenten: Prof. Dr.-Ing. Heidebroek, Privatdozent Dr.-Ing. Braemesfeld.

² Berlin: Julius Springer 1927.

Übersicht I. Arbeitsstufen der Lokomotiv-Montage bei den Kolonnen 1—10.			
Arbeitsstufen	Gruppe	Arbeitsstufen	Gruppe
Rahmenplatten aufstellen, ausrichten, abgraten, Achslagerführungen einpassen, Achsgabelverbindungen aufpassen.	1	Kesselaufgabe fertig machen zum Einsetzen des Kessels, Kessel einsetzen und mit den Rahmen zusammen nach Wasserwaage ausrichten,	5
Rahmenplatten umlegen, Bohren der Löcher für die Achsgabelverbindungen und Achslagerführungen.	2 als Zwischen-gruppe	anzeichnen aller für die Verschraubung mit den Rahmen nötigen Löcher am Kessel, Kessel zum Bohrstand schaffen, Kesselpendelbleche und Kesselstützen vorbereiten, Kessel nach dem Bohren einsetzen.	
Rahmenplatten aufstellen, Gewinde schneiden, Stiftschrauben einziehen, Achslagerführungen und Achsgabelverbindungen befestigen.	1	Alle Löcher aufreiben, die nicht maschinell gebohrten Löcher von Hand bohren und aufreiben.	6 als Zwischen-gruppe
Rahmenplatten mit Distanzschrauben in genauer Breite anstellen, lang und quer nach Wasserwaage ausrichten, ausrichten mit Schnur, Lineal und Kreuzwinkel, Zwischenverbindungen einbauen u. mit Schraubenzwingen befestigen.	3	Kessel überall fest verschrauben, fertigmachen zur Kontrolle, Übergabe an die Werkskontrollen, Führungsteile und Federungs-lager anpassen, vorzeichnen zum Nacharbeiten, Gewinde schneiden, Stiftschrauben einziehen, Federungs-lager und Führungsteile befestigen, Federn einbauen, Puffer und Tritte anbringen.	5
Bohren der Zwischenverbindungen mittels Fahrbohrmaschinen.	2 als Zwischen-gruppe	Zylinder, hinteren Zylinderdeckel mit Gleitführung, Keile und Paßstücke abgraten, säubern, Löcher vorarbeiten, Gewinde schneiden, Sitzstellen putzen, Zylinder anhängen zum Stichmaßnehmen, vorzeichnen zum Bohren, zum Bohrerstand schaffen, nach dem Bohren anheften.	7
Aufreiben der von Gruppe 2 gebohrten Löcher, verschrauben der Zwischenverbindungen mit den Rahmenplatten, Achslagerführungen seitlich vorzeichnen zur Nacharbeit.	3	Stellkeile an- und einpassen, den fertigen Rahmen vollständig nachkontrollieren, fertigmachen zur Abgabe an den staatlichen Kontrollbeamten.	
Stellkeile an- und einpassen, den fertigen Rahmen vollständig nachkontrollieren, fertigmachen zur Abgabe an den staatlichen Kontrollbeamten.	4		

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),

Übersicht I. Arbeitsstufen der Lokomotiv-Montage bei den Kolonnen 1–10 (Forts.).			
Arbeitsstufen	Gruppe	Arbeitsstufen	Gruppe
Aufreiben aller Löcher.	6 als Zwischen-gruppe	Gewinde schneiden, Schrauben einziehen, verschiedene Lagerdeckel aufpassen,	
Zylinder, Zylinderdeckel und Gleitführung überall fest verschrauben, Keile und Paßstücke anbringen, Zylindersitz nachmessen, der Werkstattkontrolle übergeben.	7	Schieberführung aufschleifen, Bolzen einpassen, Steuerungsbock, Steuerungslager u. Führungsteile anbauen, Schwingen, Schieber, Schubstangen, Lenker- und Steuerwellen einbauen und gangbar machen, Steuerwellenrückzugfeder einbauen, Kreuzkopf anhängen.	9
Aschkastenteile, Kipprostteile, Ein- und Ausströmröhr, Exhaustor, Schornstein und Schornsteinaufsatz anpassen und zum Nacharbeiten vorzeichnen.	8		
Bohren und aufreiben aller Löcher am Schornstein, Exhaustor usw.	6 als Zwischen-gruppe	Polieren sämtlicher Schenkel der Treib-, Kuppel- und Laufachsen, nachkontrollieren des Achsstandes, Achslager vorzeichnen zum Nachfräsen und Drehen, einpassen der Achslager in die Achsgabel, mit Schmiervorrichtung fertig machen, Winden ansetzen, Maschine hochwinden und auf Achsen setzen, Stellkeilschrauben anpassen, gangbar machen, Achsgabelverbindungen verschrauben und versplinten.	10
Gewinde schneiden, Stiftschrauben einziehen, Rohre einschleifen, Aschkastenteile, Kipprost, Ein- und Ausströmröhre, Exhaustor, Schornstein und Schornsteinaufsatz ein- und anbauen, Verkleidungsflickbleche anbringen.	8		
Steuerbock und Steuerungszugstangen, Steuerungslager und Führungsteile, Steuerungsteile einpassen und vorzeichnen zum Nacharbeiten.	9	Maschine regulieren. Zugstangen bei der Probefahrt nach ermittelter Längung des Kessels aus- und nach Stichmaßen endgültig einbauen.	9
Bohren und aufreiben aller Löcher am Steuerbock, an Steuerungsteilen usw.	6 als Zwischen-gruppe	Federn spannen und einstellen, Lauffähigkeitsbescheinigung erwerben.	5

2. Nacharbeiten,

3. Wiederanhaltten, 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 (Übersicht 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 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 z. B. in der Abhandlung Freund-Wüsthube, Dissert.-S. 6, 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 (Lokomotive) 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 1 mit der ersten Maschine und beendete seine Beobach-

tung bei der letzten Maschine der Serie, bei dem Vorgang „Erwerben der Lauffähigkeitsbescheinigung“.

Das Aufnahmeprotokoll. Die Aufschreibungen (siehe Werkstattprotokoll, S. 148) 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. 1, S. 148) die Summe der Arbeitszeiten multipliziert mit der Anzahl der Leute (siehe unter „Frei für Auswertung“ im Protokoll) der Zeit T_g 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 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. 1. Abb. 1 gibt einen Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls wieder. Das gesamte

Beobachter: <i>L.</i> Dat.: 3.II. Vormittag:		1. Kolonne: <i>Ku</i> 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	<i>Keistellen am Rauchkammer-trägerputzen</i>																																						
Anzahl d. Leute	1		1		1		1		1		1		1		1																								
Zeitvermerk	8	40	46	12	21		32	40	3		38	43									50																		
Frei für Auswertg.					26		29						58								67	$\Sigma = 241 = t_{ev}$ $241 = 280$ $t_e = 0,86$																	
Gegenstand und Arbeitsgang	<i>Zylinderdeckel mit Gleitbahn anhängen</i>												<i>fertig</i>									<i>Zylinderdeckel mit Gleitbahn anhängen</i>																	
Anzahl d. Leute	1	2	1	2	1	2	1	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	9	9			50	50	59																	
Frei für Auswertg.					35	7	23	40					7	17	5					41		61																	
Gegenstand und	$3 + 60 + 7 + 70 + 7 + 46 + 80 + 7 + 34 = 314 = t_{ev}; t_e = 0,90$																					314									$5 + 82 + 9 + 122 = 218$								

Abb. 1. Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls.

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, jeweilig 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

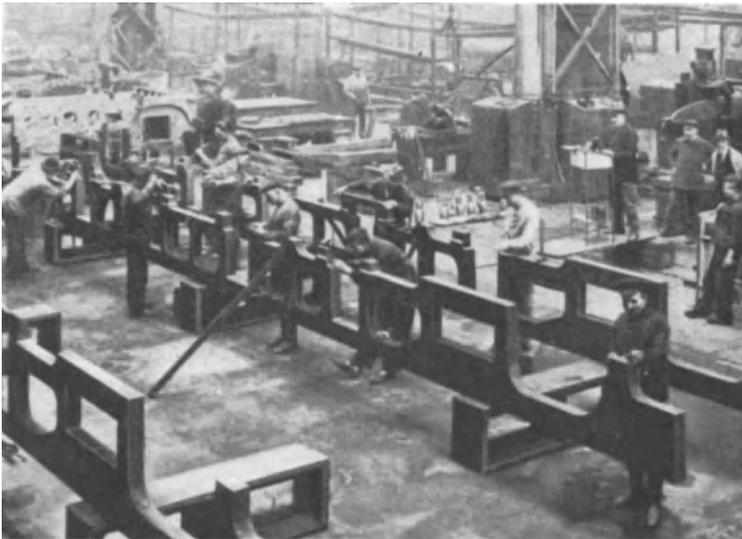


Abb. 2. Schlosserarbeiten am Barrenrahmen.

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 Übersicht I mit 1 und 2 bezeichnet sind, soll die Auswertung der Werkstattprotokolle hier durchgeführt werden. Abb. 2 zeigt einen Blick auf die Arbeitsstätte der Kolonne 1.

Beschreibung der Arbeit von Gruppe 1 und 2. Die Rahmenwangen

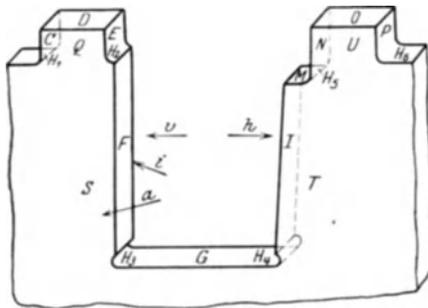


Abb. 3. Bezeichnung der Flächen einer Lokomotivachsgabel.

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. 3), die Sitzstellen der Achsgabelstege (CH_1 , EH_2 , N und PH_6) für das Aufpassen vorbereitet und diese dann aufgesetzt.

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. 4 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. 5 zeigt. 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

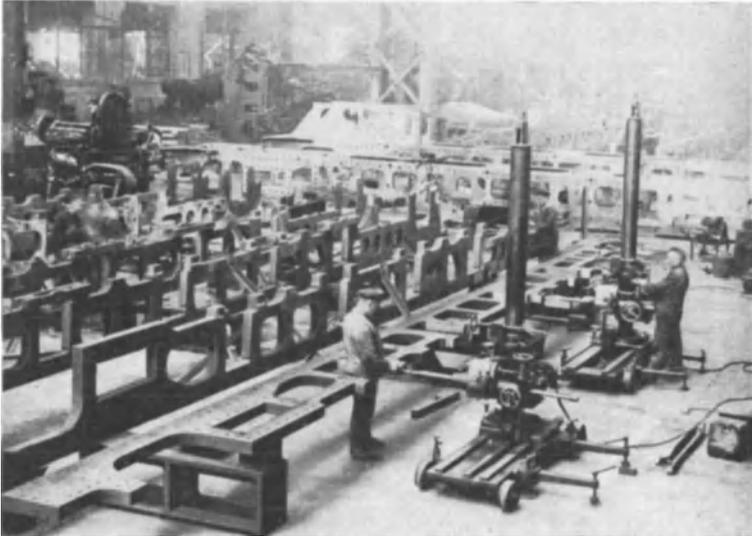


Abb. 4. Bohrarbeiten am Barrenrahmen mittels Fahrbohrmaschine.



Abb. 5. Bohrarbeiten am Barrenrahmen mittels Schlitten und Preßluftbohrmaschine.

Übersicht II. Arbeitsstufen der Lokomotiv-Montage bei den Kolonnen 1 und 2.									
Nr. der Arbeitsstufe	Bearbeitetes Werkstück	Arbeitsstufen	Arbeitsführende	Anz. der Arbeitsausführ.	Zeit je Arbeitsausführ.	Schlossarbeiten	Bohrerarbeiten		Zusammengefaßte Zeiten
							Zeit f. d. ganzen Rahmen	Nebenzzeit	
1	Rahmen	aufstellen, abstützen	Su	2	13,5	27			5396
2	"	abgraten	"	1	176	176			
3	Vord. Achslagerführung	anzeichnen zum Bohren	"	1	10	10			
4	"	bohren	B ¹						
5	"	abgraten und säubern	Su	1	13,5	13,5			
6	"	einpassen der Bohrschablone	"	1	27	27			
7	"	bohren	B ¹						
8	Rahmen	vord. Achslagerführungsitz richten (Fläche F, Abb. 3)	Su						
9	"	vord. Achslagerführung einpassen u. bezeichnen	"						
10	"	hint. Achslagerführungsitz richten (Fläche I, Abb. 3)	"	8	632,7	5061			
11	"	Achsgabelsteigsitz richten u. bezeichnen (Flächen C, E, P, N, Abb. 3)	"						
12	"	Achsgabelsteg aufpassen	"						
13	"	ausmessen zwecks Einpassens der hinteren Achslagerführung	"	1	12	12			
14	Hint. Achslagerführung	anzeichnen z. Nachhobeln zwecks Einpassens in den Rahmen, bezeichnen	"						
15	"	hobeln	H ¹						
16	"	anzeichnen zum Bohren	Su	1	60,5	60,5			
17	"	bohren	B ¹	1	19	19			
18	Rahmen	umlegen z. Bohren d. Löcher f. d. Achsgabelstegverschraubung (2 Platten übereinander)		2	9		18		
19	"	einrichten der transportablen Bohrmaschine I	Si	1	6		6	64	
20	Rahmen R. A IV	1.—6. Loch anbohren	"	1	64		2		
		abschlagen des Achsgabelsteges	"	1	2				
		6.—4. Loch fertig bohren	"	1	12			12	

21	Rahmen L. A IV	4. Loch Schraubenbundsitz schneiden	1	7	7	
22	"	5. Loch Schraubenkopfsitz schneiden	1	6	6	
23	"	3.-1. Loch fertigbohren	1	20	20	
24	"	2. Loch Schraubenbundsitz schneiden	1	8	8	
25	"	3. Loch Schraubenkopfsitz schneiden	1	6	6	
26	"	wie Arbeitsstufe Nr. 20	1		123	
27	"	umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. I	1	8	8	
28	"	wie Arbeitsstufe Nr. 20	1		128	
29	"	umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. I	1	8	8	
30	"	wie Arbeitsstufe Nr. 20	1		128	
31	"	umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. I	1	8	8	
32	"	wie Arbeitsstufe Nr. 20	1		14	
		umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. I	1	14	14	
		2. u. 5. Loch Schraubenkopfsitz schneiden	1	14	14	
		umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. I	1	8	8	
		2. Loch Schraubenkopfsitz schneiden	1	4	4	
		einrichten der transportablen Bohrmaschine II	1	4	4	
		1.-6. Loch anbohren	1	20	20	
		abschlagen des Achsgabelsteges	1	71	71	
		6.-4. Loch fertig bohren	1	2	2	
		4. Loch Schraubenbundsitz schneiden	1	25	25	
		3. Loch fertig bohren	1	4	4	
		2. u. 1. Loch fertig bohren	1	9	9	
		wie Arbeitsstufe Nr. 32	1	4	4	
		umsetzen u. einrichten d. transportabl. Bohrmasch. II	1	19	19	
		wie Arbeitsstufe Nr. 32	1		132	
		wie Arbeitsstufe Nr. 32	1	8	8	
		umsetzen u. einrichtend. transportabl. Bohrmasch. II	1		146	
		zum Bohren der Löcher für die Gleitbahnträger	1		2	
		bohren der Gleitbahnträgerlöcher	1		146	
		bohren der Gleitbahnträgerlöcher	1		9	
33	Rahmen L. A II		1	19	19	
34	"		1	19	19	
35	"		1			
36	"		1			
37	"		1			
38	"		1			
39	"		1			

¹ Der Bohrer B und der Hobler H hatten eigene Akkorde, die für die Nacharbeiten an Achslagerführungen und Achsgabelstegen noch außer den Gruppenakkorden ausgegeben wurden.

Übersicht II. Arbeitsstufen der Lokomotiv-Montage bei den Kolonnen 1 und 2 (Fortsetzung).									
Nr. der Arbeitsstufe	Bearbeitetes Werkstück	Arbeitsstufen	Arbeitsführende	Anz. der Arbeitsausführ.	Zeit je Arbeitsausführ.	Schlossarbeiten	Boherarbeiten		Zusammengefaßte Zeiten
							Zeit f. d. ganzen Rahmen	Nebenzeit	
40	Rahmen	während des Bohrens aufpassen d. hint. Achslagerführung auf den Rahmen	Su	1	355	355			355
41	"	aufbringen u. einrichten des Bohrapparats z. Bohren d. Löcher f. d. Verschraubung d. hint. Achslagerfgrn.	Si	2	18		36	21	
42	"	an Achsgabel IV Löcher bohren	"	2	12		24	22	
43	"	umtransportieren des Apparats	"	1	22				
44	"	an Achsgabel III Löcher bohren	"	2	12		24	19	520
45	"	umtransportieren des Apparats	"	1	19				
46	"	an Achsgabel II Löcher bohren	"	2	13		26	23	
47	"	umtransportieren des Apparats	"	1	23		40		
48	"	an Achsgabel I Löcher bohren	"	2	20				
49	"	umtransportieren des Apparats	"	1	21		4	21	
50	"	an Achsgabel II Löcher f. d. Verschraubung d. vord. Achslagerführung bohren	"	2	2		154	106	
51	"	Abbau des Apparats	"						
52	"	wie Arbeitsstufen Nr. 41—51	"						
53	"	aufstellen einer Rahmenwange z. Bohren der Löcher f. d. Verschraubg. d. vord. Achslagerführungen	"	2	4		8	56	
54	"	einrichten der Maschine	"	2	6		12		
55	"	an Achsgabel IV Löcher bohren	"	2	28		6		
56	"	Arbeitsplatz wechseln	"	2	3		6	46	432
57	"	an Achsgabel III Löcher bohren	"	2	23		6		
58	"	Arbeitsplatz wechseln	"	2	3		6	16	
59	"	an Achsgabel II Löcher bohren	"	2	8		6		
60	"	Arbeitsplatz wechseln	"	2	3		6	60	
61	"	an Achsgabel I Löcher bohren	"	2	30		38	178	
62	"	wie Arbeitsstufen Nr. 53—61	"	2					

63	Achsgabelsteg	aufbohren und versenken	B ¹						
64	Vord. Achslagerführung	aufbohren und versenken	Su	2	4,5	9			27
65	"	abgraten und säubern	"	1	18	18			
66	"	Befestigungsschrauben vorbereiten	B ¹						
67	Hint. Rahmen	aufbohren							
68	"	Gewinde für die Achsgabelstegverschraubung schneiden	Su	2	219,6	439			475
69	"	Schraub. einziehen, anzeichnen der Löcher für die Sicherungsstifte	"	1	36	36			
70	"	Löcher für die Sicherungsstifte bohren	Si	2	35	27		70	
71	"	Sicherungen anbringen	Su	1	27				
72	"	aufreiben der Löcher für die Achslagerführungsverschraubung	"	1	74	74			
73	"	Gewinde für die Achslagerführungsverschraubung schneiden 20 Löcher $\frac{5}{16}$ ", 4 Löcher 1"	"	1	261	261			408
74	"	Achsgabelsteg aufschrauben	"	1	43	43			
75	"	anzeichnen der Splintlöcher	"	1	3	3			
76	"	Splintlöcher bohren	Si	2	40	18		80	
77	"	Splintlochgrate abfeilen	Su	1	18	7			
78	"	vord. Achslagerführungssitze rost sichern	"	2	3,5	148			
79	"	anschrauben d. vord. Achslagerführungen	"	2	74				
80	"	vord. Achslagerführung mit Lineal prüfen, nacharbeiten	"	2	66,5	133			399
81	"	anschrauben d. hint. Achslagerführungen	"	1	81	81			
82	"	Abtransport zum weiteren Zusammenbau	"	2	6	12			

¹ Der Bohrer B und der Hobler H hatten eigene Akkorde, die für die Nacharbeiten an Achslagerführungen und Achsgabelstegen noch außer den Gruppenakkorden ausgegeben wurden.

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, Übersicht 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. 4 und 5) teilt sich gemäß Arbeitsplan Übersicht II in zwei Fertigungsstufen, die aufeinander folgen:

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

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

Die Schlosserarbeiten (Abb. 2) gliedern sich ebenfalls in zwei Stufen und zwar:

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

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

Arbeitszeiten der Kolonnen 1 und 2. Die Summe der Arbeitszeiten der Gruppe 1 beträgt laut Übersicht 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 verzeichnete die Gruppe für die gleiche Arbeit auf den genannten Akkord hin nach statistischen Unterlagen 41% Überverdienst, d. h. die tatsächliche Zeit für die Schlosserarbeit der Kolonne 1 an den Rahmenwangen muß demnach 154,5 Stunden betragen haben. — Die Bohrer brauchen laut Übersicht 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 verzeichnete 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 (Übersicht II) gegenüber, so sehen wir aus dem Unterschied dieser Zahlen, daß in der Fertigung versteckte Verluste enthalten sein müssen.

Zeitverluste.

Tabelle I.

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. 2, S. 149).
2. Bohrerarbeiten mittels Fahrbohrmaschinen (2 Mann — Abb. 4, S. 151).
3. Bohrerarbeiten mittels Elektro- und Preßluftbohrmaschinen (2 Bohrer, 2 Helfer — Abb. 5, S. 151).
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 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 Luftbohr-

maschinen beträgt laut Übersicht II 5,5 Stunden und die der elektrischen Schlittenbohrmaschinen 4,97 Stunden. Danach entstehen auch hier Zeitverluste. Der Vorgang läßt sich wie folgt veranschaulichen (Abb. 6):

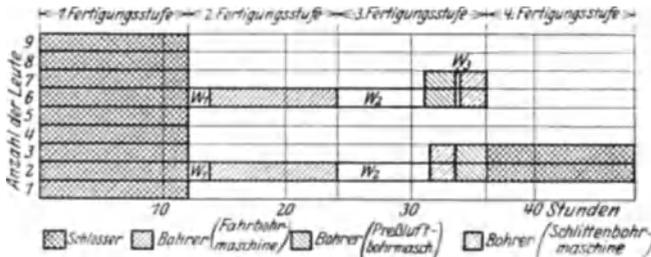


Abb. 6. I. Theoretischer Plan.

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. 7):

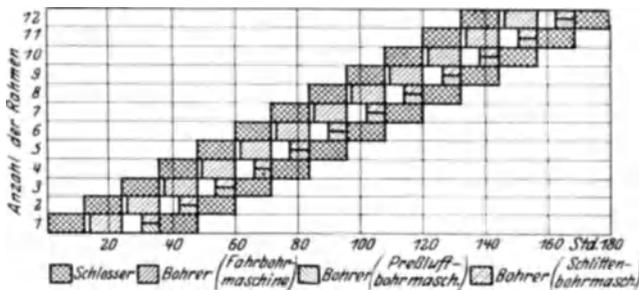


Abb. 7. II. Fertigung in Serien nach theoretischem Plan I.

Die Zeitverluste W_1 und W_3 (Abb. 6) 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. 8):

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 ver-

ringert. Ihr Rest W_2 trat hier nicht mehr offen in Erscheinung, sondern wurde ebenfalls erst durch die Zeituntersuchung aufgedeckt.

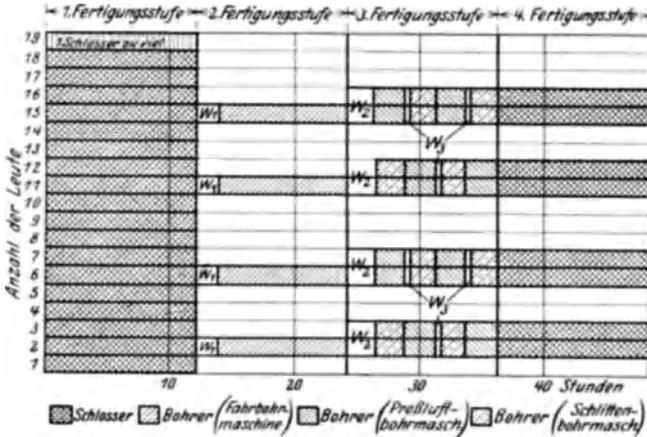


Abb. 8. III. Fertigungsplan der früheren Fertigung.

Wie ein Blick auf den theoretischen Fertigungsplan (Abb. 6) beweist, sind zur Verdopplung der Fertigung in der Stufe 1 nur 18 Mann erforderlich — nicht wie hier falscherweise 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 Störungsfaktor, 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. 8) 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 I (S. 157) 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 II).

Tabelle II. 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. Ver- luste 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, ver- ursacht 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 Sekundärerrscheinung 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. 147), 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. 2, S. 149). 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. 8, S. 159) 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. 6—8) 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

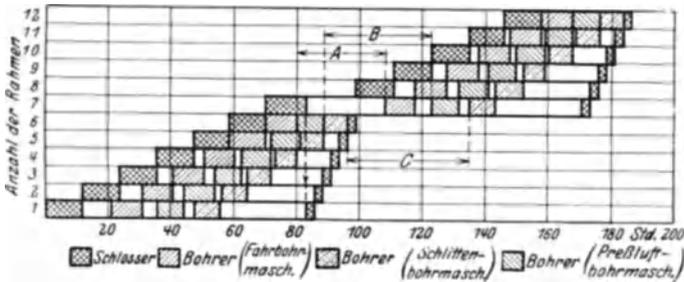


Abb. 9. IV. Fertigung in Serien von 6 Stück (verbesserte Arbeitsweise).

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. 9) 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 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.

II. Das Zeitstudium der Elementarzeiten.

Begründung einer neuen Definition des Begriffes: Arbeitselement.

In der Literatur der Zeitstudien findet sich bisher keine einheitliche Definition 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 III, S. 164) 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.

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

Stufen der Zeitstudie	Gruppen der zu untersuchenden Arbeitsvorgänge		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		die in Verbindung mit Maschinenarbeiten auftreten und zwar derart: daß entweder a) diese Verbindung eine nur lose ist, oder b) die Handzeiten vorherrschend sind, oder c) der Vorgang der Maschinenarbeit nicht zwangsläufig und selbständig vor sich geht, sondern mit Handarbeit verbunden ist. (Elektrowerkzeuge, Preßluftwerkz. u. dgl.)	
1	Feststellung der Elemente und ihrer Zeiten		I		III	
1. Zeitaufnahme	Feststellung der Elemente und ihrer Zeiten		II		IV	
2	Wahl der Maschine und des Werkzeuges, Fertigungsweise, Arbeitsvorbereitung, Arbeitsorganisation, Arbeitsausführung		Feststellung der Arbeitskomplexe und ihrer Zeiten		Feststellung der Zusammenhänge aller Teile über den ganzen Arbeitsverlauf hin	
Kritik des Vorganges hinsichtlich der						
3	unter 2 festgestellten Fehler					
Verbesserungsmaßnahme hinsichtl. der						
4	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	
2. Zeitaufnahme						
5	Anwendung der Minimummethode oder d. Durchschnittsmethode		Anwendung der Durchschnittsmethode		Graphische Zusammenstellung der in 4 ermittelten Werte	
Auswertung d. 2. Zeitaufnahme z. Akkordbildung						

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 Verbesserung der Arbeitsbewegung nach Tramm² 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. 10). Tramm zergliedert diesen Vorgang nun in folgende Einzelvorgänge:

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



Abb. 10. Versuchsanordnung für die Untersuchung eines Bewegungselementes (nach Tramm).

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

² Tramm: Psychotechnik und Taylorsystem. Berlin 1921.

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 Montagetarbeiten läßt in der Hauptsache zwei Klassen von Teilarbeiten erkennen:

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 III (S. 164)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 Fest-

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.

ziehen 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 \varnothing 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 „

Ganz anders als bei den erwähnten Arbeiten liegen die Verhältnisse bei den unter 2 (Einteilung S. 166) 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 Ge-

windeschneidens — 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 Hübten 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 zusammen, dann entgehen unseren Beobachtungen wiederum die kleinen — zwischen den Hübten 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

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.

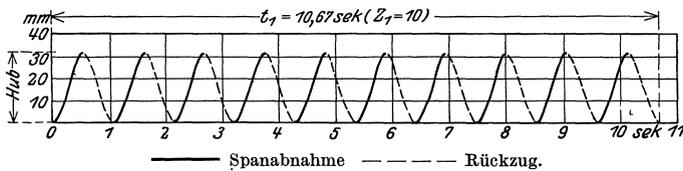


Abb. 11. Schaubild eines Feilvorganges. Hub : 31,6 mm.

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

Sinuscharakter der Feilbewegung. Der gesamte Vorgang ähnelt dann dem eines Kurbelmechanismus, und der Verlauf trägt sonach einen sinusähnlichen Charakter (Abb. 11).

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. 12 wegen Platzmangels 30 Sek. gewählt) — und z_2 die in dieser Zeit auftretende Zahl der Doppelhübe, dann ist

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

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

$$R > T.$$

¹ Siehe auch Lahy-Waldsburger: Taylorsystem und Physiologie der beruflichen Arbeit. Berlin: Julius Springer 1923.

Der Quotient .

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

stellt den zeitlichen Wirkungsgrad dar (Abb. 12).

Intensität der Arbeit. Unter sonst gleichen Bedingungen wird nunmehr die Leistung L einer vorliegenden Arbeit zu der Leistung L_{max} ,

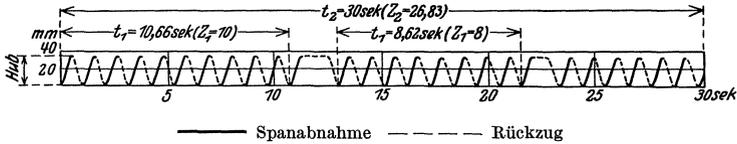


Abb. 12. Schaubild eines Feilvorganges. Hub : 31,6 mm.

$$\text{Dauer eines Doppelhubs : } T = \left(\frac{10,66}{10} + \frac{8,62}{8} \right) \frac{1}{2} \leq 1,06,$$

Dauer eines Doppelhubs + der Dauer seines An-

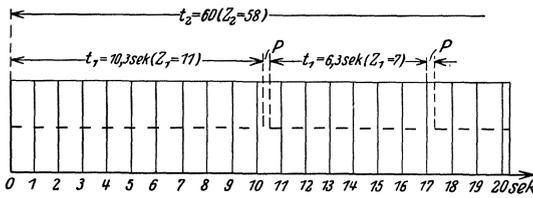
$$\text{teils an den kleinen Pausen während 30 Sek. : } R = \frac{t_2}{Z_2} = \frac{30}{26,83} = 1,12,$$

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

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. 11, S. 169) 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 anzugeben, dann genügt eine eindimensionale Darstellung durch Zeitlinien.



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

Abb. 13. Zeitlinie eines Feilvorganges.

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

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

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

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. 13).

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. 14).

Die Verwendung des Morseapparates zur Messung der Arbeitselemente.

Diese Darstellungsmöglichkeit führt zur Verwendung eines Morseapparates, der, durch einen Zeitbeobachter in geeigneter Weise bedient (Abb. 2, S. 149), den Arbeitsverlauf registriert. Für unsere Werkstattaufnahmen wurde ein Postmorseapparat (I, Abb. 15) 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. 15) kann der Apparat an das elektrische Hauptnetz angeschlossen werden. Zur Einschaltung des Stromes dient die eigens dafür konstruierte Taste (III, Abb. 15), 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.



Abb. 14. Aneinandergereihte Elemente zur Darstellung eines Arbeitsverlaufs. Maßstab 60 mm = 60 Sek., $W = 0,9$.

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

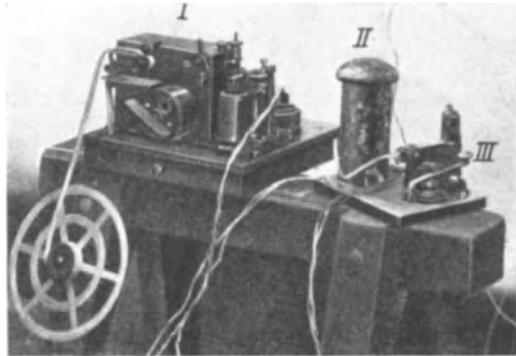


Abb. 15. Morseapparat (I) nebst Stromwiderstand (II) und Morsetaste (III).

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. 16) werden zunächst chronologisch die Bearbeitungsstellen (Abb. 3, S. 150) und die Arbeitsstufen (Feilen, Meißeln, Schaben, Messen, Pausieren) registriert. Mit

Beobachter: <i>S.</i> Dat.: <i>2. III.</i> früh		Schlosser: <i>Hartelt</i> Gegenstand: <i>LX A 3</i>		Blatt Nr. <i>25</i> dazu Skizze Nr. <i>1 a</i>	
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. dienstl.</i>
	<i>f</i>			<i>7³⁰</i>	
	(<i>p</i>)				
	<i>f</i>				

<i>Nr. 25 2./III. 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. 16. Abschnitt eines Beobachtungsprotokolls mit dem zugehörigen Teil des Morsestreifens.

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 IV zu ersehen.

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. 3
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	

Die Bezeichnung des Gegenstandes am Kopf des Beobachtungsprotokolls, Abb. 16: *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. 169), 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

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 erseht, 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. 16, S. 172).

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 Meßrädchens¹ zusammengezählt

¹ Als Meßrädchen 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	mB	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 %	

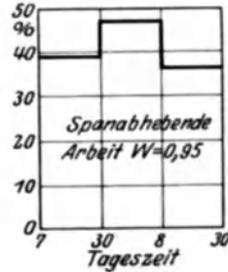
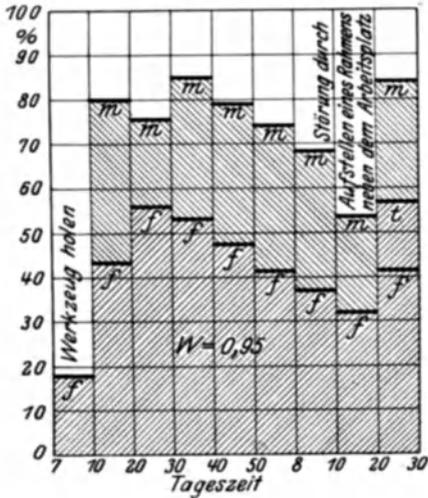


Abb. 17. Formular und graphische Darstellung für Intervallberechnung.

und das Ergebnis in ein Formular (Abb. 17) 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. 17 stellt die Intervallberechnung für den Arbeitsvorgang dar, dessen erste halbe Stunde in Abb. 16 (S. 172) durch einen Teil des Aufnahmeprotokolls und des zugehörigen Morsestreifens wiedergegeben ist.

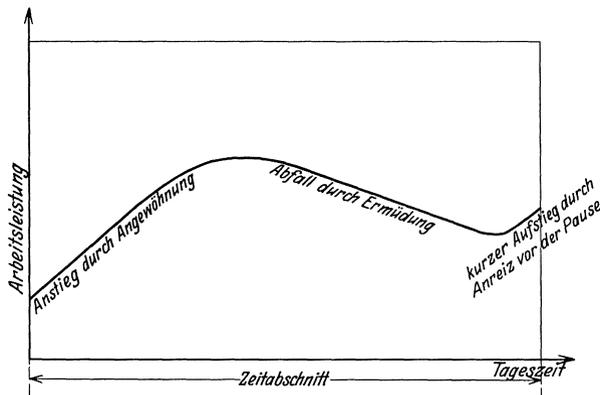


Abb. 18. Leistungscharakteristik eines Zeitabschnittes.

Graphische Darstellung. Die Darstellung der Zusammensetzung der Zeitintervalle als Flächendiagramm Abb. 17 gibt einen in vieler Hinsicht wertvollen Überblick. Die im Beobachtungsprotokoll (Abb. 16, S. 172) 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 erkennt 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. 18).

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. 17 (S. 175) 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. 19).

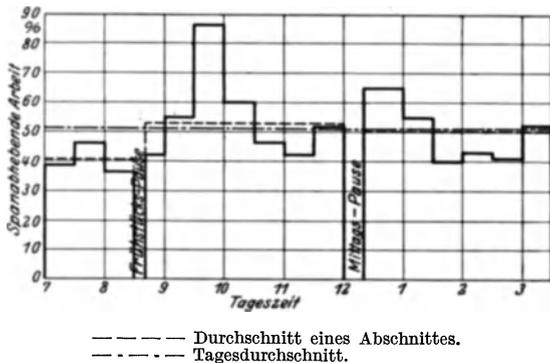


Abb. 19. Arbeitszeit-Schaubild eines Arbeitstages. Dienstag, d. 18. III. 24. Schlosser: Hartelt. Gegenstand: LX A 3.

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 Durchschnittsschaubild superponiert werden (Abb. 20).

Wir erkennen aus diesem Diagramm, daß die Ausnutzung der Arbeitszeit (im Falle des Schlossers Hartelt) während des dritten Tagesabschnittes stark nachläßt. 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 10³⁰ auftritt, entspricht dem Maximum der sogenannten Wachkurve nach Hellpach (Abb. 21).

Dem Diagramm, Abb. 20, ist links unten ein Diagramm der Tagesdurchschnitte derjenigen Tage beigelegt, aus denen das superponierte Arbeitszeitschaubild entstanden ist.

Der Verlauf der Leistung über eine Woche hin ist, wie allgemein bekannt, auch bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterworfen. Natürlich lassen sich diese aber wiederum nur aus einer Vielheit einzelner

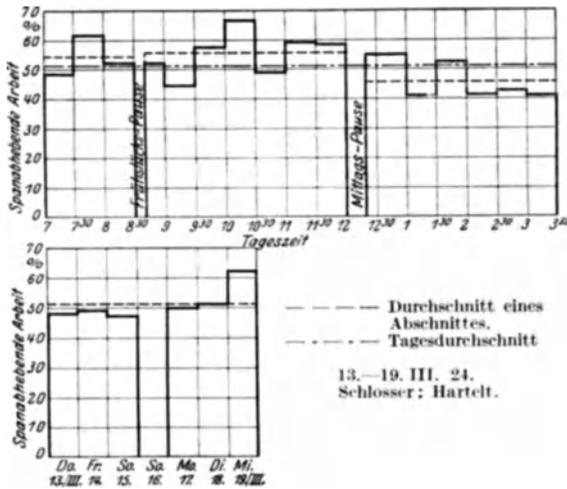


Abb. 20. Arbeitszeit-Schaubild eines Arbeitstages (Superposition der Tage 13., 14., 15., 17., 18., 19. III. 24).

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. 22.

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 Abschnittes 60%, während der des ersten mit 57,7% und der des letzten mit 55% der Zeitausnutzung unter dem Durchschnitt liegen.

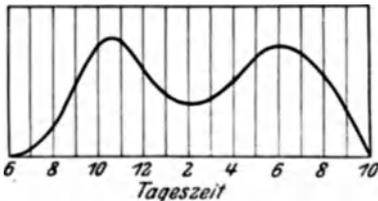


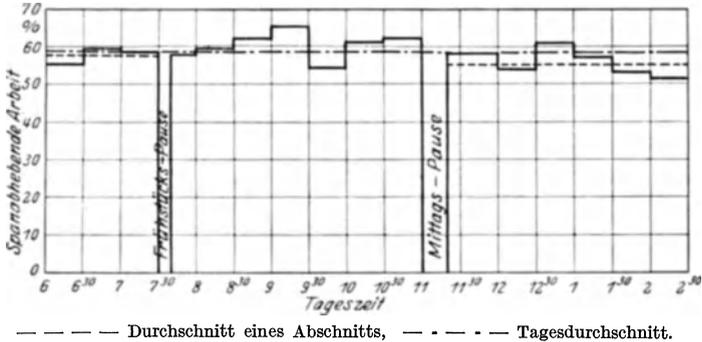
Abb. 21. Wachkurve (nach Hellpach).

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.

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-



— — — Durchschnitt eines Abschnitts, - - - - Tagesdurchschnitt.
 Abb. 22. 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.

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 Bearbeitungsstellenberechnung (Abb. 23) ist für jede zu bearbeitende Fläche, Kante usw. (siehe Abb. 3, S. 150) 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.

Ausgearbeitet: von: <i>B.</i> am: <i>6. III.</i>		Bearbeitungsstellen-Berechnung. Schlosser: <i>Hartelt.</i> Gegenstand: <i>LX A₃</i>				Blatt Nr.: <i>4 St.</i> Unterlagen: Blatt Nr.: <i>25/26/27</i> Dat.: <i>2.—5. III.</i>	
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. 23. Formular für Bearbeitungsstellenberechnung.

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 abzuspannende Materialmenge — also eine Volumengröße — von wesentlicherem 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 abzuspannenden Materialmenge.

2. Der Einfluß anderweitiger Bedingungen auf die Arbeitszeit soll 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,

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

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	„	
			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 dem ersten 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 II, S. 160), dürfte sich dieser Aufwand lohnen.

Die auf Übersicht I, S. 144, 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.

III. 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 bestimmte 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 wid-

men. 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 Wochentagsinflüsse sowie die jeweilige politische und wirtschaftliche Lage sind geeignet, die Ergebnisse eines Zeitstudiums zu färben. Hier ist es unbedingt 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

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

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 Energieverbrauches 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 mechanische 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 worden².

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

² Cheauveau, M.: *Physiologie générale du travail musculaire et de la chaleur animale.* Paris 1909.

1. Durch die Respirationsmethode, in der die Größe der intraorganischen 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 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 in folgedessen 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 danach 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. 24—30 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:

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

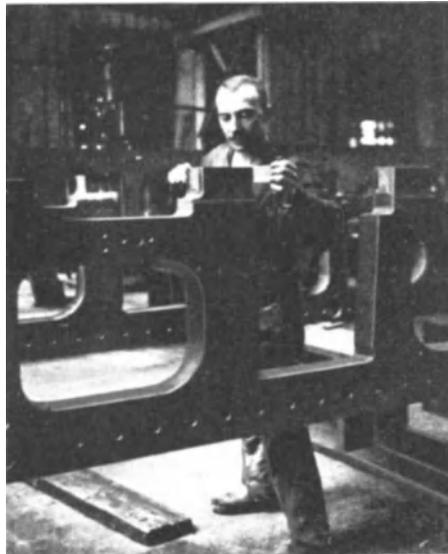


Abb. 24. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Schulterhöhe).

Bei der im V. Teil 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 Falle allerdings nicht um eine Verbesserung des physiologischen Wirkungsgrades, sondern vielmehr um eine Arbeitersparnis. Hingegen wird der Leistungseffekt



Abb. 25. Arbeitshaltung beim Befellen des Barrenrahmen (verschränkt sitzend).



Abb. 26. Arbeitshaltung beim Befellen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Hüfthöhe).

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 gebracht 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

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

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 Kopfnicken 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 Werk-



Abb. 27. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (Angriffspunkt in Ellenbogenhöhe).



Abb. 28. Arbeitshaltung beim Befeilen des Barrenrahmen (verschränkt stehend, Hüfthöhe).

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

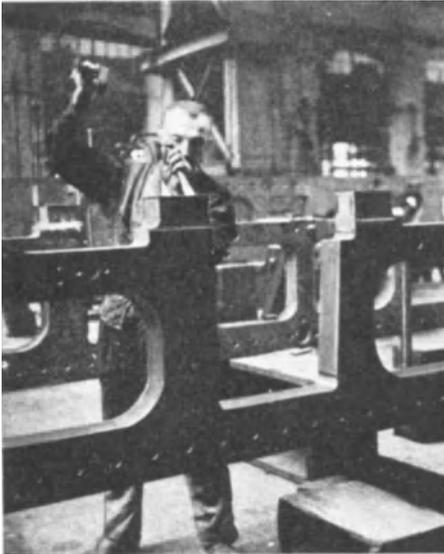


Abb. 29. Arbeitshaltung bei Meißelarbeiten am Barrenrahmen (Angriffspunkt in Schulterhöhe).



Abb. 30. Arbeitshaltung bei Meißelarbeiten am Barrenrahmen (verschränkt sitzend).

zeug 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 Arbeitsvorgängen 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

¹ Bücher: Arbeit und Rhythmus. Leipzig 1909.

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 Suggestibilitätsprüfung 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 so-

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

genannten 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 Arbeiter 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 Bewegung 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

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

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, Morse-
b) Taktanpassungsfähigkeit	
c) Taktstörungsempfindlichkeit	
7. Aufmerksamkeit	Verbesserter Bourdon-Test
8. Apperzeptionsfähigkeit	Verbessertes Tachystoskop
9. Raumvorstellung	Vordrucke
10. Kombinationsfähigkeit	Rybakow-Test
11. Technisches Verständnis	{ Zeichnung einer Brennstoffregu- lierung durch Schwimmer
12. Gedächtnis	
a) für Zahlen und Formen	} Übliche Teste
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.

Obgleich 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., 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 Wichtigkeit 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 Vorbereitungsggrade 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 Spanmengen 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. 31 zusammengestellt.

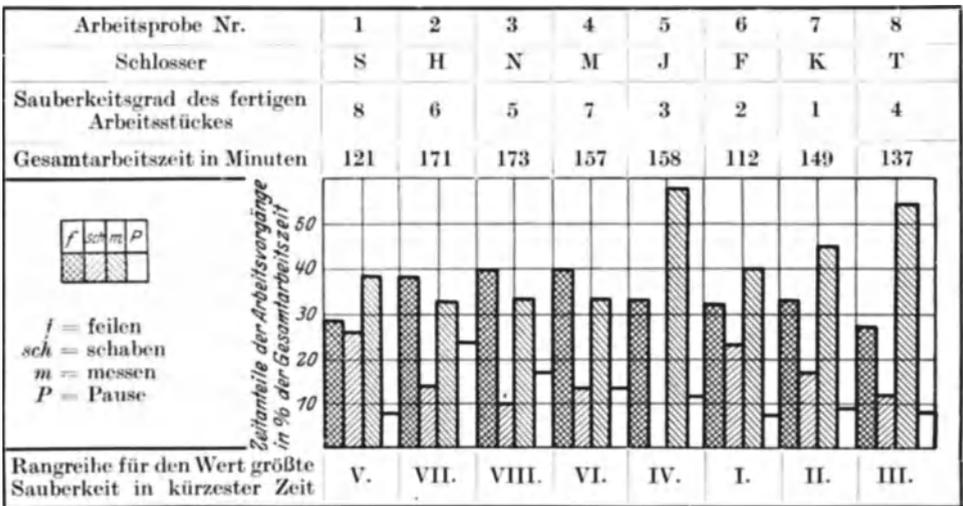


Abb. 31. Ergebnis der Arbeitsprobe.

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 (Taschenlampen- und Glühlampenbirnen) sind an Hand-, Ellbogen- und Schultergelenk 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. 32, 33, 34 und 35. Die Feilbewegungen auf Abb. 32 lassen auf ein unruhiges

„mit dem ganzen Körper Arbeiten“ schließen im Gegensatz zu den Bewegungen in Abb. 33, welche die Bearbeitung eines gleichen Arbeitsstückes durch einen anderen Schlosser zeigt. Es ist erklärlich, daß durch eine Arbeitsweise nach Abb. 32 eine stärkere körperliche Ermüdung des be-



Abb. 32. Lichtpunktaufnahme eines Feilvorganges (ungünstige Arbeitsweise).



Abb. 33. Lichtpunktaufnahme eines Feilvorganges (günstige Arbeitsweise).



Abb. 34. Lichtpunktaufnahme eines Meßvorganges (ruhige u. sichere Bewegungen).



Abb. 35. Lichtpunktaufnahme eines Meßvorganges (unruhig und unsicher).

treffenden Schlossers stattfinden muß als durch die Arbeitsmethode nach Abb. 33. Die Abb. 34 und 35 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. 34 von größerer Ruhe zeugen, als die in Abb. 35, 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 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. 36, S. 202). Diese Eignungsschaubilder müssen, dem eingangs erwähnten Ziel entsprechend, die Beziehungen der verschiedenen Fähigkeiten der 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.

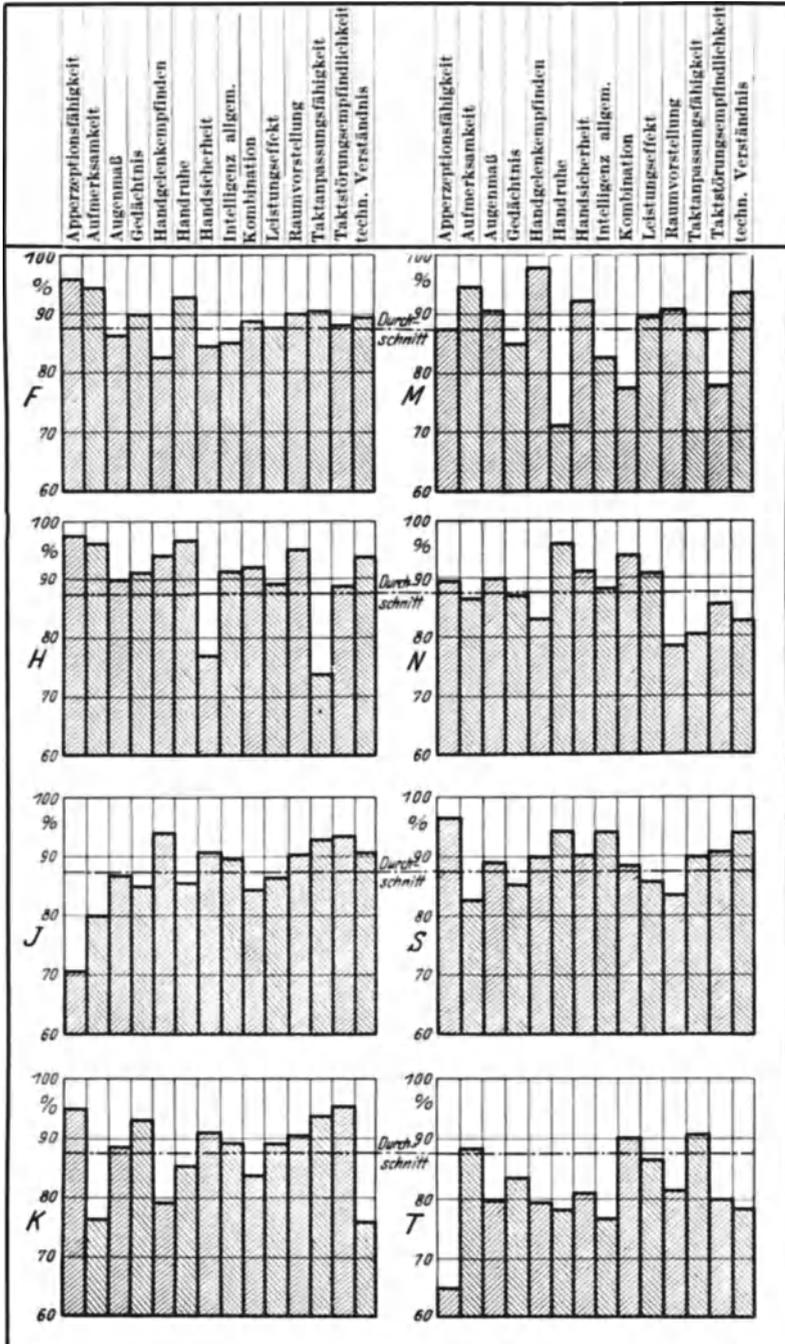


Abb. 36. Ergebnisse der Eignungsprüfung.

IV. 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 beschäftigt 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 an anderer Stelle¹, 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

¹ Dissert. Freund-Wüstehube S. 14.

innerhalb einer bestimmten Genauigkeitsgrenze angeben. Die Kenntnis dieser einigermaßen 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 be-

stimmter 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 aufgehauener Feilen ändern. Übrigens kommt bei dem erwähnten Fortfall der Schnittgeschwindigkeitsfrage eine Änderung der Spanquerschnitte in diesem Zusammenhange gar nicht in Betracht.

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 (II, S. 179) die Angabe, welche Bearbeitungszeit je Bearbeitungsstelle benötigt wurde. Um den Leistungseffekt bestimmen zu können, ist es erforderlich, die in den angegebenen Zeiten

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

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 mm^2 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 $K_z = 50 \text{ kg/mm}^2$ 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 Feilkraft 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.

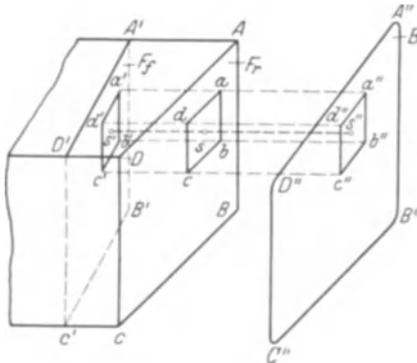


Abb. 37. Schema zur Bestimmung abgespannten Materials an „geraden“ Flächen.

- $ABCD$ = Roh-Fläche = F_r
- $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche = F_f
- $A''B''C''D''$ = Bezugsfläche = 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 Spurenpunkte in einer Geraden von der Richtung der Projektion von ΔF_r auf F_f und B .

- $a''abb''c''cdd''$ = 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 $V_2 = \Delta V_2$
- $aa'b'bcc'e'd'd$ = Volumenteil des zwischen F_f und F_r eingeschlossenen Volumen $V = \Delta V$

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

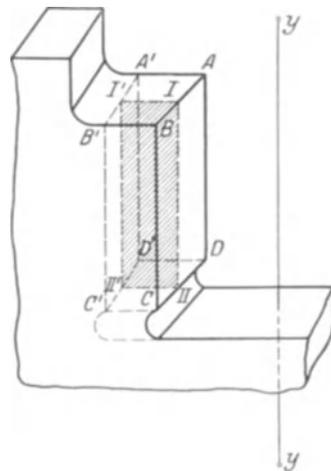


Abb. 38. Schema zur Bestimmung des abgespannten Materials an den „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 37 u. Abb. 3).

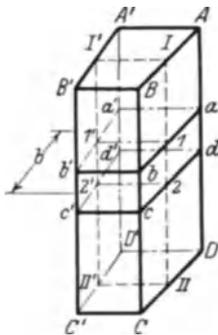
- $ABCD$ = Roh-Fläche
- $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche
- $AA'B'BC'C'D'D$ = Spanvolumen
- $I'I'II'II$ = Mittellängsschnitt durch d. Spanvolumen
- $\overline{Y\overline{Y}}$ = Bezugslinie in der Ebene $I'I'II'II$ liegend.

Diese bestand in der Messung der Flächenabstände von einer Bezugsfläche 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. 3, S. 150. Das Prinzip der Messung ist in Abb. 37 schematisch

dargestellt und beruht darauf, die räumliche Lage der Roh- und Fertigflächen zueinander stereometrisch festzulegen und den zwischen beiden Flächenlagen eingeschlossenen Rauminhalt zu ermitteln.

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. 38 zu ersehen ist.

Erklärung des Prinzips der Spanmengenmittlung. Eine Ebene schneidet die Roh- und Fertigflächen derart, daß ihre Spuren $\overline{I II}$ und $\overline{I' II'}$ ungefähr mit ihren Mittellinien in Längsrichtung zusammenfallen.



$ABCD$ = Roh-Fläche
 $A'B'C'D'$ = Fertig-Fläche
 $AA'B'BCC'D'D$ = Spanvolumen = V
 $I'I'II'II$ = Mittellängsschnitt durch das Spanvolumen
 $a'a'bb'$ } Schnitt durch V in $I'I'II'II$
 $c'c'dd'$ } $c'c'dd'$ = Spanvolumen-Teil von $V = \Delta V$
 $I'1$ } Spuren von $I'I'II'II$ in $a'abb'2'2'$ } und $c'c'dd'$
 b = Höhe der Prismaeile
 $\Delta V = I'122' \cdot b$
 $V = \sum \Delta V$
 $V = I'1III' \cdot b$

Abb. 39. Schema zur Bestimmung des abgespannten Materials an „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 38).

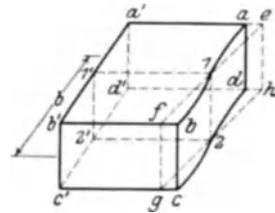


Abb. 40. Schema zur Bestimmung des abgespannten Materials an „geraden“ Flächen der Achsgabeln (vgl. Abb. 39).

$$a'abb'c'c'dd' = \Delta V$$

$$\Delta V = I'122' \cdot b$$

$$+ \underbrace{(fb1 - ae1)}_{\text{Korrektur-Faktor}} \cdot \bar{eh}$$

Dann bildet der zwischen diesen Spuren liegende Flächenabschnitt $\overline{I II II' I'}$ einen Längsschnitt durch das Spanvolumen. Unterteilt man dieses durch eine Anzahl horizontaler Schnitte (der Einfachheit wegen in gleichen Abständen), dann stellt jeder Volumenteil ein Prismaoid dar, das sich mit Hilfe der Simpsonschen Formel berechnen läßt. Wir können in unserem Falle mit genügender Genauigkeit das Prismaoid als ein schief abgeschnittenes Prisma ansehen, dessen Inhaltsbestimmung mit Hilfe des Mittelschnittes $1 1' 2 2'$ entsprechend der schematischen Skizze Abb. 39 erfolgt.

Ist die Grundfläche $a a' b b'$ und $c c' d d'$ nicht trapezförmig, sondern eine davon abweichende Figur (Abb. 40), 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 H6hlung hineingelegt und die Mittelpunktslage der Scheibenschablone von zwei orthogonalen Bezugslinien einer Ebene aus bestimmt (Abb. 41).

Praktische Durchf6hrung der Spanngengenmessungen. F6r die praktische Durchf6hrung der Messungen wurde zun6chst eine Bezeichnungssystematik geschaffen, um die nachfolgende Auswertung zu erleichtern. Die Ma6bzeichnungen f6r das Ausmessen der ebenen Fl6chen zeigt die Abb. 42 und die f6r das Ausmessen der Hohlkehlen die Abb. 43.

Ausmessen der ebenen Fl6chen. Aus der Anordnung der Ma6e in den Abb. 42 und 43 kann auf das Vorgehen beim Messen geschlossen werden. Die Ma6e 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

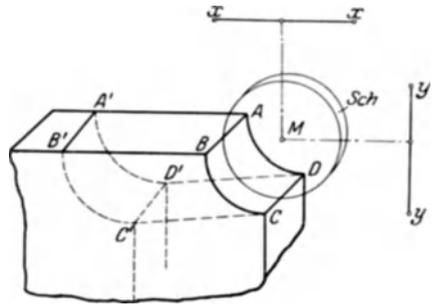


Abb. 41. Schema zur Bestimmung abgespannten Materials an Hohlkehlen.

$A B C D$ = Roh-Fl6che
 $A' B' C' D'$ = Fertig-Fl6che
 $X X'$ und $Y Y'$ = orthogonale Bezugslinie einer Ebene.
 Sch = Scheibenschablone zur Ermittlung von Kr6mmungsradius und Kr6mmungsmittelpunkt.

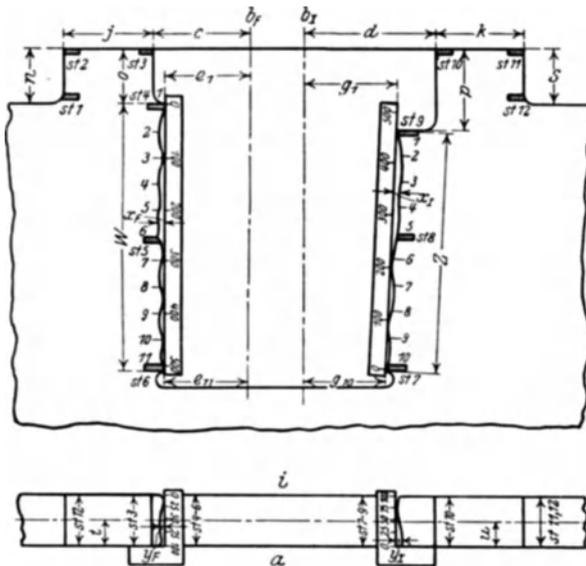


Abb. 42. Ma6bzeichnungen f6r das Ausmessen der ebenen Fl6chen.

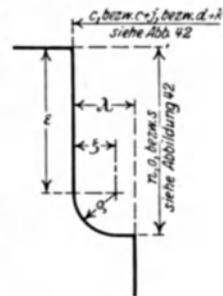


Abb. 43. Ma6bzeichnung f6r das Ausmessen der Hohlkehlen.

gemessen. Als Ma6bezugslinien dienen die Kanten eines 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. 42) zeigen die Stellen, an denen die Rahmenwangenstärken gemessen wurden. Die Maße x_F und x_I (Abb. 42), 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 Scheibenzkreismittelpunkten zusammenfielen, um an den Winkelschenkeln Anlage zur Messung der Mittelpunktdistanzen zu haben (Abb. 44). 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.

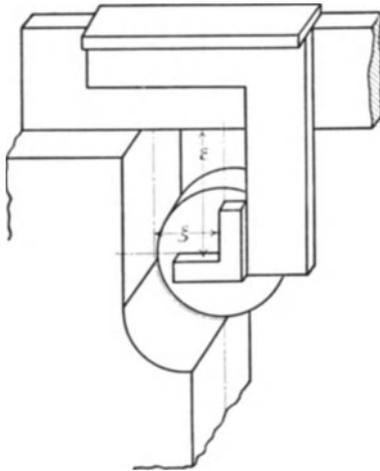


Abb. 44. Ausmessen der Hohlkehlen.

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 beendeter Arbeit möglich machen mußten. Grundprinzip war, wenn irgend möglich, auch die Meßentfernungen immer durch Punkte festzulegen und den

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 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 gewesen 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 Beschaffung von Fühlhebelinstrumenten war infolge der Wirtschaftskrise nicht möglich. Die Meßfehler, die dadurch entstehen mußten, daß die Meßdrücke 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. 45 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 des von uns eingeschlagenen Vorganges 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_F , in ihrer Breite durch st_4 bis st_6 und y_F (Abb. 42, S. 209). 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

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>	Schlag- härte- probe				
<i>c</i>	237,13	238,65	<i>k</i>	172,3	170,0	bei $0 x =$ am <i>En-</i> de $x =$	0	0,40	<i>H</i> ₁	ϱ	20,0	20,0	<i>I</i>	3,18		
<i>d</i>	307,50	307,60	<i>n</i>	89,6	90,4		0	0,0		ε	68,4	70,4		2	3,10	
<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	3,17	
<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	3,15
<i>e</i> ₃	224,39	224,71	<i>s</i>	88,7	90,5		0	43		6	2,5				5	3,00
<i>e</i> ₄	224,38	224,77	<i>st</i> ₁	100,9	99,9		487	Ende		425	Ende	ϱ	19,0	20,0	6	3,10
<i>e</i> ₅	224,41	224,83	<i>st</i> ₂	100,9	99,8							ε	71,0	71,1	7	3,10
<i>e</i> ₆	224,45	224,89	<i>st</i> ₃	100,9	100,0							ξ	19,3	20,0	8	3,10
<i>e</i> ₇	224,47	224,95	<i>st</i> ₄	100,8	100,1							λ	13,0	14,2	9	3,00
<i>e</i> ₈	224,49	225,00	<i>st</i> ₅	100,7	100,1										10	3,10
<i>e</i> ₉	224,50	225,00	<i>st</i> ₆	100,5	100,3	0	0,40	0,15	<i>H</i> ₆	ϱ	20,0	20,0	11	3,10		
<i>e</i> ₁₀	224,49	225,04	<i>st</i> ₇	100,7	100,4	25	0,30	0,15		ε	69,8	70,1	12	3,10		
<i>e</i> ₁₁	224,38	225,14	<i>st</i> ₈	100,7	100,3	bei 50	0,20	0,0		ξ	21,0	20,0	$\Sigma \varnothing$	37,26		
<i>g</i> ₁	240,88	242,00	<i>st</i> ₉	100,8	100,4	75	0,05	0,0		λ	32,3	33,9	$\varnothing m$	3,10		
<i>g</i> ₂	238,61	239,10	<i>st</i> ₁₀	100,7	100,1	100	0,00	0,0					<i>Härte</i>	119		
<i>g</i> ₃	235,15	235,56	<i>st</i> ₁₁	100,8	100,1						Bemerkungen:					
<i>g</i> ₄	232,33	232,65	<i>st</i> ₁₂	100,8	100,1											
<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. 45. Meßprotokoll.

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. 46). Die ganze Spannmenge ist daher gleich der mittleren Breite der Rahmenwange mal der (// //) = minus der (// // + // //)-Fläche (Abb. 46).

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 angegebenen 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 Rahmenlängsachse stehen. Ihre Projektionen würden also die im Grundriß der Abb. 46 angedeuteten Linien I—I und II—II sein. In Wirklichkeit aber sind die Schnittkanten eines

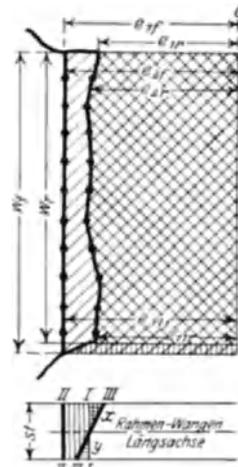


Abb. 46. Spanmenge der Fläche F' .

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

Abb. 47. Arbeitsanweisung I.

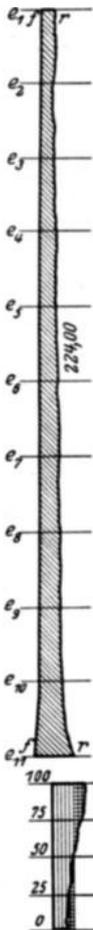


Abb. 49. Schnitt durch eine Fläche F . Längenmaßstab 1 : 2,5, Breitenmaßstab 10 : 1.

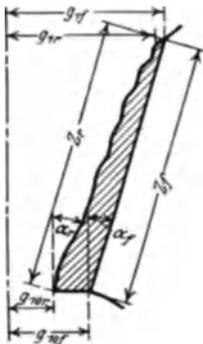


Abb. 48. Spannenge der Fläche I .

gedachten Horizontalschnittes durch die Flächen F vor der Bearbeitung nicht rechtwinklig zur Rahmenlängsachse, sondern verlaufen etwa nach der im Grundriß der Abb. 46 (S. 213) 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 Spannmenge noch zu berücksichtigen ist. Die Ermittlung der Flächen X und Y geschieht am einfachsten graphisch, denn aus dem Protokoll Abb. 45 (S. 212) ist auf Grund der y -Maße eine Aufzeichnung der Flächenwinkligkeit und damit auch

	Rahmen	LX	LXVI	
	Achse	A_2	A_3	
Formular zur Ermittlung von Sp_F nach Arbeitsanweisung I (Abb. 47).	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_{F2}	+ 829,6	—		
Sp_F	24,02	34,09		

Abb. 50. Abschnitt eines Formulars zur Ermittlung der Spannengen der Flächen F nach Arbeitsanweisung I.

ein Ausplanimetrieren der Flächen X und Y möglich (siehe Grundriß in Abb. 49).

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 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. 47, S. 213 zu ersehen.

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

Abb. 51. Arbeitsanweisung II.

Ein Abschnitt des dazugehörigen Ausrechnungsprotokolls, beispielsweise ausgefüllt mit den sich aus den Unterlagen des Aufnahmeformulars (Abb. 45, S. 212) ergebenden Werten, zeigt Abb. 50.

Außer der analytischen Ermittlung erfolgte noch die zeichnerische Darstellung des Mittellängsschnittes durch das Spanvolumen entsprechend dem Schema nach Abb. 38 (S. 207). Für die schon in dem Aufnahmeprotokoll (Abb. 45, S. 212) und in dem Ausrechnungsformular (Abb. 50, S. 214) als Beispiel behandelte Fläche F ergibt sich die Abb. 49.

Spannungsermittlung bei den Flächen I . Die Spanmengen der Flächen I (Abb. 3, S. 150) 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. 48, S. 214) der ebenfalls nach einer Arbeitsanweisung ermittelt wurde (Abb. 51).

Tabelle V. Berechnung von α (Abb. 53a und b).

im Falle $\xi_r - \varrho_r = +$ (Abb. 53a)	im Falle $\xi_r - \varrho_r = -$ (Abb. 53b)
$\tau = \sqrt{\varepsilon_r^2 + \xi_r^2}$	$\vartheta = \sqrt{\varepsilon_r^2 + \xi_r^2}$
$\text{tg I} = \frac{\varepsilon_r}{\xi_r}$; daraus \sphericalangle I	$\text{tg I} = \frac{\varepsilon_r}{\xi_r}$; daraus \sphericalangle II
$\sin \text{II} = \frac{\varrho_r}{\tau}$; daraus \sphericalangle II	$\sin \text{II} = \frac{\varrho_r}{\vartheta}$; daraus \sphericalangle II
$\sphericalangle \text{III} = 90 - (\sphericalangle \text{I} + \sphericalangle \text{II})$	$\sphericalangle \text{III} = (\sphericalangle \text{I} + \sphericalangle \text{II}) - 90$
$\alpha = \varepsilon_r \cdot \text{tg III}$	$\alpha = \varepsilon_r \cdot \text{tg III}$

Außerdem wurden zum Aufreißen der Hohlkehlen noch benötigt: Die Maße c, d, j, k, n, o, s (Abb. 42, S. 209), $\lambda, \varepsilon, \xi, \varrho$ (Abb. 43, S. 209), aus denen berechnet wurden die Maße: ω, γ, o und ψ (Abb. 52, S. 216).

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. 54).

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	\sphericalangle	—
$+\xi_r^2$	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	$-\varepsilon_f$	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 $\xi_r - \varrho_r = -$		
$\varepsilon_r: \xi_r = \text{tg I}$	3,325			80° 59' 60"		I + II	
$\varrho_r: \sqrt{\Sigma} = \sin \text{III}$	0,2703	$-(I + II)$		88° 58'		—	89° 50' 60"
$\sphericalangle \text{I}$	78° 17'	$\sphericalangle \text{III}$		1° 2'		$\sphericalangle \text{III}$	
$\sphericalangle \text{II}$	15° 41'	tg III		0,01805		$\sin \text{III}$	
$\sphericalangle \text{I} + \text{II}$	88° 50'	$\text{tg III} \cdot \varepsilon - \alpha =$		1,26		$\varrho_r \sin =$	
ε_f		L X A ₂		c_f		j_r	
$-\varepsilon_r$				$-c_r$		r	

Abb. 54. Berechnungsformular.

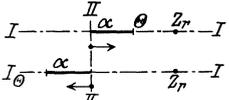
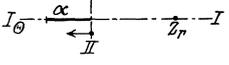
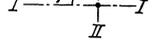
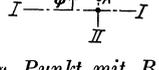
Operations- folge	Aufzeichnen der Hohl- kehlen mit Hilfe der Arbeitsanweisung IV. Abb. 52, 53a und b und des Ausrechnungs- protokolls Abb. 54.
I nur bei neuem Zeichenblatt- beginn.	<i>Beginne beim neuen Zeichenblatt mit dem Aufzeichnen der Hohlkehlen in der linken unteren Ecke. Reiß die Linie I—I der ersten zu zeichnenden Hohlkehle in der Entfernung $o + 30$ und die Linie II—II in der Entfernung $\sigma + 30$ von den Blattkanten entfernt auf. Führe dann die Operation IV und ff. aus.</i>
II	<i>Reiß bei Fortsetzung eines schon bezeichneten Blattes die Linie I—I der neu zu zeichnenden Hohlkehle in der Entfernung $o + 30$ von der Linie III—III der vorher gezeichneten Hohlkehle in \uparrow Richtung auf. Bezeichne die gezogene Linie mit I—I.</i>
III	<i>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.</i>
IV	<i>Trage auf I von II aus ξ_r auf; bezeichne diesen Punkt mit Z_r.</i>
V	<i>Trage auf I von II aus α auf;</i> <i>bei $\xi_r - \varrho_r = +$: </i> <i>„ „ = - : </i> <i>Bezeichne den Endpunkt mit θ;</i>
VI	<i>Ziehe im Falle $\xi_r - \varrho_r = -$ eine Parallele zu I—I in der Entfernung ϱ_r sin III oberhalb I—I.</i>
VII	<i>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.</i>
VIII	<i>Trage auf I von II aus λ_r auf; ziehe durch diesen Punkt eine \perp zu I—I. Bezeichne diese Linie mit IV—IV.</i>
IX	<i>Trage auf IV von I aus η in \downarrow Richtung ab. Bezeichne diesen Punkt mit N.</i>
X	<i>Ziehe von N eine Tangente an den Kreis von VII.</i>
XI	<i>Trage auf I von IV aus ω ab. Bezeichne diesen Punkt mit Ω.</i>
XII	<i>Trage auf I von Ω aus λ_r auf; ziehe durch diesen Punkt eine \perp zu I; bezeichne diese Linie mit V—V.</i>
XIII	<i>Trage auf V von I aus o ab; Bezeichne diesen Punkt mit y.</i>
XIV	<i>Trage auf II von I aus ψ ab; bei $\psi = +$: </i> <i>„ „ = - : </i> <i>Bezeichne diesen Punkt mit A.</i>
XV	<i>Trage auf I von Ω aus ξ_r auf; bezeichne diesen Punkt mit B.</i>
XVI	<i>Bestimme mittels Parallelen zu I und II durch A und B den Punkt Z_r.</i>
XVII	<i>Schlage um Z_r einen Kreis mit ϱ_r.</i>
XVIII	<i>Ziehe von Y und Ω aus Tangenten an den Kreis von XVII.</i>

Abb 55. Arbeitsanweisung für das Aufzeichnen der Hohlkehlen.

Das Aufzeichnen der Hohlkehlen war durch eine Arbeitsanweisung festgelegt, die aus Abb. 55 zu ersehen ist.

Eine nach dieser Arbeitsanweisung aufgerissene Hohlkehle, deren Maße dem Aufnahmeprotokoll Abb. 45 (S. 212) entnommen sind, und deren Ausrechnung in Abb. 54 (S. 217) vorgenommen ist, zeigt die Abb. 56.

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 und P sowie die der Flächen N (Abb. 3, S. 150), von denen die letzteren nur soweit bearbeitet wurden, als es der Sitz des Achsgabelsteges erforderte, sind ausschließlich analytisch ermittelt worden. C, E und P

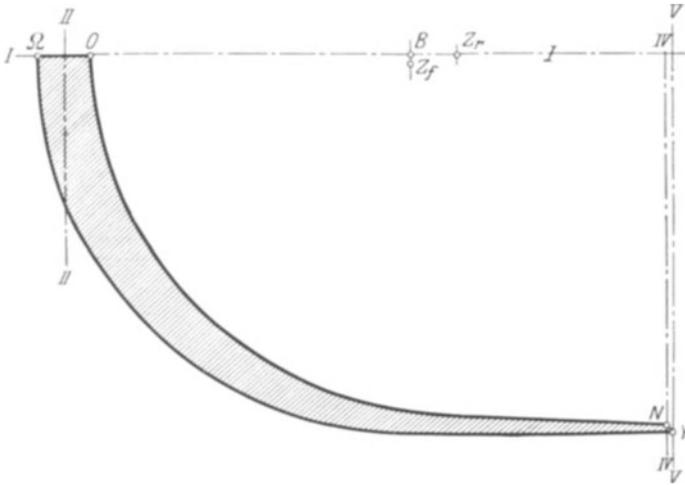


Abb. 56. Schnitt durch eine Hohlkehle. Maßstab 5:1.

sind bekannt aus σ , σ_H und ε (Abb. 52, S. 216) 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 Spannungenermittlung. Mit diesen Beispielen sei die Erläuterung der Spannungenermittlung abgeschlossen. Als Ergebnis lieferten die Spannmengenmessungen nicht nur die vor allem zur Akkordbestimmung benötigten Spanmengen, sondern auch Tatsachen, die von allgemeiner Bedeutung sind. Betrachten wir die in Abb. 49 (S. 214) dargestellte graphische Ausarbeitung des Mittellängs- und Horizontalquerschnittes 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 mechani-

schen 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. 57 ist noch einmal schematisch ein Flächenlängsschnitt wiedergegeben, wie er schon für eine wirkliche gemessene Fläche in der Abb. 49 (S. 214) 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,

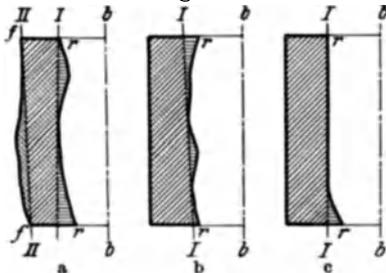


Abb. 57. Unebenheit von Flächen.

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

die ganze schraffierte Fläche ($\equiv + // + \\\\) 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 worden sein. Die $\\\\) bezeichnete Fläche mal der Rahmenwangenbreite ergibt die Spanmenge, durch die eine Unebenheit der Fertigfläche hervorgerufen wird.$$

Unter der Voraussetzung, daß die in den Abb. 57b und c wachzunehmenden Spanmengen (\equiv -Flächen) gleich sind, läßt sich schon aus der bloßen Anschauung heraus schließen, daß die Unebenheit nach Abb. 57b schwieriger zu beseitigen sein wird als die nach Abb. 57c.

Es kommt darauf an, über welche Länge sich die abzufeilende Spannmengenge verteilt.

Der Ebnungsschwierigkeitsfaktor. Man kann nun für die verschiedenen Unebenheitsarten „Ebnungsschwierigkeitsfaktoren“ aufstellen und die bloße Zerspanung ohne zusätzliche Bedingungen des Ebnens, Winkligfeilens usw. gleich 1 setzen. Die Berücksichtigung des Unebenheitsgrades könnte durch eine Korrektur der Spannmengenge vorgenommen werden. Man multipliziert die außerhalb einer durch die Geraden I und II gedachten Ebene liegenden Spannmengen mit den ihnen zugehörigen Ebnungsschwierigkeitsfaktoren und fügt die so erhaltenen Werte zu der zwischen den Ebenen I und II liegenden Spannmengenge hinzu. Für Flächen, bei denen auch der Grundriß Unebenheiten zeigt (Abb. 49, S. 214), 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 III. Teil behandelte Arbeitsprobe anfertigen.

Bei der zeichnerischen Darstellung der Hohlkehlen (Abb. 56, S. 219) 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 Spannmengen 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 Spanmengenmittlungsergebnisse. Die Resultate der gesamten Spanmengenmittlung bilden ein Gegenstück zur Bearbeitungsstellenberechnung (II. Teil, S. 179ff.), mit der zusammen sie im V. Teil 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

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 Stahlseisen 1922 und Präzision 1922.

⁵ Der Herbertsche Pendelhärteprüfer. Z. V. D. I. 1923; Stahlseisen 1923.

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

⁷ Redens: Verschleißversuche mit Kugellagerchromstahl. Solingen. Stahlseisen 1924.

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

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.

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. 11 (S. 169) 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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

und die maximale Beschleunigung b_{max} (für $-\sin (2 t) = 1$) 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, wieweit wir, um der Forderung 1 (S. 223) 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 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. 58).

Beschreibung des Feilapparates. Die Verwirklichung dieses Versuchsgedankens erfolgte an dem selbsterbauten kleinen Apparat,

der durch die Abb. 59a, b und c wiedergegeben ist. Der Apparat 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 ist. Auf dem Versuchsstück wird eine für den Apparat speziell

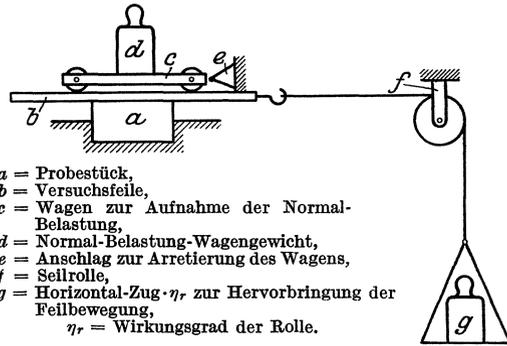


Abb. 58. Schematische Darstellung der Feilversuchsanordnung.

hergestellte Feile hin- und herbewegt, wobei eine Gewichtsbelastung *C*, die in ihrer Größe verändert werden kann, den vertikalen Feildruck während

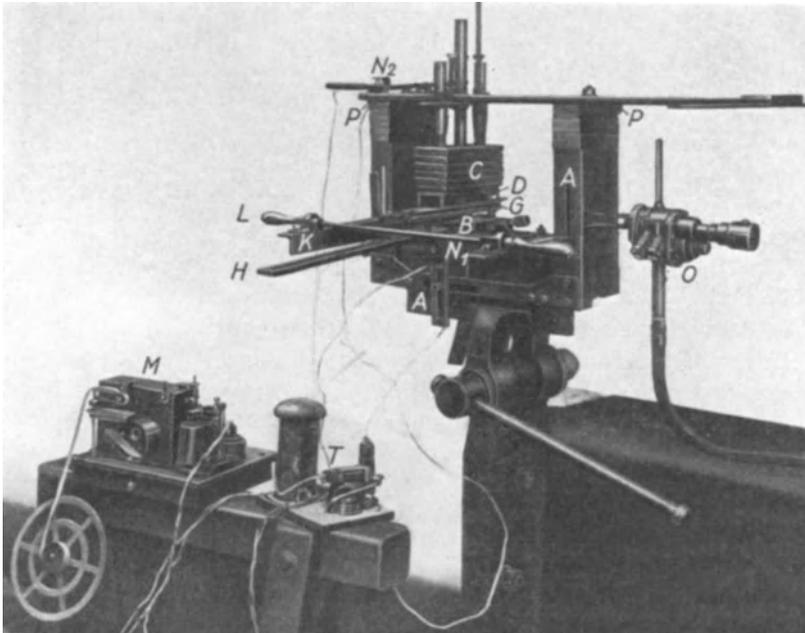


Abb. 59a. Feilapparat mit registrierendem Morseapparat.

des Arbeitshubes erzeugt. Beim Rückzug der Feile wird das Gewicht gelüftet, damit die Zähne nicht unnötigen Beanspruchungen ausgesetzt

sind. Der Vertikaldruck auf die Feile wird durch einen Wagen *D* übertragen, derart, daß die Feile unter der Belastung durchrollt. Diese Anordnung ist nötig, damit ein gerades Feilen erzielt wird; hätte die Feile ein Gewicht, das auf ihr befestigt ist, mitzunehmen, so würde das Versuchsstück bucklig gefeilt werden. Der Wagen *D* trägt an seiner Unterseite zwei verstellbare Rollen und ist zum Zwecke einer vertikalen Bewegungsmöglichkeit in drei geschliffenen Buchsen geführt. Hierdurch wird ein Ecken oder Hängenbleiben vermieden, falls sich Späne zwischen

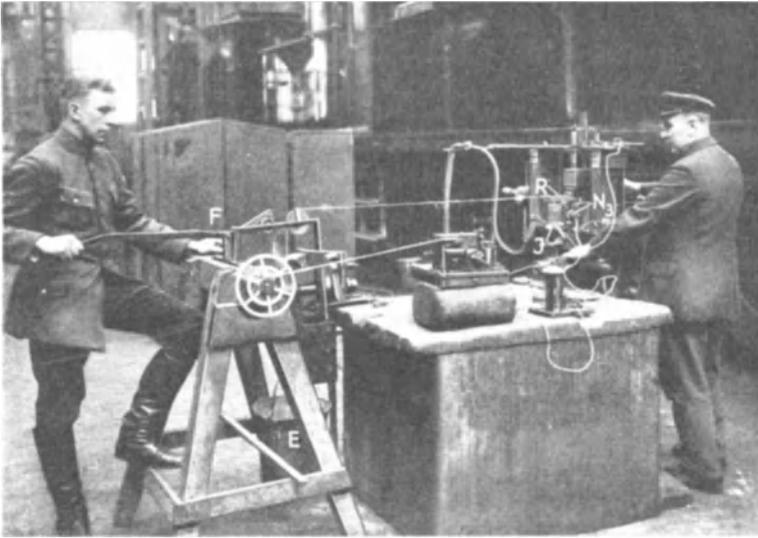


Abb. 59 b. Ausführung des Feilversuches.

Feile und Versuchsstück aufrollen, die kleine Ausweichbewegungen der Feile in vertikaler Richtung nötig machen. Den Horizontalzug beim Feilen bewirkt ebenfalls eine Gewichtsbelastung *E*, die beim Feilerrückzug durch die besondere Lüftvorrichtung *F* aufgehoben wird. Durch zwei Rollen *G* und durch ein an der Feile befestigtes, besonders konstruiertes Feilenheft ist eine immer gleiche Bewegungsrichtung der 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 *J* gehalten, nach dessen Umliegung 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-

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

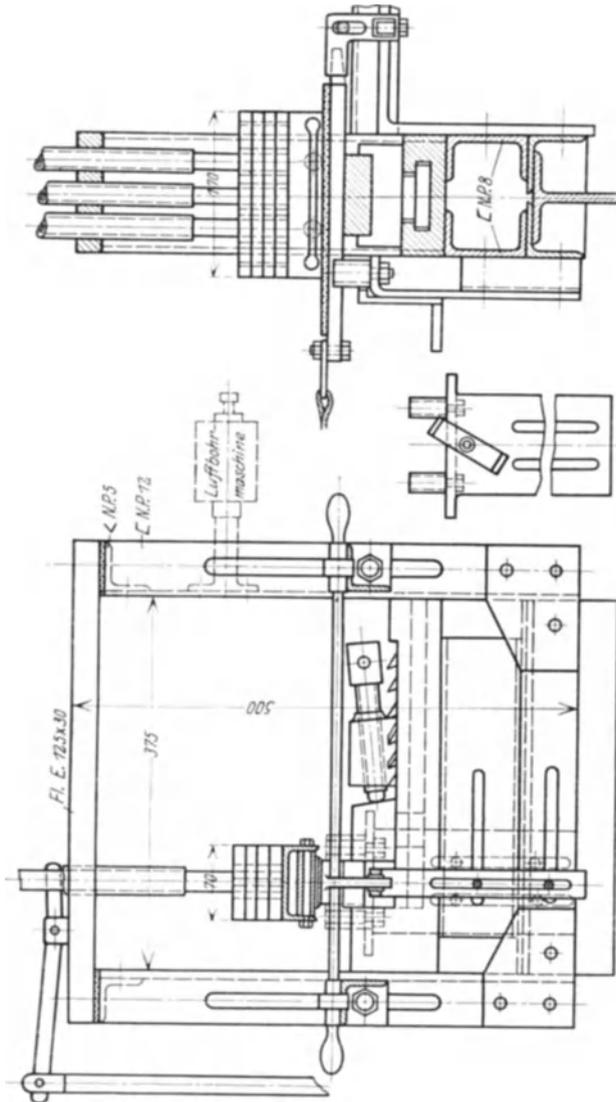


Abb. 59 c. Feilapparat zur Bestimmung der mechanischen Arbeit beim Feilen.

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, wo-

durch 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 N_1 bis N_3 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 J , nach dessen Umlegen die Feile durch die im Eimer befindliche Belastung E vorgezogen wird. Gleichzeitig schließt der Hebel J 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) = $40 \cdot 20 \cdot 20 \text{ mm}^2$, 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/sec^2 .

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

Tabelle VI. 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_{mittl}
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 Materialmenge 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. 230 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 cm². Die Hiebtiefe betrug 0,3 mm, der Schnittwinkel 5°. Die Feilenlängsachse wurde vom Unterhieb unter 120° bzw. 60° geschnitten, vom Oberhieb unter 112,5° bzw. 67,5°. Die Werte, die die Abnutzungsversuche ergaben, sind in Abb. 60 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

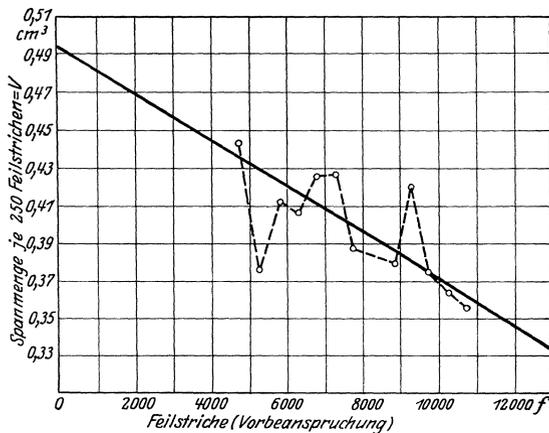


Abb. 60. Feilen-Abnutzungsversuch.

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

bisher 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 V. Teil zu beschreibenden Interpolationsmethode. Der verhältnismäßig geringe Umfang unserer Versuche und die Einfach-

heit der Versuchsordnung 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. 60, S. 231) 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 VII):

Tabelle VII. 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
	0,445	5000
	0,422	6000
	0,401	7000
	0,390	8000
	0,370	9000
	0,365	10000
	0,355	11000
	0,345	12000
	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 Streuwerte:

$$A' = H + 1932 \tag{3}$$

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 VIII).

Tabelle VIII. Berechnung der mechanischen Arbeit mkg je 1cm^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. 231). 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 abgespante 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, wohlgemerkt, 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:

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

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. 230). 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. 223 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 Feilwiderstand 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.

V. 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 II. Teil beschriebene Zeitstudie die Zeit und durch die technologische Ermittlung, die den Gegenstand des IV. Teils 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 III. Teils 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 Änderungen erfahren müssen. Die Struktur der einmal gefundenen Gesetze dürfte jedoch überall dieselbe bleiben, besonders deshalb, weil auf Grund der Formeln (6) bis (13) (S. 235 bis 236) 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. 19, 20 und 22, S. 177 bis 179) 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 Meßvorgänge 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

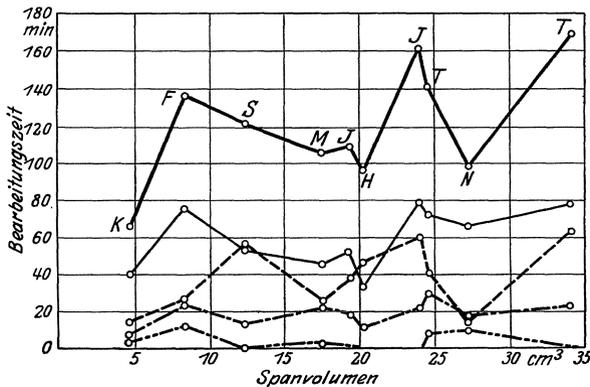


Abb. 61. Bearbeitungszeit für die Fläche F an 10 verschiedenen Achsgabeln in Beziehung zur jeweilig abgespannten Materialmenge.

— gesamte Zeit — — — Feilen — — — Pause — — — messen — — — schaben

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. 61 stellt die Ergebnisse der Untersuchung an der Arbeitsfläche F (siehe Abb. 3, S. 150) 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. 62 zeigt die prozentualen Anteile des Messens, der Pausen und die Summe Messen + Pausieren an den spanabhebenden Arbeiten, und zwar in Beziehung zu den jeweilig prozentualen Abweichungen von der Durchschnittszeit.

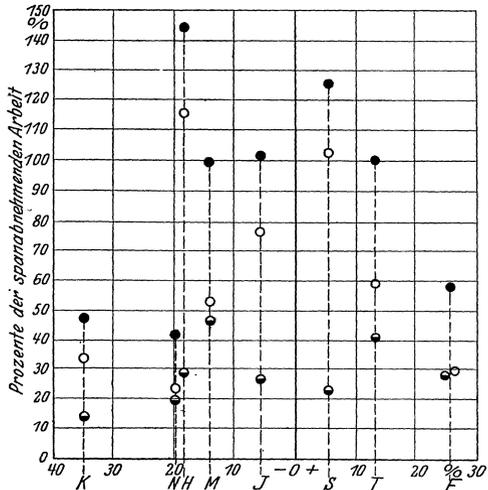


Abb. 62. Messen und Pausieren in % der spanabnehmenden Arbeit in Beziehung zu den prozentualen Abweichungen von der durchschnittlichen Arbeitszeit (Fläche F).
 ● messen + pausieren. } prozentuale Abweichung von
 ● messen } der durchschnittlichen
 ○ pausieren } Arbeitszeit.

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 Spannmenge 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. 60, S. 231).

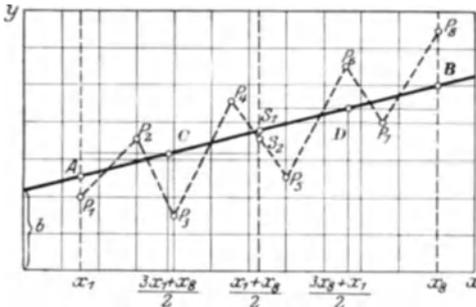


Abb. 63. Gerade mittlerer Streuungspunkte.
($y = m x + b$).

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

eingetragen (Abb. 63) und durch einen Linienzug verbunden. Der Integralwert des Linienzuges $P_1, P_2, P_3, \dots, P_8$ läßt sich durch die 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 $C-D$ entspricht der mittleren Steigung des Linienzuges P_1, P_2, \dots, P_8 für den Bereich der Abszissen

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

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 $D = AB$ 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. 64).

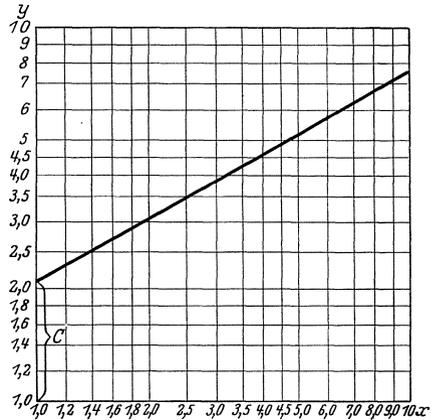


Abb. 64. Graphische Ermittlung der Exponentialfunktion ($y x^k = C$).

Tragen wir die Streuungspunkte in Abb. 61 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. 61, S. 238, 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 IX stellt die Zeitwerte t für gleiche Spanvolumen v beider Gesetze zusammen.

Abb. 65 gibt den Linienzug der empirischen Werte und die beiden Linien mittlerer Streuungspunkte (Gerade und Hyperbel höherer Ordnung) wieder, deren analytische Ausdrücke

$$t = 1,14 v + 100 \tag{1}$$

und

$$t = 88 \cdot v^{0,103} \tag{2}$$

sind.

Aus den Anfangsbedingungen $v = 0$ erhalten wir nach Gleichung (1) für t den Wert $t = 100$. Obgleich eine gewisse Rüstzeit für Herrichten

Tabelle IX. 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

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.

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 müs-

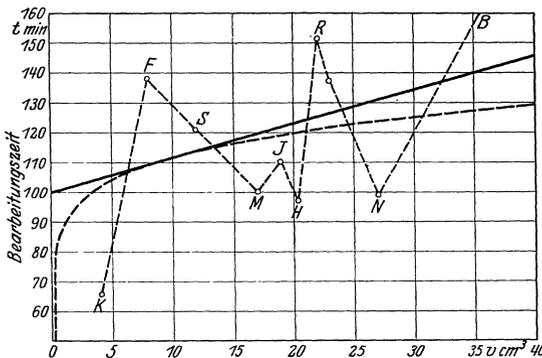


Abb. 65. Linien mittlerer Streuungspunkte.

a) linear: $t = 1,14 v + 100$, b) hyperbolisch: $t = 88 v^{0,103}$
 ——— $t = 1,14 v + 100$ - - - - $t = 88 v^{0,103}$

sen 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. 235.

$$A' = 112,5 \cdot 41\,000^{0,28} \cdot 113^{0,07} = 3050 \text{ mkg}.$$

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 100·500 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 Berichtigungsgliede $\frac{A'}{3050}$ 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 Krestasche 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 Barrenrahmen konstant ist und zwar $b = 100$. Der Berichtigungsfaktor 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

$$t = 88 \cdot v^{0,103} \text{ (siehe S. 241)}$$

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

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

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 Kantenbrechen 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. 24 bis 30, S. 189 bis 192), 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 $f = 41\,000$ vorbeanspruchht.

Durchrechnung eines Beispiels. Als Beispiel zur Anwendung der Formel sollen für die Flächen einer Lokomotivachsgabel (siehe Abb. 3, S. 150) die Zeitermittlungen durchgeführt werden. Um das Spanvolumen zu errechnen, muß man für die Vorbearbeitung eine bestimmte Toleranz zugrunde legen, derzufolge auch eine bestimmte Zerspanungstiefe bei der Nachbearbeitung von Hand notwendig wird. Nehmen wir an, der

Vorbearbeitungsgrad der Lokomotivrahmen sei derart, daß eine Zerspanungstiefe 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:

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

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 4 Teilen 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.

Arbeitszeitermittlung in Handwerksbetrieben.

Von Dr.-Ing. A. Winkel.

I. Besonderheiten der handwerklichen Fertigung.

Die Frage: „Was ist Handwerk, was ist Fabrik?“ wird sich restlos und allgemeingültig wohl nie ganz lösen lassen. Rein technisch gesehen kann der Unterschied zwischen Einzelfertigung und Reihen- bzw. Massenherstellung nicht als Merkmal für die Zuteilung zu der einen oder anderen Herstellungsart gelten; denn es gibt sowohl große und größte auf Einzelherstellung eingerichtete Fabrikbetriebe, wie auch Handwerksarten mit teilweise regelrechter Massenfertigung. Auch die Größe des Betriebes ist nicht ausschlaggebend, nachdem viele „Großhandwerke“ hinsichtlich Betriebsumfang über manche Kleinfabriken stark hinausgehen. Betrachtet man dagegen die Art und Vorbildung der Arbeitenden, so ergibt sich schon eine deutlichere Scheidung: Im Handwerk ausschließlich gelernte oder in der Ausbildung begriffene Facharbeiter, letztere nur in den ersten Lehrjahren als Hilfskräfte verwendet; in der Industrie neben diesen gewöhnlich ein mehr oder weniger großer Anteil nur angelernter oder ungelerner Leute. Die beste Unterscheidungsmöglichkeit bietet aber die Arbeitsweise. Danach stellt sich die Fabrikation als die gleichzeitige Fertigung mehrerer zu einem Erzeugnis gehörender Einzelteile unter weitgehender Verwendung von Maschinen nach genau festgelegten Unterlagen (Maßzeichnungen, Maßskizzen, Mustern) dar, wonach der Zusammenbau der auf Maß bearbeiteten Teile unter möglichster Ausschaltung nachträglicher Maßkorrekturen und Anpaßarbeiten vorgenommen wird. Dagegen bearbeitet das Handwerk ursprünglich und bei fehlenden Maschinen auch heute noch schrittweise die Einzelteile nacheinander entweder ohne jede Unterlage (Anpassung am Aufstellungsort) oder nach roher Skizze, Modell, angenähertem Muster oder teilweise mit Maßen versehener Zusammenstellungszeichnung (meist in natürlicher Größe). Bei vorhandenen Maschinen findet höchstens eine teilweise Vorbearbeitung bzw. Bearbeitung auf einzelne Maße an mehreren Teilen gleichzeitig statt; in der Hauptsache werden auch dann die Teile erst durch Anpassen am Hauptstück folgeweise fertig gemacht.

Durch die Verwendung von Maschinen nähert sich der Handwerksmeister somit ein wenig der industriellen Fertigungsweise, und je mehr

er in dieser Richtung fortschreitet, um so mehr wächst sich sein Betrieb zur Fabrikation aus. Einen scharf feststellbaren Grenzübergang gibt es dabei nicht; man wird immer noch von einem Handwerk sprechen können, solange die Anpaßarbeit, also die Dimensionierung der Einzelteile am Hauptstück, vorwiegt.

Andererseits fehlt es auch in der Industrie niemals ganz an einer wenigstens handwerksähnlichen Herstellung. Die übliche Montage bei Einzel- und kleiner Serienfertigung, Modellschreinerei, Handformerei, Freiformschmiede, Werkzeugmacherei, Reparaturabteilungen und ähnliche weisen typische Merkmale handwerklicher Arbeitsweise auf. Das sind aber gerade jene Fertigungsarten, bei denen die Handzeit auch als Hauptzeit erscheint, und die deshalb bisher der wissenschaftlichen Arbeitszeitermittlung besondere Schwierigkeiten boten. Die für das Handwerk benötigten Mittel und Wege zu verbesserter Zeitkalkulation sind daher nicht nur für dieses, sondern auch für die Industrie von Wert.

Worin liegen nun die besonderen Aufgaben und Schwierigkeiten für die Arbeitszeitermittlung, die sich aus der so charakterisierten handwerklichen Arbeitsweise ergeben?

In erster Linie ist es die große Freiheit in der Arbeitsfolge, das seltenere Gebundensein der einzelnen Arbeitsgänge an einen bestimmten, durch Maschine oder Anweisung gegebenen Arbeitsablauf, und damit das zeitliche Ineinanderschachteln von Teilarbeiten an verschiedenen Stücken. Darin ist keineswegs ein Mangel an rationellem Denken zu sehen, sondern im Gegenteil wird gerade der tüchtige und geistig regsame Handwerker den „Werkstückwechsel“ am meisten anwenden, entweder weil die vorhergehende Operation ein Ablegen des Werkstücks erforderlich macht, z. B. Abkühlen von geschmiedeten, geschweißten oder gelöteten Teilen, Trocknen von zusammengeleimten Hölzern, aufgeleimten Furnieren, aufgetragenen Farben, Beizen, Lacken u. dgl., oder weil sich die Endabmessungen bei dem schrittweisen Zusammenfügen der Teile erst nacheinander, bald für das eine, bald für das andere Stück ergeben, oder auch, weil das „Saubermachen“, also die letzte Maß- und Formgebung, immer erst an denjenigen zusammengebauten Teilen und im übrigen fertigen Stellen erfolgen kann, die nicht mehr der Gefahr nachträglicher Beschädigung ausgesetzt sind. Diese Wahlfreiheit macht es in den meisten Fällen unmöglich, einen bestimmten Ablauf für einzelne Arbeitsgänge vorher festzulegen. Wollte man, wie bei der industriellen Fertigung, die synthetisch ermittelten Zeiten für die Arbeitsgänge als Grundlage für die Fertigungszeit des Gesamtauftrages verwenden, so käme man zu unrichtigen Ergebnissen; wahrscheinlich würden die Gesamtzeiten zu lang, weil eben eine Reihe von Teilvorgängen sich zwischendurch machen lassen. Man muß also durchweg von einem höheren Gliederungsbegriff, ent-

weder der Stückarbeit, der Teilarbeit oder gar dem Gesamtauftrag ausgehen und kann die Unterteilung nur so weit treiben, als ein in sich deutlich abgeschlossener Arbeitskomplex vorliegt. Darin liegt für die Genauigkeit der Zeitermittlung ein großer Nachteil, denn jedes summarische Verfahren hat größere Fehlergrenzen als ein ins Einzelne gehendes. Andererseits darf man wegen des großen Ungenauigkeitsfaktors in erhöhtem Maße die minder genauen, aber bequemeren Kalkulationsmethoden des Schätzens, Vergleichens und der Erfahrungswertsammlung anwenden und wird nur bestrebt sein müssen, diese Methoden, die von der industriellen Stückzeitrechnung bisher vielleicht etwas stiefmütterlich behandelt wurden, weiter zu erforschen und auszubauen.

Die Wahlfreiheit in der Arbeitsfolge läßt in besonders starkem Maße die geistige Regsamkeit des Handwerkers, sein Arbeitstempo, seine Ausdauer, sein Interesse an dem Werk, kurz seinen „Leistungsfaktor“ zur Auswirkung kommen. Wer zwischen jedem Vorgang erst lange überlegen muß: „Was kannst du jetzt machen?“, wer im Lesen der Skizzen und Zeichnungen und im Maßnehmen ungeschickt ist, wer sein Material und sein Werkzeug unordentlich herumliegen hat, wer überhaupt noch nicht die nötige handwerkliche Gewandtheit und Erfahrung besitzt, wer keine rechte Freude an seinem Tun hat, kann u. U. das Doppelte und Dreifache an Zeit brauchen gegenüber einem geschickten Mann, dem alles von der Hand geht. Nun ist aber gerade der Leistungsfaktor und seine eindeutige Feststellung für den einzelnen Arbeiter ein besonders heikles Kapitel der Stückzeitrechnung; ist er wegen der Ungebundenheit der Arbeitsweise besonders stark zu berücksichtigen, so gewinnt es fast den Anschein, als ob damit eine Zeitkalkulation überhaupt unmöglich würde. Im Handwerk liegt aber glücklicherweise ein wesentliches Gegenmoment vor, durch welches der Einfluß des Leistungsfaktors sich wenigstens einigermaßen genau feststellen läßt: die scharfe Aufsicht und persönliche Fühlungnahme zwischen Meister, Gehilfen und Lehrlingen, insbesondere, nachdem rd. 95 vH aller Handwerksbetriebe als ausgesprochene Klein- oder Zwergbetriebe mit 1 bis 3 Mann Belegschaft anzusprechen sind. Da weiß der Handwerker an sich schon recht genau, wie hoch er die Leistungsfähigkeit der einzelnen anzunehmen hat; um dann diese allerdings gefühlsmäßige Einschätzung in ein genaues Maß zu bringen, können verhältnismäßig leicht vergleichende Stückzeitaufnahmen vorgenommen werden.

Eine dritte, besonders für das Handwerk charakteristische Schwierigkeit für die Arbeitszeitermittlung liegt in der Verschiedenheit des verwendeten Materials hinsichtlich Abmessungen und Qualität. Der wenig kapitalstarke Handwerker besitzt nur ein kleines Rohstofflager;

er ist, besonders in kleinen Ortschaften, nicht immer in der Lage, sich jeweils schnell passende Werkstoffe, Hilfsmaterialien und Halbfabrikate zu beschaffen und richtet sich dann lieber selbst aus weniger geeigneten Stücken seine Teile, oft unter großem Stoff- und Zeitaufwand, zu. Er verfügt gewöhnlich auch nicht über die Einrichtungen oder genügende Kenntnisse, um einwandfreie Materialprüfungen vornehmen zu können, kauft als Kleinverbraucher viel aus zweiter und dritter Hand, also vom Nichtfachmann, dem Händler, und muß verwenden, was der auf Lager hat, oft gegen seine bessere Einsicht. In den mittleren und größeren Städten sind die Handwerker allerdings wegen der besseren Ladengeschäfte und durch die bestehenden Einkaufsgenossenschaften der Fachverbände wesentlich besser gestellt. Für einige Handwerksarten, besonders das Schreinergerwerbe, bleibt aber trotzdem noch eine starke Abhängigkeit der Arbeitszeit von dem verfügbaren Material (z. B. Feuchtigkeit, Faserverlauf, Äste, Risse, Verziehen des Holzes) bestehen, Nachteile, die erst mit fortschreitender technischer Entwicklung (Normalisierung, Sperrholzverwendung, Kunstmassenerzeugung, chemische Verbesserungen, Entwicklung einfacher Prüfmethode) allmählich verringert werden können.

Es ist notwendig, diese Schwierigkeiten für die Arbeitszeitermittlung im Handwerk zuvor klarzustellen, ehe man den Versuch unternimmt, hier positive Vorschläge für Zeitberechnungen zu machen. Jedenfalls besteht über die Dringlichkeit, einmal systematisch das Gebiet zu bearbeiten, kein Zweifel. Zwar bringen die Fachzeitschriften schon seit Jahren immer wieder Kalkulationsbeispiele, aus denen auch der Zeitverbrauch für einzelne Arbeiten entnommen werden kann; aber das sind eben nur summarische Zeiten für ganz bestimmte, teilweise recht umfangreiche und verwickelte Arbeiten. Auch sind von seiten der Innungen, Fachverbände und Fachschulen schon manche Anleitungen zur Zeitberechnung, sogar Normzeiten bekannt gegeben worden; letztere hauptsächlich für ganz gleichartige, ständig wiederkehrende Arbeiten, z. B. Schuhreparaturen, Schneiderarbeiten, Elektroinstallationen, Spengler-(Klempner-)Arbeiten, Bedienungsgewerbe (Friseur), Bäcker- und Fleischerarbeiten und ähnliche, aber alle diese tariflichen Unterlagen haben, so wertvolle Vorarbeit auch darin stecken mag, doch den einen bekannten Nachteil einer jeden tariflichen Regelung: Es wird alles über einen Kamm geschoren und der einzelne Handwerker zu leicht verleitet, sich jedes Nachdenken über die besonderen Verhältnisse in seinem Betriebe und über eine Rationalisierung zu sparen. Genau wie auch bei dem „üblichen“, von Innungen wegen festgesetzten Unkostenzuschlag, der doch nur als ein Notbehelf anzusehen ist und den Handwerker eigentlich dazu anregen sollte, nachzuforschen, ob er mit seinem Unternehmen über oder unter dem

Durchschnitt steht. Wie wenig aber die bisher vorhandenen Unterlagen geeignet sind, einen brauchbaren Maßstab für richtige Zeitermittlung abzugeben, ersieht man aus den vielen Streitigkeiten über die Angemessenheit von Rechnungspreisen handwerklicher Arbeiten, sowie aus den oft recht weit auseinandergehenden Schätzungen von Sachverständigen aus Handwerkerkreisen. Eine sinngemäße Anwendung der Refa-Kalkulationsmethoden auf das Handwerk verspricht demgegenüber einen wesentlichen Fortschritt.

Gegenüber den oben dargelegten Schwierigkeiten der Zeitbestimmung im Handwerk ergeben sich nun aus seinen besonderen Verhältnissen heraus auch gewisse Erleichterungen und Vereinfachungen.

Zunächst wird im Handwerk fast nie im Stücklohn, sondern durchweg im Zeitlohn gearbeitet, was bei der Kleinheit, Übersichtlichkeit und leichten Überwachungsmöglichkeit des Betriebes und andererseits der Schwierigkeit und organisatorischen Umständlichkeit einer Stückzeitvorgabe und Akkordabrechnung auch durchaus seine Berechtigung hat. Die Zeitberechnung dient also zunächst ausschließlich einer Preisfestsetzung für die Abgabe von Angeboten, sie darf daher mit einem etwas größeren Ungenauigkeitsfaktor arbeiten, weil ein solcher auch in den übrigen Positionen der Vorkalkulation, in den Materialpreisen und Unkosten steckt, und weil in den meisten Fällen bei der Summierung einzelner Arbeitszeiten sich etwaige Fehler wieder ausgleichen können. Somit wäre es an sich noch eine Frage, ob die Mühen und Kosten einer genaueren Arbeitszeitermittlung nur für die Angebotskalkulation sich überhaupt lohnen, wenn nicht ein zweiter, in Handwerkerkreisen noch nahezu unbekannter Vorteil für ihre Anwendung spräche: Die hieraus sich ergebenden Anregungen und Möglichkeiten einer Rationalisierung (vgl. unten S. 252).

Abgesehen von dem Fortfall der eigentlichen Stückzeitrechnung (Vorgabe von Akkordzeiten) ergeben sich weitere, mehr formale Vereinfachungen durch die Möglichkeit und Notwendigkeit, die ganze handwerkliche Betriebsorganisation so einfach wie nur irgend denkbar zu halten. Die Möglichkeit entspringt daraus, daß nur eine einzige Person, der Handwerksmeister, das ganze Organisationsinstrument handhabt; Mitteilungen, Durchschriften, Belege innerhalb des Betriebes können damit entbehrt werden. Der Auftragsbestand ist begrenzt, der Auftragsumfang meist ebenfalls; es lassen sich also die organisatorischen Hilfsmittel so ausgestalten, daß sie gleichzeitig verschiedenen Zwecken dienen. Die Arbeitszeitermittlung kann zwanglos in die allgemeine Auftragskalkulation eingebaut werden; diese muß wiederum mit dem gesamten Abrechnungswesen (Buchführung) verknüpft sein. Getrennte Unterlagen für diese drei Betriebs-hilfsmittel wären bereits Überorganisation. Die Notwendigkeit für

schärfste Zusammenfassung und größte Einfachheit liegt in der Natur und Vorbildung des Durchschnitts-Handwerkers begründet; er hat eine instinktive Abneigung gegen jede nicht unbedingt notwendige Schreib- und Rechenarbeit und handhabt mit Recht sein Werkzeug lieber als die Feder. Wenn diese Abneigung heute noch trotz aller Bemühungen der Fortbildungsschulen, Fachverbände und Handwerkskammern vielfach zu einer beklagenswerten Einseitigkeit und Vernachlässigung auch der notwendigsten Betriebs- und Erfolgskontrolle ausartet, so mag zu einem nicht kleinen Teil noch das Fehlen richtiger, vielseitiger Unterlagen, das heutige Bestreben, für jede Sonderaufgabe auch besondere Formulare, Tabellen und Aufzeichnungen zu entwerfen, schuld sein. Von diesem Gesichtspunkt aus sind die nachstehenden Vorschläge zur praktischen Einführung einer verbesserten Arbeitszeitermittlung im Handwerk zu beurteilen.

II. Die Anwendung der Refa-Kalkulation im Handwerk.

Für den vorliegenden Zweck lassen sich die verschiedenen Handwerksarten in drei Gruppen zusammenfassen:

1. Hersteller normaler Verbrauchsgüter bzw. Gewerbe zur Befriedigung des ständigen Lebensbedarfs, z. B. Bäcker, Metzger, Müller, Schneider, Schuhmacher, Weber, Seiler, Korbmacher, Friseure, Kaminkehrer u. ähnl.;

2. Hersteller einzelner, durchweg verschiedenartiger Gebrauchsgüter, z. B. Bauhandwerker, Böttcher (Büttner), Buchbinder, Dachdecker, Dekorateurs und Polsterer, Drechsler, Flaschner (Spengler, Klempner), Gärtner, Glaser, Hafner (Ofensetzer), Installateure, Kürschner, Maler (Anstreicher und Tüncher), Maurer, Sattler, Schlosser, Schmiede, Schreiner, Stukkateure (Gipsler), Uhrmacher, Wagner, Zimmermeister u. ä.;

3. Hersteller kunstgewerblicher Arbeiten, z. B. Bildhauer, Graveure, Juweliere, Kunstschlosser, Lithographen u. ä.

Eine scharfe Trennung der einzelnen Arten ist nicht möglich, da jede der 3 Kategorien gelegentlich auch Arbeiten vornimmt, die in eine der anderen einschlägt. Für die Arbeitszeitermittlung ergeben sich aber grundsätzlich aus der Einteilung folgende Wege:

1. Bei der ersten Art ist die in der Industrie übliche Zeitstudie ohne weiteres anwendbar, bisweilen vielleicht in einer etwas gröberen Form oder mit minderer Genauigkeit. Die ständige Wiederholung gleichartiger Arbeitsvorgänge macht Zeitstudien auch hinreichend lohnend, zumal im Hinblick auf die damit gegebene Möglichkeit der Rationalisierung und insbesondere bei in Frage stehender Neubeschaffung oder Änderungen von Maschinen und Einrichtungen. Eine ständige Kontrolle

verbraucher Zeiten ist nicht erforderlich; über den Betriebserfolg gibt die Buchführung in Verbindung mit einem Auftrags- oder Rechnungsbuch Aufklärung. Einzelne ungewöhnliche Sonderarbeiten sowie Unkosten- (unproduktive) Arbeiten können nach dem im folgenden beschriebenen Verfahren behandelt werden.

2. Die Herstellung verschiedenartiger Gebrauchsgüter in Einzelherstellung macht eine gesonderte Zeiterfassung für alle Aufträge erforderlich. Ansätze hierzu finden sich heute bereits an vielen Stellen durch entsprechende Zeitunterteilung in den Lohnzetteln. Die produktiven Zeiten des Meisters und gewöhnlich auch der Lehrlinge werden damit aber nicht erfaßt. Daher stellt man zweckmäßig für jede Arbeit eine besondere Auftragskarte (Auftragszettel) aus, in welche allabendlich die auf die einzelnen Aufträge entfallenden Arbeitszeiten des Meisters, der Gehilfen und Lehrlinge eingetragen werden. Wird eine weitere Karte für unproduktive (Neben-)Arbeiten verwendet, so lassen sich sämtliche angefallenen Arbeitszeiten restlos verteilen, und man hat in der Karte für Nebenarbeiten gleichzeitig eine wertvolle und genaue Unterlage zur Ermittlung der unproduktiven Löhne für die Unkostenberechnung. An sich sind diese Auftragskarten also weiter nichts als eine systematische Erfahrungswertsammlung, allerdings eine ziemlich grobe, da die Eintragungen des Meisters nachträglich auf Grund des eigenen Gedächtnisses bzw. Befragens seiner Mitarbeiter erfolgen. Durch eine sinngemäße und möglichst weitgehende Auftragsgliederung in den Karten, wie sie in dem nachstehenden Formblatt angedeutet ist, kann man aber schon die Genauigkeit erhöhen; außerdem brauchen die Einzelzeiten keineswegs kritiklos eingeschrieben zu werden, sondern der Meister kann sich bei jeder überlegen, ob der Zeitverbrauch ein normaler oder besonders großer war. Bei Abweichungen vom Normalmaß können dann die Normalzeiten in schwarzer Schrift geschrieben, die Überzeiten, d. h. der über das Normalmaß hinausgehende Zeitverbrauch, in roter Schrift in die nächste Rubrik gesetzt werden. Eine Bezeichnung der Wochen- oder Monatstage ist nicht erforderlich; die einfache, von den Lohnzetteln bekannte kastenförmige Einteilung genügt. Es liegt nun nahe, diese Arbeitszeitkarten durch Anfügen von Materialverbrauchs-, Termin-, Abrechnungs- und sonstigen Rubriken zu einer vollständigen Kalkulationskarte auszubauen, die dann gleichzeitig als Unterlage für die Rechnungstellung, Buchführung und Umsatzermittlung dienen kann. So ergab sich die hier wiedergegebene Handwerker-Auftragskarte für Einzelfertigung (Abb. 1), die selbstverständlich hinsichtlich Größe und Form den jeweiligen Verhältnissen entsprechend angepaßt werden muß. Diese Karten werden nach Erledigung des Auftrages nach „Gegenstand“ abgelegt und ergeben im Laufe der Zeit eine sehr brauchbare Sammlung von Erfahrungswerten. Sie können dann

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31

Auftrag Nr. 283				Bestellt am 15. III. 27			
Besteller: <i>A. Fischer, Metallwarenfabrik</i>				Wohnort: <i>München</i>			
Gegenstand: <i>30 lfd. m Bretterregal, 35 cm tief, 2 m hoch, 31 qm Regalfläche</i>							
Bedingungen: <i>Weichholz, gehobelt, mittelschwer.</i>							
<i>Zahlung in bar, 1 Monat nach Fertigstellung</i>							
1. Material							
Benennung	Menge	Maßbez.	Betrag		Bemerkungen		
			Mk.	Pf.			
<i>Bohlen und Latten</i>	0,6	cbm	3 0	--			
<i>Bretter ¾"</i>	3 6	qm	4 0	--			
<i>Nägeln, Schrauben, Leim</i>			5	--			
Zusammen			7 5	--			
Abfall (nur bei hochwertigem Material oder großen Mengen mit dem Abfallwert einzusetzen)							
Netto-Verbrauch							

Abb. 1. Handwerker-Auftragskarte für Einzelfertigung (Vorderseite).

schon ohne weitere Verarbeitung für künftige Vorkalkulationen gute Dienste tun, wesentlich bessere aber, wenn man sich die Mühe macht, sie auszuwerten.

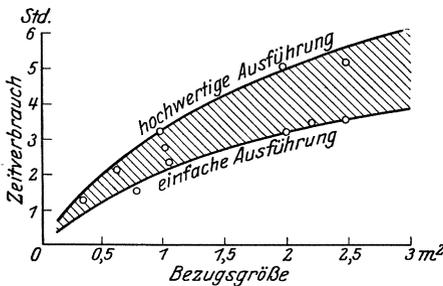


Abb. 2. Grenzkurven für die Arbeitsgüte.

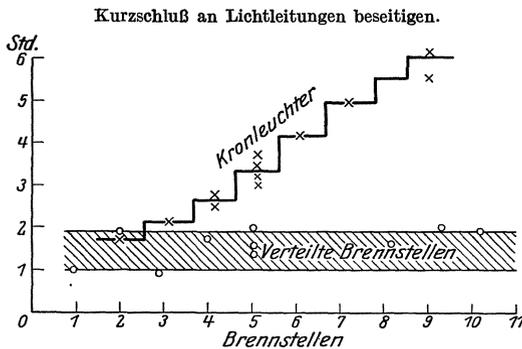
Für die Auswertung eignet sich ganz besonders die graphische Methode, wobei als Abszisse eine geeignete Bezugsgröße, als Ordinate die Arbeitszeit den Maßstab gibt. Nun ist aber bei handwerklichen Arbeiten die Wahl der Bezugsgröße oft besonders schwierig. Längen, Flächen, Rauminhalte, Gewichte

sind zwar oft, aber keineswegs immer anwendbar, da wegen der Verschiedenheit der Ausführung die Zeiten sprunghaft verteilt sind und sich kaum in eine Kurve ordnen lassen. Hier gibt es zwei Möglichkeiten einer Systematisierung: Entweder man verzichtet auf die Ermittlung einer eindeutigen Normal-Zeitkurve und zieht diese zu einem

Für die richtige Eintragung der Zeiten in die graphischen Auswertungskarten ist die Bezugsgröße und Ausführung bereits auf der Auftragskarte schriftlich oder durch Skizze anzugeben. Die Skizze wird auch in der graphischen Darstellung zweckmäßig wiederholt, wobei sich dann die verschiedenen Ausführungsarten besonders anschaulich



in der Farbe der zugehörigen Kurve einzeichnen lassen. Für die Auftragsgliederung ist, soweit es das Ineinandergreifen der Arbeitsgänge zuläßt, die Bezugsgröße maßgebend. Z. B. wird man das Malen (Tünchen) eines Zimmers unterteilen in: Abwaschen (nach Fläche), Farben anmengen (nach Zahl der Farbtöne), Grundieren (nach Fläche), Schablonieren (als Nomogramm, in Abhängigkeit von Schablonengröße, Farbenzahl und Wandfläche), Borten ziehen (nach Länge), wobei es nichts verschlägt, wenn z. B. das Anmengen der Farben zu verschiedenen Zeiten zwischendurch vorgenommen wird.



Bei sehr vielen, vielleicht den meisten Teilarbeiten wird sich aber ein Bezugsmaßstab überhaupt nicht finden lassen. Trotzdem ist auch in diesem Fall die graphische Auswertung von Vorteil, wenn man die bekannte Säulendarstellung (Abb. 4) benutzt. Sie gibt einen denkbar klaren Überblick einmal über die Grenzen des Zeitaufwandes für bestimmte Vorgänge, dann aber auch oft einen Anhaltspunkt für eine wenigstens rohe Klassifizierung nach der Art, Schwierigkeit oder Genauigkeit der Arbeit.

Dabei schaltet man mit Vorteil zwischen die Auftragskarten und die endgültige „Gebrauchsdarstellung“ eine graphische „Entwicklungsdarstellung“ (analog den Entwicklungs- und Gebrauchstabellen des Refa) ein, indem man zunächst die Säulen

wahllos nebeneinander setzt und jeder eine kurze, stichwortartige Charakterisierung der Arbeit beifügt, und dann nach der so gewonnenen Übersicht eine Ordnung nach dem Schwierigkeitsgrad versucht (Abb. 5).

Die Abszisse hat dabei zwar oft keinen eindeutigen Maßstab, kann aber als Ersatz eines solchen die Charakterisierung selbst aufnehmen. Statt der Kurven werden sich meist staffelförmige Streifen oder solche mit Grenzwerten ergeben, während die farbige Darstellung im allgemeinen durch die Abszissen-Einteilung bzw. beigesetzte Stichworte überflüssig wird. Ist eine Systematisierung der Zeiten völlig unmöglich, so bietet die ungeordnete Entwicklungsdarstellung (Abb. 4) immerhin für einen Fachmann noch die Möglichkeit, die Vergleichsmethode anzuwenden, wobei man diesen Begriff nicht zu eng — nur als Größenvergleich —, sondern allgemeiner als Größen- oder Ähnlichkeitsvergleich fassen soll. Es ist sehr wohl und mit verhältnismäßig großer Genauigkeit möglich, aus dem feststehenden Zeitaufwand für eine Arbeit den prozentualen Mehr- oder Minderverbrauch für eine andere ähnliche zu schätzen und so durch Vergleichen auch eine bisher noch nicht vorgekommene Arbeit zu kalkulieren.

Wenn auch nicht verkannt werden soll, daß eine längere praktische Beschäftigung mit einer derartigen Erfahrungswertkalkulation vielleicht manche, heute noch nicht zu übersehende Probleme bringen wird, so erscheint immerhin der angedeutete Weg aussichtsreich und verhältnismäßig einfach. Dabei ist allerdings noch eine wichtige Frage der Arbeitszeitermittlung bisher offen geblieben: die Berücksichtigung der Verlustzeiten.

Die bereits oben (S. 253) erwähnten roten Zahlen, nämlich die besonders starken Überschreitungen der Normalzeiten, geben hierfür keinen Anhaltspunkt, da sie nur als Ausnahmewerte vorkommen und auf irgendwelchen, bei normaler Arbeit nicht zu erwartenden Schwierigkeiten oder Besonderheiten beruhen (z. B. schlechtes Material, Beschädigung an Maschinen oder Werkzeugen, Arbeitsbehinderung durch Störungen im Befinden des Arbeiters u. dgl.). Auch nach Weglassen der roten Zahlen enthalten die aufgeschriebenen Arbeitszeiten noch die Zuschläge für normale Verluste, und wenn man sie ohne weitere Berichtigung in die graphische Auswertung übernimmt, so sind die Verlustzeiten naturgemäß auch in den Gebrauchskurven und Tafeln bereits enthalten. Es ist aber für die Rationalisierung von großer Wichtigkeit, die Höhe dieses Verlustzeitzuschlages zu kennen, weil man nur dann in der Lage ist, sich ein Urteil über dessen Zulässigkeit zu machen und gegebenenfalls Maßnahmen zu seiner Verminderung zu ergreifen. Eine genaue Erfassung des Verlustzeitanteiles ist aber auch im Handwerk nur mit Hilfe von Zeitstudien möglich. Sie sieht allerdings etwas anders und wesentlich einfacher aus als die industrielle Zeitstudie,

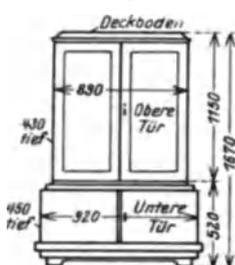
Kalkulationsbeispiel für		Blatt 1			
 <p>Auftrag: Herstellung eines Schränkchens Arbeitsvorgänge: Kanten z. d. ob. Türen furnieren, Deckboden einpassen, Schlagleiste an unt. rechte Tür anbringen. Arbeitender: — Datum 11. 2. 27, von 4 Uhr 15 Min. nachm. bis 5 Uhr 45 Min. nachm.</p>					
Teilarbeiten einrichten	Beob. Min.	Auswertung			Bemerkungen
		Einrichten	Grundzeit	Verlustzeit	
4 Streifen längs Furnier zuschneiden	1,8		1,8		
4 Streifen quer Furnier zuschneiden	1,5		1,5		
Zum Leimen herrichten	0,7	0,7			
leimen 1. Längskante, 1. Tür	1,5		1,5		
leimen 2. Längskante, 1. Tür	1,3		1,3		
leimen 1. Längskante, 2. Tür	1,7		1,7		
leimen 2. Längskante, 2. Tür	2,0		2,0		
Abräumen	0,8	0,8			
Deckboden einpassen 90 × 40 cm, 10 stark.	5,6		5,6		2 Stirnseiten auf Maß sägen, 4 Kant. sauber machen
Unterbrechung	0,6			0,6	
Deckboden putzen, mit Putzhobel	3,6		3,6		
Hobel abziehen	6,6			6,6	mit teilw. Unterbrechungen
Deckboden putzen, mit Putzhobel	1,7		1,7		
Ziehklinge schärfen	1,0			1,0	
Deckboden abziehen	1,6		1,6		
Schleifen mit Sandpapier.	1,7		1,7		
Nachputzen (Kanten brechen)	5,3		5,3		
Leiste zwischen d. 2 Böden ca. 1 m lang zurichten	5,0		5,0		längssägen, ab-längen

Abb. 6. Beobachtungsbogen

da bei dem Mangel an Arbeitswiederholungen, der Unbestimmtheit des Umfanges der Arbeitsgänge, überhaupt der bestehenden freien Arbeitsfolge nur die laufende Zeitstudie, also eine solche ohne vorherige Festlegung der Teilarbeiten in Frage kommen kann. Man schreibt in einem möglichst einfach gehaltenen Beobachtungsbogen (Abb. 6) während der Arbeit den Vorgang ein. Die angespannte dabei nötige

		Kalkulationsbeispiel (Fortsetzung)			Blatt 2
Teilarbeiten	Beob. Min.	Auswertung			Bemerkungen
		Ein- rich- ten	Grund- zeit	Ver- lust- zeit	
Raubbank einstellen	1,7	1,7			
Leiste hobeln und einpassen	3,7		3,7		
Nägel und Leim holen . . .	0,8	0,8			
Leiste einleimen	1,3		1,3		
Vorbereitungen	1,1	1,1			
Furnierkante an 1. Tür weg- putzen	1,4		1,4		
Leim holen	0,5	0,5			
Obere kurze Türkanten furn- ieren, 1. Tür	1,9		1,9		
Furnierkante an 2. Tür weg- putzen	1,6		1,6		
Obere kurze Türkante furn- ieren, 2. Tür	1,6		1,6		
abräumen, waschen	2,2	2,2			
Schlagleiste für untere Türen anzeichnen	1,6		1,6		
Rechte Tür abschrauben . .	0,8	0,8			
Leiste ablängen	1,5			1,5	Leiste unbrauchbar
Leiste ablängen	1,1		1,1		
Leiste, Profil anschneiden. .	3,2		3,2		
Leiste putzen	4,0		4,0		
Leiste zum Anleimen vor- bereiten.	2,6	2,6			mit kleinen Unter- brechungen
Leiste und Tür mit Zahn- hobel abzahnen u. sonstige Vorbereitungen	4,2	4,2			Zwingen einstellen, Leim holen
Schlagleisten anleimen . . .	2,0		2,0		
Unterbrechung	2,0			2,0	
Gesamtzeiten:		15,4	57,7	11,7	= 15vH.d.Ges.-Arbeitszeit
		73,1			

für handwerkliche Arbeiten.

Geistestätigkeit macht es erforderlich, die sonstige Aufnahmearbeit nach Möglichkeit zu erleichtern; man trägt unter Verwendung zweier abwechselnd geschalteter Stoppuhren oder einer solchen mit Schleppzeigern direkt die Einzelzeiten (nicht Fortschrittszeiten) ein, so daß das Suchen der oberen oder unteren Zeilenhälfte für *F*- und *E*-Zeiten entfällt; es ist sogar zulässig, nur Zehntel- statt Hundertstel-Minuten

zu notieren, denn das Eintragen der Teilarbeiten und eventuelle Bemerkungen erfordert ohnedies so viel Zeit, daß die Unterteilung der Arbeitsgänge nicht weit getrieben werden kann und etwa eine halbe Minute als Mindest-Teilzeit anzunehmen ist. Dann gleichen sich aber die Fehler der gröberen Ablesung bei richtiger Auf- und Abrundung auf Zehntelminuten mit hinreichender Genauigkeit aus. Die Bemerkungsspalte ist besonders wichtig und darf nicht zu knapp gehalten sein; sie ermöglicht textliche Erläuterungen und Korrekturen zu den Angaben in der Arbeitsspalte und eventuell kleine Berichtigungen bei der Auswertung, denn auch der geübteste Zeitnehmer kann nicht immer den wirklichen Arbeitsvorgang bei dessen Beginn restlos erfassen, und ein Radieren oder Korrigieren in der ersten Spalte soll vermieden werden.

Da die organisatorischen Hilfsmittel für den Handwerker so einfach wie nur möglich gehalten sein müssen, genügen für die Gruppierung der Zeiten zunächst drei Spalten: Einrichten, Grundzeit und Verlustzeit. Eine Unterteilung der Grundzeit in Hand- und Maschinenzeit ist wegen der Seltenheit längerer Maschinenarbeit nur in Ausnahmefällen erforderlich. Diese einfache Art der ersten Auswertung gibt bereits eine Fülle von Anregungen zur Rationalisierung. Der an sich schon starke Vornhundert-Anteil der Einrichtezeiten schnell bei mangelhaften Betriebseinrichtungen, Unordnung in Werkstatt und Lagerhaltung oder Schwerfälligkeit des Arbeitenden außerordentlich in die Höhe und wird fast noch mehr als die Verlustzeiten Anlaß zu Verbesserungen geben. Letztere bilden mehr einen Maßstab für Arbeitswilligkeit, Energie und Ausdauer und geben damit auch in gewissem Umfange einen Maßstab für den Leistungsgrad der Werkstatt oder des betreffenden Gehilfen. Aus einer genügend großen Zahl von Zeitaufnahmen läßt sich dann, da Daueraufnahmen sich nicht bezahlt machen, wenigstens angenähert der Verlustzeitzuschlag, der bei der Zeit-Vorkalkulation auf die Erfahrungswerte (ohne rote Zahlen) aufgerechnet werden muß, feststellen. Da es heute noch völlig an Untersuchungen über Verlustzeiten im Handwerk fehlt, versprechen die Zeitaufnahmen auch nach dieser Richtung noch manche interessante Aufschlüsse.

Will man aus den Zeitaufnahmen weitere Unterlagen, insbesondere solche für die Kalkulation ähnlicher Arbeiten, gewinnen, so muß man in der Auswertung einen Schritt weiter gehen und die Grundzeiten nochmals nach bestimmten technischen Gesichtspunkten gruppieren. Man kann nämlich die meisten handwerklichen Teilarbeiten nach Arbeitsstufen bzw. Arten zusammenfassen, z. B. die Zusammenbauarbeiten nach den Begriffen: Anpassen, Nacharbeiten von Hand, Nacharbeit an der Maschine, Nacharbeit am fertigen Stück (Ver-

putzen), Lagenänderungen, Ausmessen, Probieren und ähnliche, wobei die zusammengefaßten Teilarbeiten meistens in verschiedenen, zeitlich auseinanderliegenden Bearbeitungsstadien anfallen. Derartige „Sammelstufen“ eignen sich dann recht gut für eine Vergleichskalkulation ähnlicher Arbeiten, indem der Fachmann mit einer ziemlichen Sicherheit angeben kann, welche von den einzelnen Stufen bei der ähnlichen Ausführung den gleichen und welche einen höheren oder geringeren Zeitverbrauch aufweisen werden. Diese Arbeitskomplexe ermöglichen aber auch eine Beurteilung über die Zweckmäßigkeit und Güte des gesamten Arbeitsvorganges, indem z. B. ein besonders starker Anteil an Nacharbeiten stets darauf schließen läßt, daß die vorherige Bearbeitung der Einzelteile nicht genügend sorgfältig war; oder es bietet ein besonders großer Zeitaufwand für Nachmessen einen gewissen Anhaltspunkt dafür, daß der Handwerker nach ungenügenden Vorlagen gearbeitet hat. Darin liegt dann wiederum ein Anlaß zur Rationalisierung.

Man wird aber trotz der wertvollen Dienste, die Zeitstudien auch im Handwerk leisten können, wegen ihres unproduktiven und zeitraubenden Charakters und wegen der mangelnden Schulung des Handwerkers in solchen Dingen vorerst nur in geringem Ausmaß davon Gebrauch machen können. Daher die Frage: Wann empfehlen sich die Zeitaufnahmen in erster Linie?

Es ist oben schon mehrfach dargelegt worden, daß und warum bei Handwerkszeiten mit starken Streuungen zu rechnen ist, und daß dadurch eine verhältnismäßig große Ungenauigkeit und Unsicherheit in die ganze Kalkulation hineinkommt. Die Streuung ist aber keineswegs bei allen Arbeitsvorgängen die gleiche; man wird in manchen Auswertungskarten die nötige Kontinuität der Zeitkurven ohne große Mühe bei richtigem Bezugsmaßstab erreichen. Bei solchen, richtig liegenden Arbeitszeitpunkten kann die Zeitstudie meist unterbleiben; hier ist schon eine gewisse Rationalisierung eingetreten, sonst würden gelegentliche starke Unterschreitungen der Normalzeiten bemerkbar sein. Dagegen lassen Teilarbeiten, die kaum oder gar nicht kontinuierlich zu ordnen sind, vor allem die Frage nach der Ursache der großen Streuung entstehen, und da können nur Zeitstudien Aufschluß und u. U. Verbesserungsmöglichkeiten an die Hand geben.

Zusammenfassend wäre also die Zeitermittlung für die zweite Handwerkskategorie: Herstellung einzelner, durchweg verschiedenartiger Gebrauchsgüter, in der Weise möglich, daß im Zusammenhang mit der Nachkalkulation eine möglichst nach passenden Bezugsgrößen unterteilte Aufschreibung aller verbrauchten Zeiten vorgenommen wird, und die so gesammelten Werte zu graphischen Gebrauchstabellen verarbeitet werden. Ist dabei eine hinreichende Eindeutigkeit der Zeitkurven

nicht zu erzielen, so müssen Zeitstudien über die Gründe und eventuell Verbesserungsmöglichkeiten Aufschluß geben.

3. Bei der dritten Handwerkergruppe, Hersteller kunstgewerblicher Arbeiten, werden sich die im Vorigen angegebenen Mittel nur in einem kleinen Umfang anwenden lassen. Das starke Vorwiegen und die unbedingt erforderliche Freiheit des geistigen Schaffens neben der körperlichen Betätigung verträgt keine Einzwängung in rein technisch-wirtschaftliche Maßstäbe. Das psychologische Moment der geistigen Disposition zu künstlerischem Schaffen spielt eine zu große Rolle. Für das Kunsthandwerk ist allerdings die rein künstlerische Betätigung nur ein Teil der Gesamtarbeit; die rein handwerkliche im allgemeinen sogar der überwiegende Teil; aber die beiden Seiten lassen sich nicht immer scharf auseinander halten. Nachdem andererseits die Erzeugnisse durchweg einen mehr oder weniger ausgesprochenen Liebhaberwert besitzen und der Preis sich demgemäß weniger auf den Selbstkosten als auf den unwägbaren Fragen des Geschmackes und persönlicher Anschauungen aufbaut, erscheint es abwegig, die Arbeitszeitermittlung auch auf Gegenstände mit künstlerischem oder rein kunstgewerblichem Charakter anzuwenden. Wo das Handwerkliche stärker hervortritt, dürften die angegebenen Methoden genügen, wenn man vielleicht einen noch etwas höheren Ungenauigkeitsfaktor in Kauf nimmt.

Mit diesem ersten Versuch einer Arbeitszeitermittlung für handwerkliche Arbeiten können naturgemäß bei weitem nicht alle einschlägigen Fragen erschöpfend behandelt oder gar gelöst werden. Es heißt auch hier Schritt für Schritt aufzubauen und zuerst einmal die geeigneten und hinreichend tragfähigen Fundamente zu schaffen. Bei der weiteren Behandlung des Gebietes wird sich jedenfalls auch bald die Notwendigkeit einer Differenzierung ergeben; denn „das Handwerk“ ist weder technisch noch wirtschaftlich ein eindeutiger Begriff, sondern vereinigt unter diesem Sammelnamen grundverschiedene Betriebsarten und Wirtschaftsformen. Der nächste Schritt wird daher die Aufstellung gesonderter Methoden für die einzelnen Handwerksarten sein müssen.

Zusammenbau einer Universal-Rundschleifmaschine¹.

Von M. Belke.

Nachstehend soll die beim Zusammenbau einer in Reihenfertigung hergestellten Rundschleifmaschine auftretende Handarbeit bezüglich ihres Zeitbedarfes verfolgt werden. Für die Fertigung ist eine Reihe

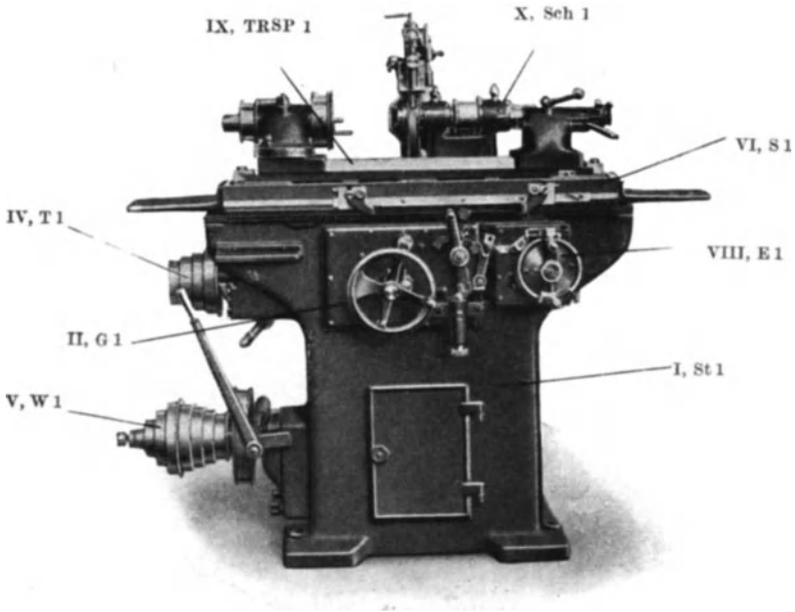


Abb. 1 a. Universal-Rund-Schleifmaschine mit automatischer Tischbewegung.

von 10 Stück angenommen. Bei der Rundschleifmaschine nach Abb. 1a u. b bewegt sich der Schlitten mit dem zwischen Reit- und Spindelstock aufgenommenen Werkstück an dem feststehenden Schleifbock vorbei. Näheres über den konstruktiven Aufbau dieser Maschine

¹ Fabrikat der Firma C. Unger, Hedelfingen-Stuttgart.

ist außer in den hier wiedergegebenen Abbildungen aus dem Schrifttum¹ zu ersehen.

A. Einteilung der Hauptgruppen I bis X.

Zur Ermittlung des Zeitbedarfes wird die Maschine zunächst in ihre Hauptgruppen unterteilt, und diese wiederum in Untergruppen, Einzelteile und Einzelwerkstücke zerlegt. Ferner werden auf Grund

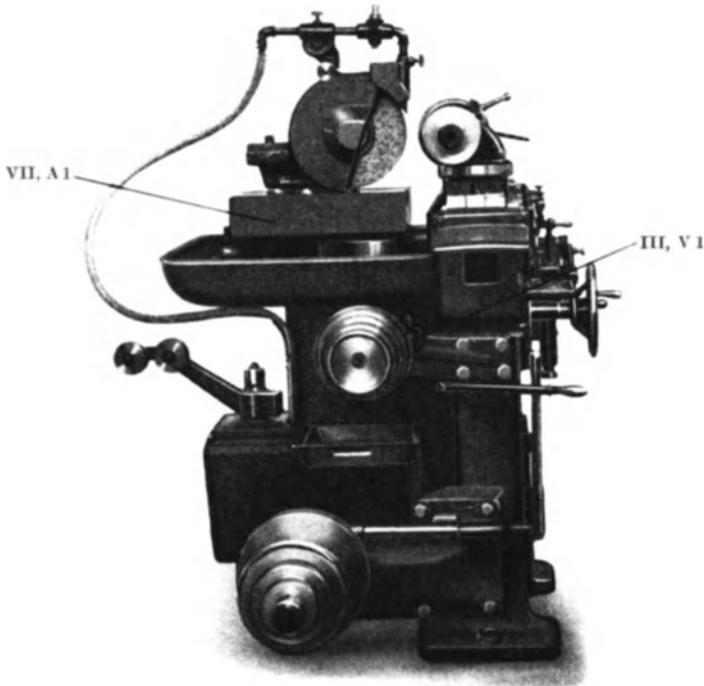


Abb. 1b. Universal-Rund-Schleifmaschine mit automatischer Tischbewegung.

der Zeichnungen und Stücklisten die Fertigungspläne aufgestellt. Hierbei liefert das Konstruktionsbüro die nötigen Zusammenstellungszeichnungen, Gruppenzeichnungen mit Stücklisten und die Einzelzeichnungen für die Werkstatt.

Der Zusammenbau der Rundschleifmaschine des Beispiels zerfällt nun in folgende Arbeitsaufträge:

¹ Die zwangläufigen Vorschübe und ihre selbsttätige Hubbegrenzung an Schleifmaschinen. Werkz.-Masch. Jahrg. 1916, H. 7, S. 141.

Arbeitsaufträge I bis X.

Arbeitsauftrag	Zeichnung Nr.	Hauptgruppen
I	St 1	Ständer
II	G 1	Getriebeplatte
III	V 1	Verbindungswelle
IV	T 1	Tischantrieb
V	W 1	Werkstückantrieb
VI	S 1	Schlitten
VII	A 1	Aufbau (Schleifbock)
VIII	E 1	Einstellung (Schleifrad)
IX	TRSP 1	Tisch-, Reit- und Spindelstock
X	Sch 1	Schleifbock

Vergleicht man den Zusammenbau mit einem Flußsystem, so ergibt sich die Darstellung nach Abb. 2.

Wie aus Vorstehendem ersichtlich, entsprechen die einzelnen Arbeitsaufträge den Hauptgruppen der Schleifmaschine. Die Arbeitsaufträge werden durch den Arbeitsverteiler in der Weise vergeben, daß eine Hauptgruppe sich am Betriebsmittel (Schraubstock, Werkbank, Spannvorrichtung usw.) in Arbeit befindet, die folgende dem Schlosser am Betriebsmittel bereits angeliefert ist, während eine weitere Hauptgruppe im Zwischenlager bereit gehalten wird.

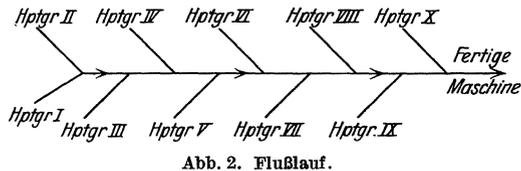


Abb. 2. Flußlauf.

Bei jedem Arbeitsauftrag über eine Hauptgruppe wird — wie im folgenden gezeigt — eine Unterweisungskarte, eine Stückliste und eine Werkzeugliste mitgegeben. Die Werkzeugliste dient zusammen mit der Stückliste als Unterlage für die Entnahme der nötigen Werkzeuge bzw. der Lager- und Herstellungsteile. Die Unterweisungskarten enthalten die Zeiten für die einzelnen Arbeitsvorgänge. Die zu dem betreffenden Arbeitsauftrag gehörenden Werkstücke nach DIN sind den Vorschriften der DIN-Blätter gemäß bezeichnet; eine Zusammenstellung hierüber s. S. 280. Die nicht genormten aber auf Lager befindlichen Werkstücke (Lagerteile) sind durch eine Lagernummer gekennzeichnet (z. B. bei Arbeitsauftrag II: M 8 = Drehöler mit metrischem Gewinde von 8 mm \varnothing); das gleiche gilt von den zu verwendenden Werkzeugen und Vorrichtungen, z. B.: D 18 = Zange für Mechaniker-Drehbank (s. Arbeitsauftrag II). Die mit „T“ = Teil bezeichneten Werkstücke sind Herstellungsteile und in der Stückliste eines jeden Arbeitsauftrages näher erläutert (vgl. z. B. S. 267).

In Wirklichkeit wäre die Arbeitsunterweisung noch durch eine Spalte für Verlust- und Wartezeiten zu ergänzen, da diese nie ganz aus-

zuschalten sind. Die auftretenden Verlustzeiten usw. müssen nach der Arbeitszeitaufnahme kritisch beurteilt werden, um alle vermeidbaren oder nicht berechtigten Verluste in künftigen Fällen möglichst auszuschalten. In den nachstehenden Beispielen sind der Einfachheit halber nur die Einrichte-, Haupt- und Nebenzeiten eingesetzt.

B. Arbeitsauftrag I.

Ständer montieren (Abb. 1a u. b).

a) Unterweisungskarte.

Betriebsmittel: Mechanikerdrehbank mit Zangenspannung D18.
Schraubstock 34/35.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Einrichtezeit Min.	Hauptzeit Min.	Nebenzeit Min.
1	Zeitkartenwechsel und Lesen der Unterweisung .	5		
2	Stelle Ständer in Reihen zu 5 auf, berücksichtige Platz, Ständer müssen 1. zum Anmontieren von G 1 auf Rückseite gelegt und 2. zum Anmontieren von V 1, T 1 und W 1 seitlich hochgestellt werden (Einrichtezeit bestehend aus: Kran holen, Ketten und Laschen zum Kran)	2		12
3	Anreißen von 3 Schmiernuten nach Lehre (Einrichtezeit bestehend aus: Lehre und Reißnadel aufnehmen, Kalk zum Anpinseln für das Anreißen richten)	1	1,5	
4	Schlagen der 3 Schmiernuten (Einrichtezeit bestehend aus: Meißel und Hammer aufnehmen und Meißel schleifen)	2	12	
5	Ankörnen und Bohren von 4 Öllöchern 5 \varnothing , 10 mm tief, mit elektr. Handbohrmaschine (Einrichtezeit bestehend aus: Körner aufnehmen, Handbohrmaschine anschließen).	3	8	
6	Ankörnen, Bohren von 3 Öllöchern, 8,4 \varnothing , 15 mm tief, mit Handbohrmaschine (elektrisch) . . .	1	15	
7	Gewindeschneiden von Hand M 10, 15 mm tief, dreimal.	0,5	9,6	0,5
8	Verputze den Ständer mit fahrbarem Schleifbock (biegsame Welle), Hammer, Meißel und Feilen .	5	100	15
9	Setze Lederscheibe auf 10 \times 15 DIN 81, öle und schraube alle 3 in Ständer	1	1,5	
10	Passe T 12 an St. 1	2	25	
11	T 8 und T 10 auf T 9 aufpassen an D 18	1	5	
12	Beide Löcher 4 \varnothing bei T 8 und T 10 in Gemeinschaft mit T 9 ebendasselbst ausreihen	1	1	
13	2 Stifte 4 \times 20 DIN 7 einpassen in T 8 und 10	1	5,6	
14	Weg von Schraubstock 34/35 an D 18 u. zurück .	2		

(Fortsetzung)

Nr.	Arbeitsvorgänge	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte- zeit Min.	zeit Min.	zeit Min.
15	Montieren der Türe: Stecke T 8 auf T 9 und schlage 4 × 20 DIN 7 ein, öle, spanne T 12 in Schraubstock, führe T 9 in Bohrung von Türe ein und stecke T 10 auf T 9, setze 4 × 20 DIN 7 an, schlage den Stift ein. Spanne aus, gehe an den betreffenden Ständer, setze Türe auf ihre Stützen und mache dieselben zu	3	4	
16	Probire Türriegel, ob Türe festhält.	—	—	—
17	Lege Maschine mit dem Kran auf die Rückseite	2		8
18	Passe T 7 an, analog T 12 von Nr. 10	2	28	
19	Öle beide T 11 und schraube dieselben an St. 1 mit 8,3 DIN 125 und 8 DIN 89 fest		0,5	
20	Arbeit ist unter Nr. 11—13 bereits ausgeführt, also T 8, T 9, T 10, mit 2 Stiften 4 × 20 DIN 7 zusammengepaßt		11,6	
21	Spanne T 7 in Schraubstock und montiere die Teile von Nr. 20 an und spanne aus	2	2	
22	Passe beide Stifte 8 × 50 DIN 7 in T 7 ein an D 18	1	14,4	
23	Weg hin und zurück mit T 7	2		
24	Hänge Türe ein, probiere, hilf evtl. nach, daß dieselbe leicht auf- und zugeht		5	
25	Passe Werkzeugschale an, schräge vorstehende Kanten von deren Auflage ab, lege Schale in Fach	1,5	8	
26	Bringe den Arbeitsplatz in Ordnung und melde Arbeit fertig	3		
Zeit je Hauptgruppe.		44	257,7	35,5

b) Stückliste für Arbeitsauftrag I.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1	T 1 = Ständer	3	10 × 15 DIN 81 } Ständer
		3	Le (Lederscheibe) }
1	T 7 = Türe	2	4 × 20 DIN 7 } vordere Türe
1	T 8 = Knopf	2	8 × 50 DIN 7 }
1	T 9 = Stift	2	8,3 DIN (125) }
1	T 10 = Riegel	2	8 „ 89 }
2	T 11 = Türhalter		
1	T 12 = Türe	2	4 × 20 DIN 7 } hintere Türe
1	T 8 = Knopf		
1	T 9 = Stift		
1	T 10 = Riegel		
1	T 13 = Werkzeugschale	2	8 × 25 DIN 84 } Werkzeug- schale

c) Werkzeugliste für Arbeitsauftrag I.

Anzahl	Werkzeuge oder Vorrichtungen	Fach	Bemerkung
1	Elektr. Handbohrmaschine mit Spannfutter 1—10 mm \varnothing und Schlüssel		
1	Spiralbohrer 5 mm \varnothing mit zyl. Schaft, lange Sorte		
1	Spiralbohrer 8,4 mm \varnothing m. zyl. Schaft, kurze Sorte		
je 1	Zange für Mechanikerdrehbank D 18 (G. Boley) 4 \varnothing , 8 \varnothing , 10 \varnothing		
je 1	Satz Gewindebohrer m. Windeisen M 10 u. M 8		
1	Reibahle 4 mm \varnothing		
1	Lehre zum Anreißen der Schmiernuten	2	

Erklärung zur Unterweisungskarte für Arbeitsauftrag I.

Zu Nr. 4: Die Zeit, um Schmiernuten mit Meißel und Hammer einzuschlagen, wird aus dem Weg oder Vorschub je Hammerschlag festgelegt (rd. 60 Schläge in der Minute; je Schlag 0,3 bis 0,5 mm Weg). Vgl. auch S. 95.

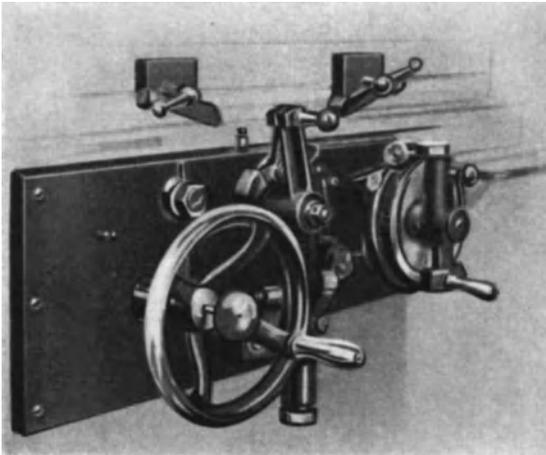


Abb. 3. Getriebeplatte.

Zu Nr. 10 und 16: Die Türen werden nicht genauest angepaßt (Lichtspalten dürfen vorhanden sein).

Zu Nr. 16: Hierfür besteht deshalb keine Zeitvorgabe, weil die Konstruktion des Türriegels

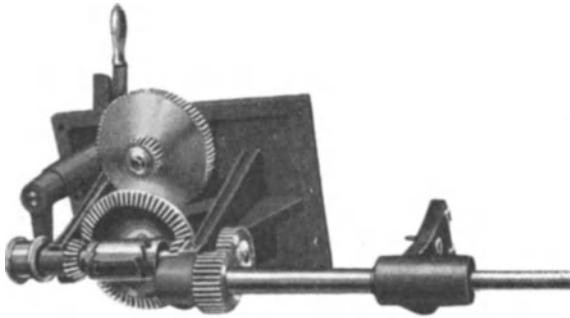
den Abweichungen in der Wandstärke des gußeisernen Ständers Rechnung trägt.

C. Arbeitsauftrag II.

Getriebeplatte montieren (Abb. 1a—b, 3, 4, 5, Zeichnung G_1).

a) Unterweisungskarte.

Betriebsmittel: Mechanikerdrehbank mit Zangenspannung D 18.
Schraubstock 34/35.
Bohrmaschine B_2



Innenansicht.

Abb. 4. Getriebeplatte.

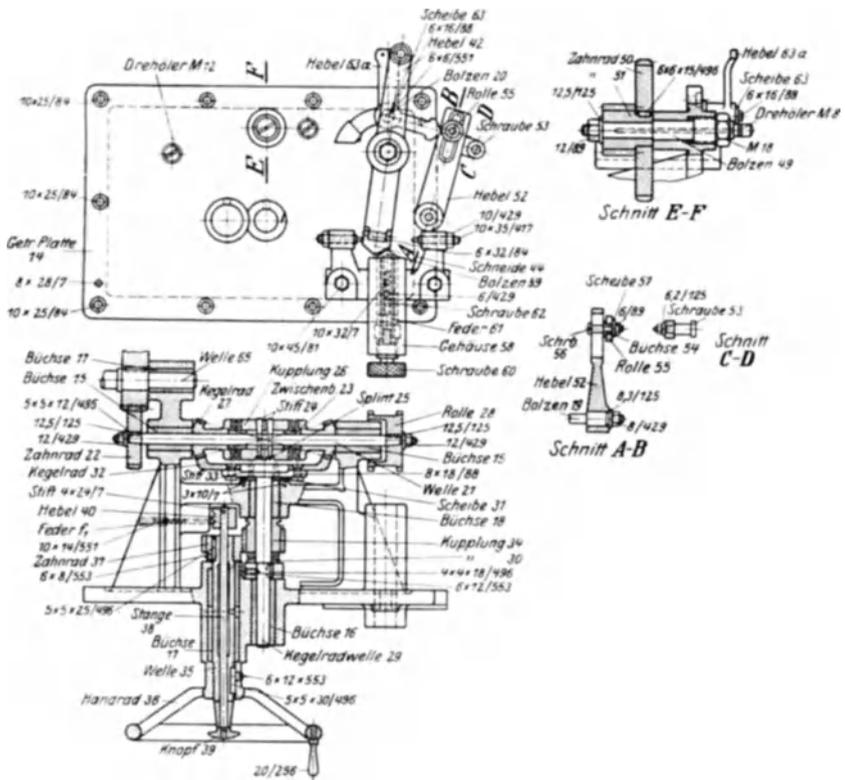


Abb. 5 (Zeichnung G 1). Getriebeplatte.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Einrichtezeit Min.	Hauptzeit Min.	Nebenzeit Min.
1	Zeitkartenwechsel und Lesen der Unterweisung .	5		
2	Spanne Getriebeplatte in Schraubstock			0,5
3	Demontiere Zahnradkolben Gr. a ⁶ , löse 12 DIN 89 und nehme 12 DIN 89 mit 12,5 DIN 125 ab, löse M 18 und schraube mit Spezialschraubenzieher T 49 heraus, ziehe T 49 aus der Platte und nehme gleichzeitig T 50 und 51 mit ab, lege sämtliche Teile in Fach Nr. 1	1	1,5	
4	Schraube beide 10 × 45 DIN 81 los und nehme Gr. a ⁸ weg in Fach 1	0,5	1	
5	Schraube 8 DIN 429 los und lege Gr. a ⁷ in Fach I	0,5	0,6	
6	Löse 12 DIN 429 bei T 46, nehme 12 DIN 429 und 12,5 DIN 125 ab, schlage T 46 los, ziehe Welle T 45 samt T 42 aus der Bohrung der Platte und nehme gleichzeitig Hebel T 46 mit auf, stecke T 46 auf T 45 und setze 12,5 DIN 125 und 12 DIN 89 auf, lege Gr. a ⁵ in Fach 1	1	1,3	1,4
7	Schraube 6 × 6 DIN 88 aus T 20 und nehme T 63a und 63 mit auf, lege ab in Fach 1	0,5	0,3	
8	Spanne Getriebeplatte aus			0,4
9	Legen G 1 auf ihre Auflage auf St. 1 und schraube 2 Stück 10 × 25 DIN 84 über Eck ein, reiße an (vorstehende Kanten), schraube 10 × 25 DIN 84 los	1	1,5	
10	Legen G 1 auf die Seite			0,5
11	Meißle vorstehende Kanten schräg und verfeile dieselben (Meißelspuren dürfen sichtbar sein) .	2	25	
12	Richte Leisten für G 1 Sitz ab	1	22	
13	Passe G 1 auf St 1	1	45	
14	Schraube sämtliche 10 × 25 DIN 84 fest.	0,5	3,6	
15a	Bohre Paßstiftloch auf 7,9 Ø, 30 tief (elektrische Handbohrmaschine)	2	16	
15	Bohre Vergleichsstück an B 2 und reibe dasselbe mit 8 mm Reibahle aus	1,5		4
16	Reibe 2 × 8 Ø B aus	1	5	
17	Löse sämtliche 10 × 25 DIN 84 und lege Getriebeplatte auf den Ständer		2	
18	Senke mit Brustwinde und Senker beide Paßstiftlöcher bei T 1 und T 14 Auflage-seite und nehme den Grat	1	1,5	
19	Gehe an D 18 zum Einpassen der Stifte, Weg hin und zurück	2		
20	Feile dort die Paßstifte nach Vergleichsstück $\frac{2}{3}$ Festsitz, $\frac{1}{3}$ Gleitsitz und schlage dieselben in Teil 14 ein		11	
21	Setze Getriebeplatte in ihre Paßstifte ein, öle sämtliche 9 Schrauben und schraube dieselben fest	1	3,6	
22	Bringe Arbeitsplatz in Ordnung und melde Arbeit fertig	5		
	Zeit je Hauptgruppe:	27,5	140,9	6,8

b) Stückliste für Arbeitsauftrag II.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Untergruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1 2 1 3 1 1 1	T 14 = Getriebeplatte „ 15 = Büchse „ 16 = Büchse „ 17 = Büchse „ 18 = Büchse „ 19 = Bolzen „ 20 = Bolzen	a ¹		
1 1 1 2 2 1 2 1	T 21 = Welle „ 22 = Zahnrad „ 23 = Zwischenbuchse „ 24 = Stift „ 25 = Splint „ 26 = Kupplung „ 27 = Kegelrad „ 28 = Rolle	a ²	1 2 2	5 × 5 × 12 DIN 496 12 DIN 429 12,3 DIN 125
1 1 1 1 1 1	T 29 = Kegelradwelle „ 30 = Kupplung „ 31 = Scheibe „ 32 = Kegelrad „ 33 = Stift „ 34 = Kupplung	a ³	1 4 4 1 2	6 × 12 DIN 553 8 DIN 429 8 × 18 DIN 88 4 × 4 × 18 DIN 496 3 × 10 DIN 7
1 1 1 1 1 1	T 35 = Welle „ 36 = Handrad „ 37 = Zahnrad „ 38 = Stange „ 39 = Knopf „ 40 = Hebel	a ⁴	1 1 1 1 1 1	4 × 24 DIN 7 6 × 12 DIN 553 5 × 5 × 25 DIN 496 5 × 5 × 30 „ 496 6 × 8 DIN 553 C 20 DIN 256
1 1 1 1 1 1 1	T 42 = Hebel „ 43 = Griffe „ 44 = Schneide „ 45 = Welle „ 46 = Hebel „ 47 = Bolzen „ 48 = Rolle	a ⁵	1 2 1 1 1	12 DIN 429 12,5 DIN 125 12 DIN 89 6 × 32 DIN 84 5 × 5 × 30 DIN 496
1 1 1	T 49 = Bolzen „ 50 = Zahnrad „ 51 = Zahnrad	a ⁶	1 1 1 1	6 × 6 × 15 DIN 496 12 DIN 89 12 „ 125 Drehöler M 8 M 18
1 1 1 1 1 1	T 52 = Hebel „ 53 = Schraube „ 54 = Büchse „ 55 = Rolle „ 56 = Schraube „ 57 = Scheibe	a ⁷	2 1 1 1	6 DIN 89 6,2 DIN 125 8,3 „ 125 8 „ 429

(Fortsetzung)

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Untergruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1	T 58 = Gehäuse	a ⁸	2	10 × 35 DIN 417
1	„ 59 = Bolzen		2	10 DIN 429
1	„ 60 = Schraube		1	6 „ 429
1	„ 61 = Feder		2	10 × 45 DIN 81
1	„ 62 = Schraube		1	10 × 32 „ 7
1	T 63a = Hebel	a ⁹	1	6 × 6 DIN 551
1	„ 63 = Scheibe		1	6 × 16 DIN 88
	Zur Ständermontage	}	9	10 × 25 DIN 84
			2	8 × 28 „ 7
	Sind sofort an Probestand zu weisen	}	2	M 12 Drehöler
			1	M 8 „
			2	Ölknöpfe 8 mm ø

c) Werkzeugliste zu Arbeitsauftrag II.

Anzahl	Werkzeuge oder Vorrichtungen	Fach	Bemerkung
1	Spezial-Schraubenzieher	5	v. St. I
1	Elektr. Handbohrmaschine mit Spannfutter 1—10 ø und Schlüssel		
1	Spiralbohrer 7,9 ø mit zyl. Schaft		
1	Reibahle 8 ø und Windeisen		
1	Grenzlehrbolzen 8 ø		
1	Zange für D18, 8 ø		v. St. I

Erklärung zu Arbeitsauftrag II.

a) Unterweisungskarte: Nach Durchsicht der Unterweisungen ergibt sich, daß an der G 1 noch einzelne Untergruppen fehlen. Diese befinden sich noch in Fach 1 oder Fach 10, da sie bei der Montage erst später benötigt werden. Bezüglich des Ausdruckes „Fach“, der sowohl in der Einzelunterweisung als auch auf den Werkzeuglisten erscheint, sei erwähnt, daß es sich um ein Regal handelt, das sich in der Nähe von Schraubstock 34/35 befindet und in dem die einzelnen Teile für jede Maschine, also für Nr. 1 bis 10, vorläufig verwahrt sind (Hilfslager). Die Untergruppen a⁵, a⁶ usw. bleiben, da sie beim Einschaben von Ständer und Schlitten hinderlich wären, so lange in dem Hilfslager, bis die Hauptgruppe VI und VIII (s. S. 280 unter VI und VIII) erledigt ist. Erst dann können diese Untergruppen mit ihrer Hauptgruppe G₁ (Arbeitsauftrag II) vereinigt werden.

Zu Nr. 15. Man bohrt deshalb ein Vergleichsstück, um den Spiralbohrer auf seine Maßhaltigkeit zu prüfen. Die Bohrung darf nach dem Ausreiben keinesfalls 8 mm ø B überschreiten. Die einzelnen Stifte werden in das Vergleichsstück eingepaßt, da T 1 und T 14 mit derselben Reibahle gerieben sind.

b) Stückliste: a^1 wird von den Bearbeitungswerkstätten als Untergruppe angeliefert. In Teil 14 (= Getriebeplatte) sind die Büchsen T 15 bis 18 sowie die Bolzen T 18 und 20 eingeschliffen bzw. eingepreßt. a^2 bis a^9 werden zu Untergruppen zusammengebaut. Die Untergruppen a^1 bis a^9 werden sodann nach Abb. 5 (Zeichnung G_1) vereinigt, zusammen mit den aus der Stückliste ersichtlichen Einzelteilen.

Die 9 Stück 10×25 DIN 84 und 8×28 DIN 7, die zur Hauptgruppe Ständermontage St 1 (Arbeitsauftrag I) gehören, können erst hier bei Arbeitsauftrag II verwendet werden, da sie zum Anpassen und Anschrauben der Getriebeplatte G_1 an St 1 dienen.

2 Stück M 12 Drehöler, 1 Stück M 8 Drehöler und 2 Ölnöpfe sind deshalb an den Probestand sofort zu überweisen, damit dieselben nicht bei dem Maschinenzusammenbau abgebrochen werden bzw. verloren gehen.

Beispiel einer Untergruppen-Montage.

Dem Zusammenbau der Hauptgruppen geht die Montage etwaiger Untergruppen (Vormontage) voraus. Hierdurch wird der Zusammenbau der Hauptgruppen vereinfacht. Die Arbeitszeiten für die Untergruppenmontage treten natürlich in der zugehörigen Hauptgruppe nicht mehr auf, sind also z. B. in der Unterweisungskarte zum Arbeitsauftrag II der Hauptgruppe G_1 , S. 268, nicht mehr enthalten.

Im folgenden ist als Beispiel die Montage der zur Hauptgruppe G_1 gehörigen Untergruppe a^5 (s. a. Stückliste zu Arbeitsauftrag II, S. 271) herausgegriffen.

Arbeitsauftrag zur Umsteuerwelle — Untergruppe a^5 .

[Abb. 6 (Zeichnung G_1 , a^5).]

a) Unterweisungskarte.

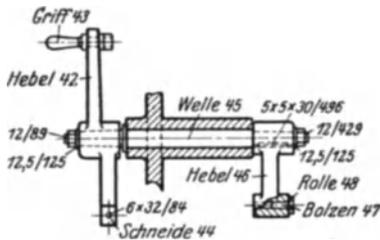
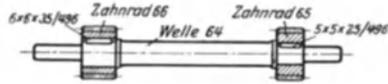
Betriebsmittel: Schraubstock 3.

Mechanikerdrehbank mit Zangenspannung D 20.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte-	zeit	zeit
		zeit	Min.	Min.
		Min.		
1	Kartenwechsel und Lesen der Unterweisung . .	1,5		
2	Passe Griff T 43 an D 20 in Hebel T 42.	1	3	1
3	Passe Bolzen T 47 in T 46 an D 20.	1	3,8	1
4	Passe T 44 auf T 42 und schr. 6×32 DIN 84 ein	1,5	6	
5	Passe $5 \times 5 \times 30/496$ in T 45 und T 46 auf 3 .	1	8,2	
6	Stecke T 42 auf T 45, setze 12,5 DIN 125 und 12 DIN 429 auf und schraube ca. 2—3 Gg. 12 DIN 429 ein, schiebe T 48 auf T 47, lege ab .	1		1
7	Fertigmeldung und Platzordnung	2		
Zeit je Untergruppe		9,0	21,0	3,0

b) Stückliste für Unterweisungskarte zu G 1 a⁵.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1	T 42 = Hebel	1	12 DIN 89
1	„ 43 = Griff	2	12,5 DIN 125
1	„ 44 = Schneide	1	12 DIN 429
1	„ 45 = Welle	1	6 × 32 DIN 84
1	„ 46 = Hebel	1	5 × 5 × 30 DIN 496
1	„ 47 = Bolzen		
1	„ 48 = Rolle		

Abb. 6 (Zeichnung G 1, a⁵). Umsteuerwelle.Abb. 7 (Zeichnung V₁). Verbindungswelle.

D. Arbeitsauftrag III.

Verbindungswelle. [Abb. 1a, b u. Abb. 7 (Zeichnung V₁).]

a) Unterweisungskarte.

Betriebsmittel: Schraubstock 34/35.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte-	zeit	zeit
		Min.	Min.	Min.
1	Zeitkarte wechseln und lesen der Unterweisung	2		
2	Hole Kran und stelle Ständer auf die Seite hoch	1		14
3	Spanne T 64 in Schraubstock 34 ein, passe 5 × 5 × 25 DIN 496 in T 64 und schlage T 65 Festsitz auf T 64	0,5	7,2	
4	Passe 6 × 6 × 35 DIN 496 in T 64 und schlage T 66 Festsitz auf T 64	0,5	7,8	
5	Spanne V 1 aus, öle bei T 65 und führe V 1 in Bohrung G 14 (siehe G 1)			0,5
6	Befestige eine Stützlnette ¹ an dem Platz des Werkstückantriebes W 1 mit 2 Schrauben, stelle dieselbe ein, daß V 1 leicht läuft, ziehe alsdann Schrauben fest, daß Welle starr sitzt	1		5
7	Fertigmeldung und Platzordnung	3		
Zeit je Hauptgruppe:		8	15,0	19,5

¹ Erklärung: Stützlnette wird deshalb angeschraubt, damit Welle T 64 starr sitzt, um das Anpassen von T 67 in Arbeitsauftrag IV (Arbeitsvorgang Nr. 15) zu erleichtern.

b) Stückliste für Arbeitsauftrag III.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1	T 64 = Welle	1	5 × 5 × 25 DIN 496
1	„ 65 = Zahnrad	1	6 × 6 × 35 „ 496
1	„ 66 = Zahnrad		

c) Werkzeugliste zu Arbeitsauftrag III.

Anzahl	Werkzeuge oder Vorrichtungen	Fach	Bemerkung
2	Stützlünetten	4	
4	Schrauben 16 × 50 DIN 80		

E. Arbeitsauftrag IV.

Tischantrieb. [Abb. 1a, b und Abb. 8 (Zeichnung T₁).]

a) Unterweisungskarte.

Betriebsmittel: Schraubstock 34/35.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte-	zeit	zeit
		zeit	Min.	Min.
		Min.		
1	Zeitkarte wechseln und lesen der Unterweisung	4		
2	Spanne T 67 in Schraubstock.			0,5
3	Löse 12 DIN 89 und nehme dieselbe mit 12,5 DIN 125 ab.	0,5	0,2	
4	Ziehe Hebel von T 50 und nehme T 81 auf und lege ab.		0,1	
5	Schraube je eine 8 × 20 DIN 84 und T 75 bei T 76 und T 78 los.	0,5	0,3	
6	Nehme T 78 ab.		0,1	
7	Schlage mit Bleihammer T 76 von T 73	0,5	0,5	
8	Nehme 5 × 5 × 40 DIN 496 aus T 73	0,3	0,2	
9	Ziehe Welle T 73 aus ihrer Lagerstelle und stecke T 73 und 76 leicht zusammen		0,3	
10	Bringe sämtliche Teile geordnet in ihre Fächer .			0,5
11	Spanne T 67 aus			0,3
12	Setze T 67 auf T 64 an St 1			0,5
13	Reiße Sitzfläche von T 67 an St 1 an.	0,5	0,7	
14	Meißle vorstehende Kanten schräg und befeile dieselben	1,5	12	
15	Passe T 67 an St 1, daß T 64 0,2—0,3 mm Achsial- spiel, Lünette gelöst, leicht läuft mit fest an- gezogenen 12 × 40 DIN 80	2	50	
16	Nehme Stützlünette weg.			1,5
17	Melde Arbeit fertig und bringe Platz in Ordnung .	3		
Zeit je Hauptgruppe		12,8	64,4	3,3

Anmerkung: Bohren der Paßstiftlöcher und Einpassen der Paßstifte folgt erst bei Arbeitsauftrag V, ebenso das Zusammenbauen von T 1. Die Werkzeuge sind ebenfalls am Platz zu behalten.

b) Stückliste zu Arbeitsauftrag IV.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Untergruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1 2 1 1 1	T 67 = Lager ,, 68 = Büchse ,, 69 = Büchse ,, 70 = Bolzen ,, 71 = Welle	a ¹		
1 1 2 1	T 73 = Welle ,, 74 = Zahnrad ,, 75 = Scheibe ,, 76 = Riemscheibe	a ²	2 1 1	8 × 20 DIN 84 5 × 5 × 20 DIN 496 5 × 5 × 40 „ 496
1 2 1 1	T 78 = Zahnrad ,, 75 = Scheibe ,, 80 = Hebel ,, 81 = Führungsstück		1 1 2 3	12,5 DIN 125 12 DIN 89 8 × 20 DIN 84 Ölknopf 8 mm
	Zur Ständermontage:		2 2	8 × 32 DIN 7 12 × 40 „ 80

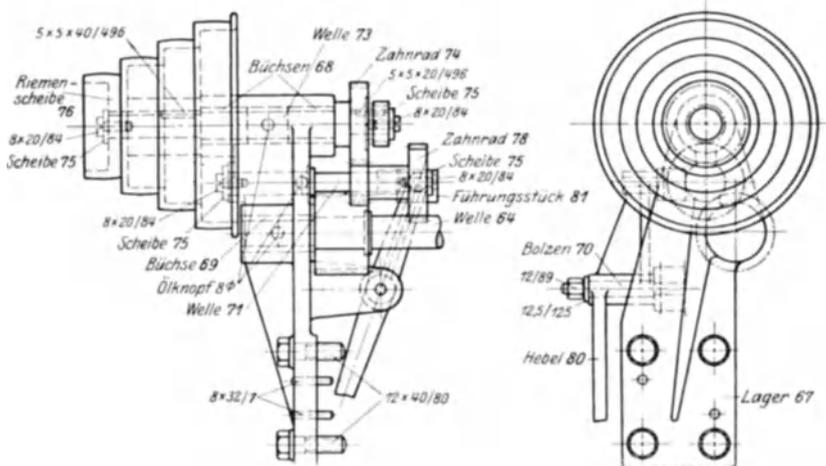


Abb. 8 (Zeichnung T 1). Tischantrieb.

Erklärung zur Stückliste.

a¹ wird als Untergruppe von den Bearbeitungswerkstätten angeliefert. In T 67 sind Büchsen T 68 und 69 sowie T 70 und 71 eingeschleift bzw. eingepreßt. a² wird zur Untergruppe zusammgebaut. Die Untergruppen a¹ und a² werden sodann samt den in obiger Stückliste genannten Einzelteilen zur Hauptgruppe nach Zeichnung T 1 vereinigt. Die beiden zur Ständermontage gehörigen Stücke 8×32 DIN 7 und 12×40 DIN 8 werden erst jetzt hinzugenommen. (Vgl. auch Erklärung zur Stückliste: Arbeitsauftrag II, S. 273.)

c) Werkzeugliste zu Arbeitsauftrag IV.

Anzahl	Werkzeuge und Vorrichtungen	Fach	Bemerkungen
1	Spiralbohrer 7,9 \varnothing mit zyl. Schaft		von G 1
1	Reibahle 8 \varnothing mit Windeisen		„ G 1
1	Grenzlehrbolzen 8 \varnothing		„ G 1
1	Zange für D 18,8 \varnothing		„ G 1
1	Satz Gewindebohrer M 12 mit Windeisen		„ G 1

F. Arbeitsauftrag V.

Werkstückantrieb. [Abb. 1a, b und Abb. 9 (Zeichnung W₁).]

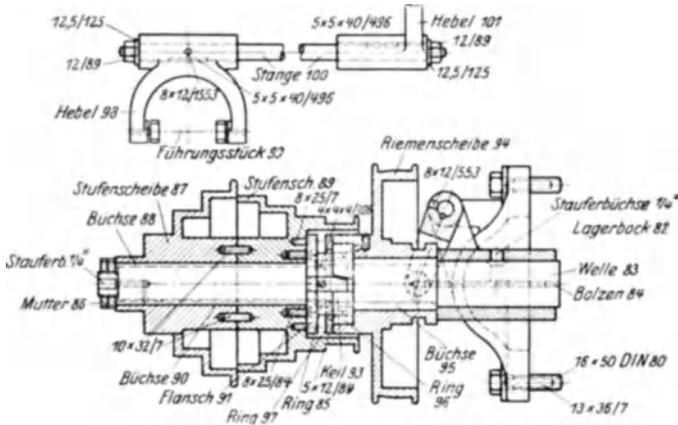


Abb. 9 (Zeichnung W₁). Werkstückantrieb.

a) Unterweisungskarte.

Betriebsmittel: Schraubstock 34/35.
 Mechanikerdrehbank mit Zangenspannung D 18.
 Radialbohrmaschine Rb 1.

Nr.	Arbeitsvorgänge	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte-	zeit	zeit
		zeit	Min.	Min.
		Min.		
1	Zeitkarte wechseln und lesen der Unterweisung	6		
2	Spanne W 1 in Schraubstock			0,5
3	Beide Ringmuttern T 86 lösen und abnehmen .	0,5	0,5	
4	T 87 und 89 von T 83 ziehen		0,3	
5	Ein. Stück 12 DIN 89 lösen, abschrauben und abheben der 12,5 DIN 125	0,5	0,2	
6	T 94 mit T 85 abziehen		0,2	
7	8 \times 12 DIN 553 lösen an T 98	0,5	0,1	
8	Beide Teile 99 abnehmen		0,1	
9	T 98 mit Bleihammer von T 100 schlagen . . .	0,5	0,5	
10	5 \times 5 \times 40 DIN 496 aus T 100 nehmen	0,3	0,2	
11	T 100 mit T 101 herausziehen		0,1	
12	T 100 und T 98 leicht zusammenstecken . . .		0,1	
13	Lege sämtliche Teile weg			0,6

Nr.	Arbeitsvorgänge (Fortsetzung)	Ein-	Haupt-	Neben-
		richte- zeit Min.	zeit Min.	zeit Min.
14	Ausspannen von T 82			0,3
15	T 82 an St 1 mit 2 Stück 16 × 50 DIN 80 an- schrauben und anreißen	1	1,5	
16	Losnehmen von T 82	0,5	1	
17	Abschrägen der vorstehenden Kanten, Befeilen derselben	2	23	
18	Feilen der Auflagefläche an St 1	1	15	
19	Feilen der Auflagefläche an T 82 nach St 1 . .	1	25	
20	Festschrauben mit 4 Stck. 16 × 50 DIN 80 .	0,5	2	
21	Von Schraubstock 34/35 an Rb 1 zum Bohren der Paßstiftlöcher, mit Kran St 1 transportieren	2	10	
22	Bohren für T 1, 2 × 7,9 Ø 50 lg.	1	5	
23	Bohren für W 1, 2 × 12,75 Ø 60 lg.	1	6	
24	Rücktransport von Rb 1 an Schraubst. 34/35 .			8
	(bohren eines Vergleichsstückes 13 Ø B) reiben .	1,5		6
25	Reiben 2 × 8 Ø 50 lg. } von Hand	0,5	2,5	
	Reiben 2 × 13 DIN 60 }	0,5	3	
26	Einpassen 2 Stück 8 × 32 DIN 7 { an D 18 und	0,5	11,6	
27	Einpassen 2 „ 13 × 60 DIN 7 { einschl. an	0,5	16,4	
	{ Schrbst.34/35			
28	Losnehmen von T 82 und T 67, sowie T 64 vom Ständer	1	3	
29	Bringe mit Kran den Ständer in seine Grund- stellung (verbleibt in dieser Lage bis zur end- gültigen Fertigstellung).	2		12
30	Spanne T 82 in Schraubstock ein			0,5
31	Teil 100, 101, 99, 98 und DIN Teile, — montiere an T 82	0,5	1,2	
32	Führe T 94 auf T 83, öle sowie T 85		0,2	
33	Bringe T 90 und T 87 auf T 83		0,15	
34	Schraube beide T 86 auf T 83 und stelle Achsial- spiel ein	0,5	1	
35	Spanne W 1 aus			0,3
36	Gehe mit W 1 an St 1 und befestige mit Schrau- ben 16 × 50 DIN 80	0,5	2	
37	Führe T 64 in seine Lagerstelle ein.		0,3	
38	Spanne T 67 in Schraubstock			0,5
39	Nehme T 76 von 73 ab, öle und führe T 73 in Lagerstelle, lege 5 × 5 × 40 DIN 496 ein und schlage T 76 auf T 73	1	1	
40	Führe T 78 auf T 71		0,1	
41	Schraube mit beiden T 75 an T 71 und 73 8 × 20 DIN 84 fest	0,5	0,5	
42	Nehme T 80 und 81, öle und bringe beide in ihre Lage		0,2	
43	Setze 12,5 DIN 125 und 12 DIN 89 auf und schraube fest		0,15	
44	Spanne aus			0,3
45	Gehe mit T 1 an St 1, bringe T 1 in seine Lage und schraube mit 4 St 12 × 40 DIN 80 an . .	0,5	1,8	
46	Melde Arbeit fertig und bringe Arbeitsplatz in Ordnung	5		
	Zeit je Hauptgruppe.	33,3	135,90	29,0

b) Stückliste für Arbeitsauftrag V.

Anzahl	Herstellungsteile je Gruppe	Untergruppe	Anzahl	Lagerteile je Gruppe
1 1 1 1 2	T 82 = Lagerbock 83 = Welle 84 = Bolzen 85 = Ring 86 = Ringmutter	a ¹	1	4 × 4 × 10 DIN 496
1 1 1 1 1 1	T 87 = Riemenscheibe 88 = Büchse 89 = Riemenscheibe 90 = Büchse 91 = Flansch 93 = Keil	a ²	4 1 4 2	10 × 32 DIN 7 5 × 10 DIN 84 8 × 25 „ 84 8 × 25 „ 7
1 1 1 1	T 94 = Riemenscheibe 95 = Büchse 96 = Bremsring 97 = Ring	a ³	1 4	8 × 8 DIN 553 5 × 12 „ 84
1 2 1 1	T 98 = Hebel 99 = Führungsstück 100 = Stange 101 = Hebel	a ⁴	1 2 2 2	8 × 12 DIN 553 12,5 DIN 125 12 DIN 89 5 × 5 × 40 DIN 496
	Zur Ständermontage	}	2 4	13 × 36 DIN 7 16 × 50 „ 80
	Sind sofort an Probestand zu weisen		2	Stauf.Büchs. 1/2" Gasgew.

c) Werkzeugliste zu St 1 und W 1.

Anzahl	Werkzeuge oder Vorrichtungen	Fach	Bemerkungen
1	Spiralbohrer 12,75 mm mit Konus		
1	Reibahle 13 Ø fest mit Windeisen		
1	Grenzlehrbolzen 13 Ø B		
1	Satz Gewindebohrer M 16 mit Windeisen		

Erklärung zur Stückliste für Arbeitsauftrag V.

Die beiden L-Teile 13×36 DIN 7 und 16×50 DIN 80, die zur Hauptgruppe Ständermontage St 1 (Arbeitsauftrag I) gehören, können erst hier bei Arbeitsauftrag V ausgegeben werden, da sie zum Anpassen und Anschrauben des Werkstückantriebs W 1 an St 1 dienen.

Die 2 Staufferbüchsen 1/2" Gasgew. gehen sofort an den Probestand und werden erst dort angeschraubt, um ein Abstoßen beim weiteren Zusammenbau und Transport zu vermeiden.

G. Arbeitsauftrag VI bis X.

Die weiteren Arbeitsaufträge seien nur noch kurz angeführt:

Nr. VI: Einschaben des Ständers und Schlittens, Schmierrollen und Zahnstange einpassen, montieren eines Teils von der Getriebeplatte G 1.

Nr. VII: Anpassen des Schleifbockaufbaues und montieren desselben.

Nr. VIII: Schleifradeinstellung anpassen und zusammenbauen der letzten G 1—Teile.

Nr. IX: Tisch, Reit- und Spindelstock zentrieren, sowie aufmontieren auf Schlitten.

Nr. X: Schleifbock mit Spindelstock auf gleiche Höhe bringen (abholen und schleifen vom Schleifbockschlitten).

Nach Erledigung dieser Arbeiten ist die Maschine entsprechend dem Flußlauf Abb. 2 S. 265 fertig montiert.

Die Rundschleifmaschine kommt nun auf den Probestand zum Probenschleifen. Hierbei wird die Probierstand-Pumpe mit Wasserkasten angeschraubt, während die zur Maschine gehörige Pumpe mit Wasserkasten erst vor Ablieferung in das Lager angebracht wird; hierdurch erspart man das fortwährende Füllen und Leeren des Kastens mit Wasser und die Zeit für die Reinigung.

Von dem Probestand wandert die Maschine in die Lackiererei, wo sie zerlegt, gereinigt und angestrichen wird. Hier kommt auch die zugehörige Pumpe hinzu.

Zuletzt fügt man die Maschine endgültig zusammen. Die blanken Teile werden poliert, die Schrauben schwarzgebrannt. Nach dem Zusammenbau erfolgt nochmaliger Probelauf zum Einstellen der Lager, worauf die Rundschleifmaschine versandbereit ist.

Zusammenstellung der beim Zusammenbau-Beispiel vorkommenden DIN-Blätter.

7	Zylinderstifte,
80	Blanke Sechskant-Schrauben, für 1 Mutter, metrisches Gewinde,
81	„ „ „ „ metrisches Gewinde,
83	„ Zylinderschraube, „ „
84	Zylinderschraube, metrisches Gewinde,
85	Blanke Linsenschraube, metrisches Gewinde,
86	„ Halbrundschraube, metrisches Gewinde,
88	„ Linsensenkschraube, metrisches Gewinde,
89	Sechskant-Mutter, metrisches Gewinde,
125	Blanke Scheiben für Sechskantschrauben und -Muttern,
256	C 20 Drehbarer Kegelgriff,
417	Gewindestifte mit Zapfen, metrisches Gewinde,
429	Blanke niedrige Sechskantmuttern, metrisches Gewinde,
496	Paßfedern,
551	Gewindestift mit Kegelansatz, metrisches Gewinde,
553	Gewindestifte mit Spitze, „ „

H. Zahlentafel über Gewindeschneiden, Einpassen von Zylinderstiften und Paßfedern.

Nachstehend seien noch 3 Zahlentafeln für die Grundzeiten für Gewindeschneiden von Hand und für das Einpassen von Zylinderstiften und Paßfedern angeführt.

Zahlentafel 1. Zeittafel zum Gewindeschneiden von Hand (metrisch).
Zeit in Minuten.

Länge mm	4 ∅	5 ∅	6 ∅	8 ∅	10 ∅	12 ∅	14 ∅	16 ∅
10	3,1	3	2,8	2,5	2,4	2,3		
15	4,1	4	3,8	3,2	3,2	3,1	3,5	3,5
20	5,1	5	4,8	3,9	4	3,9	4,3	4,3
25		6	5,8	4,6	4,8	4,7	5,1	5,1
30			6,8	5,3	5,6	5,5	5,9	5,9
35				6	6,4	6,3	6,7	6,7
40					7,2	7,1	7,5	7,5
45					8	8,1	8,3	8,3
50						8,9	9,1	9,1

Die Zahlentafel 1 entspricht der Grundzeit, und zwar für das Schneiden des Gewindes von Hand mittels Gewindebohrer und Windeisen in Gußeisen. Für Temperguß und Schmiedeeisen bis 60 kg/mm² Festigkeit sind 15 vH hinzuzurechnen. Bei Sacklöchern kommen 30 vH gegenüber durchgehendem Gewinde hinzu.

Zahlentafel 2. Zeittafel zum Einpassen von Zylinderstiften nach DIN 7.
Zeit in Minuten.

Lg mm	∅ mm 3	Lg mm	∅ mm 4	Lg mm	∅ mm 5	Lg mm	∅ mm 6	Lg mm	∅ mm 8	Lg mm	∅ mm 10	Lg mm	∅ mm 13	Lg mm	∅ mm 16
8	3,3														
10	3,4														
12	3,5	10	3,5												
14	3,6	12	3,6	12	3,8										
16	3,7	14	3,7	14	4	14	4,2								
18	3,8	16	3,8	16	4,2	16	4,4	16	4,5						
20	4	18	4	18	4,4	18	4,6	18	4,7						
24	4,2	20	4,2	20	4,6	20	4,8	20	4,9	20	5				
28	4,4	24	4,2	24	4,9	24	5,1	24	5,2	24	5,3				
32	4,6	28	4,7	28	5,2	28	5,4	28	5,5	28	5,6	28	5,7		
		32	5	32	5,5	32	5,7	32	5,8	32	5,9	32	6	32	7
		36	5,2	36	5,8	36	6	36	6,1	36	6,2	36	6,3	36	7,3
		40	5,5	40	6,2	40	6,2	40	6,3	40	6,4	40	6,5	40	7,6
				45	6,6	45	6,7	45	6,8	45	6,9	45	7	45	8
				50	7	50	7,1	50	7,2	50	7,3	50	7,4	50	8,4
						55	7,5	55	7,6	55	7,7	55	7,8	55	8,8
						60	7,9	60	8	60	8,1	60	8,2	60	9,2
								70	8,4	70	8,5	70	8,6	70	9,7
								80	8,8	80	8,9	80	9	80	10,2
										90	9,4	90	9,5	90	10,7
										100	10	100	10,3	100	11,2
												120	11	120	12
														140	12,8

Die Zahlentafel 2 entspricht der Grundzeit für Lochaufbohren, Aufreiben und Stifteinpassen. Die Paßstiftlöcher werden in den Bohrvorrichtungen um 0,5 bis 1 mm enger vorgebohrt. Angenommen ist, daß $\frac{1}{3}$ der gesamten Bohrungslänge mit Gleitsitz und $\frac{2}{3}$ der Länge mit Festsitz am Stift anliegen.

Zahlentafel 3. Zeittafel zum Einpassen von Paßfedern, rundstirrig, nach DIN 496, in Welle und Nabe.

Zeit in Minuten.

Breite b	3	4	5	6	8	10	12
Höhe h	3	4	5	6	7	8	8
Länge							
8	6						
10	6,15	6,5	7				
12	6,3	6,65	7,2	7,5			
15	6,45	4,8	7,4	7,7			
18	6,6	6,95	7,6	7,9			
20	6,8	7,1	7,8	8,1	8		
25	7	7,25	8	8,3	8,25	9	
30		7,4	8,2	8,5	8,5	9,25	10
35		7,6	8,4	8,7	8,75	9,5	10,3
40			8,6	8,9	9	9,75	10,6
45				9,1	9,25	10	10,9
50				9,3	9,5	10,25	11,2
55					9,75	10,5	11,5
60					10	10,75	11,8
65					10,25	11	12,1
70					10,5	11,25	12,4
75						11,5	12,7
80						11,75	13
85						12	13,3
90						12,25	16,6
95							13,9
100							14,2
110							14,5
120							15

Die Werte der Zahlentafel 3 entsprechen der Grundzeit. Sie gelten für Schiebesitz.

Einige Schlosserarbeiten aus dem Großmaschinenbau¹.

Von K. Gottwein und W. Schulz.

Auch im Großmaschinenbau ist zu unterscheiden zwischen Arbeiten, die sich stets wiederholen, solchen, die weniger oft vorkommen und solchen, die überhaupt nur vereinzelt zu leisten sind. Bei der ersten Art von Arbeiten macht es sich bezahlt, wenn man die Gesamtzeiten aus planmäßig ermittelten Normzeiten, Richtzeiten oder Bezugszeiten aufbaut, s. S. 9 und S. 10. Bei weniger oft vorkommenden Arbeiten wird man sich mit der Zeitaufnahme größerer Arbeitsintervalle begnügen, d. h. man wird bei gewissen größeren Stationen des Arbeitsfortschrittes die verbrauchte Zeit vermerken, also eine Art Arbeitsaufnahme durchführen². Bei nur einmal oder vereinzelt vorkommenden Arbeiten setzt das Schätzen oder Vergleichen auf Grund von Erfahrungen ein, wobei geordnet niedergelegte Erfahrungswerte aller Art, z. B. in einer Kartei, von Nutzen sind.

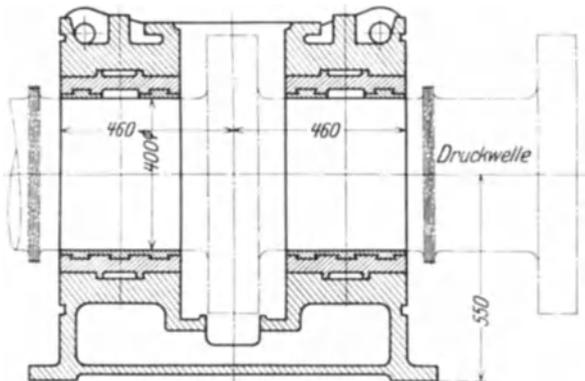


Abb. 1. Drucklager einer Druckwelle.

Im Zusammenhang hiermit sei erwähnt, daß der Refa angeregt hat, daß auch sogenannte zwanglose Kalkulationsblätter für die verschie-

¹ Die Unterlagen wurden von der Firma Blohm & Voß in entgegenkommender Weise zur Verfügung gestellt.

² Vgl. H. Tillmann: Zweck und Durchführung von Arbeits- und Zeitaufnahmen in der Gießerei, S. 17. Berlin: Beuth-Verlag.

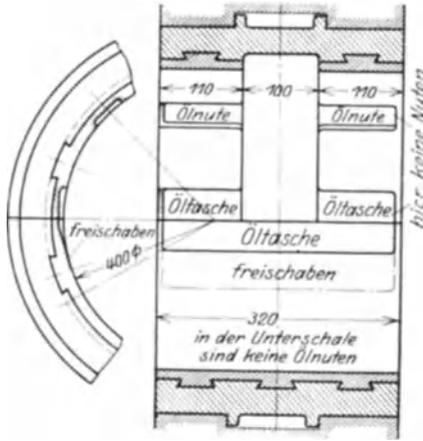


Abb. 2. Drucklager einer Druckwelle.
 Schabfläche der 2 oberen Lagerschalen 2078,4 cm²
 „ „ 2 unteren „ 3526,4 cm²
 Gesamte Schabfläche 5604,8 cm²

densten Arbeiten aus der Praxis zusammengestellt werden sollten, deren Auswertung unsere Erkenntnisse über den Zeitbedarf und dessen Erfassung bei schwierigeren Handarbeiten zu vertiefen geeignet ist. Es seien daher im folgenden einige Beispiele über verschiedene Schlosserarbeiten aus dem Großmaschinenbau gebracht und für Zwecke der Vorkalkulation ausgewertet. Voraussetzung für die Verwendbarkeit der aufgenommenen Zeitwerte für andere Arbeiten ähnlicher Art ist deren Trennung nach Haupt- und Nebenzeiten, sowie Verlustzeiten.

Einschaben der Unterschalen.

Arbeitsvorgang	Hauptzeit t_h Min.	Nebenzeit t_n Min.	Wartezeit t_w Min.	Verlustzeit t_v Min.
Werkzeug holen			10	
Freischaben	12			
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber schleifen .	2		2	
Schaben	20			
1 Mann schabt, 1 Mann Druckschaft anfordern	2		2	
Schaben	24			
1 Mann Lager verputzen		3		
1 Mann Druckschaft-Transport			3	
1 „ „ „			10	
Druckschaft einlegen		4		
1 Mann Lagerstellen reinigen		3		
1 Mann Bolzen zum Anschlagen holen . . .			3	
1 Mann Handkran bedienen		2		
1 Mann Bolzen zum Anschlagen holen . . .			2	
Druckschaft anschlagen		8		
„ ausheben		6		
„ sauber reinigen		4		
„ blaue Farbe auftragen		12		
„ ein- und ausheben		14		
1 Mann schabt, 1 Mann Ölstein holen	1		1	
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber abziehen .	3	3		
Schaben	10			
1 Mann schabt, 1 Mann blaue Farbe auftragen	1	1		
Druckschaft ein- und ausheben		14		
Schaben	14			
Druckschaft ein- und ausheben		12		
Schaben	8			
1 Mann Farbe auftragen		2		

Arbeitsvorgang (Fortsetzung)	Hauptzeit t_h Min.	Nebenzeit t_n Min.	Wartezeit t_w Min.	Verlustzeit t_v Min.
1 Mann Schaber abziehen		2		
Druckschaft ein- und ausheben		10		
1 Mann schabt, 1 Mann pausiert	2			2
Schaben	6			
1 Mann schabt, 1 Mann pausiert	3			3
Druckschaft Farbe auftragen		4		
„ ein- und ausheben		12		
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber abziehen	1	1		
Schaben	8			
Druckschaft ein- und ausheben		12		
Schaben	10			
Druckschaft ein- und ausheben		12		
Schaben	8			
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber abziehen	2	2		
1 Mann schabt, 1 Mann pausiert	1			1
Druckschaft ein- und ausheben		14		
1 Mann schabt, 1 Mann pausiert	2			2
Schaben	10			
Druckschaft ein- und ausheben		14		
Schaben	12			
Druckschaft einlegen und Kran freigegeben		6		
Schaber abziehen		14		
Kran warten			16	
Zeitverlust (Lohnzahlung)				20
Zeitverlust bei Beginn				8
Druckschaft hochnehmen		14		
Druckschaft ein- und ausheben		10		
Schaben	28			
Druckschaft ein- und ausheben		14		
Schaben	30			
Druckschaft, Farbe auftragen		4		
„ ein- und ausheben		12		
1 Mann schabt, 1 Mann Farbe auftragen	2	2		
Schaben	24			
1 Mann schabt, 1 Mann Farbe auftragen	1	1		
Druckschaft einlegen und Kran freigegeben		12		
Pause (Kran wird anderweitig benötigt)				36
Druckschaft hochnehmen		8		
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber abziehen	3	3		
Schaben	32			
1 Mann schabt, 1 Mann Farbe auftragen	4	4		
Druckschaft ein- und ausheben		14		
1 Mann schabt, 1 Mann Pause	2			2
Schaben	28			
Kolonnenführer kontrolliert		2		
1 Mann schabt, 1 Mann Schaber abziehen	1	1		
Schaben	22			
Druckschaft, Farbe auftragen		2		
„ ein- und ausheben		12		
Schaben	20			
1 Mann schabt, 1 Mann wartet	4		4	
Druckschaft einlegen		8		
Unterteil fertig:	363	314	53	74

Unter Umständen wird man eine noch weitergehende Unterteilung der Zeit vornehmen und z. B. die Zeiten für das Zurücklegen von Wegen als Wartezeiten t_w besonders herausziehen. Durch Kritik der aufgenommenen Einzelarbeiten von sachkundiger Seite werden schließlich Richtzeiten oder auch Normzeiten gefunden, die auch für andere Arbeiten verwendbar sind.

Beispiel 1: Einschaben eines Drucklagers; s. Abb. 1 und 2. Es sei das Drucklager einer Druckwelle (Schiffswelle) durch 2 Mann einzuschaben, deren Leistungsgrad als „gut“ zu bezeichnen ist. Wie ersichtlich, enthält das Lager je 2 obere und 2 untere Lagerschalen. Die oberen Lagerschalen sind auf 0,1 mm Spiel zu schaben, die unteren müssen über zwei Drittel der Tragfläche sauber geschabt, also an den Seiten frei geschabt werden. Die vorherige Messung ergab, daß das eine Oberteil um 0,15 mm zu eng, das andere um 0,15 mm einseitig war. Von den Unterschalen ist die eine um 0,15 mm zu eng.

Zunächst seien als Beispiel die Zeitaufnahmen der Arbeitsvorgänge in Minuten beim Einschaben der Unterschalen vollständig angegeben (s. S. 284 u. 285); hieran schließt sich dann die Auswertung.

In ähnlicher Weise geht das Einschaben der beiden Oberteile vor sich, und man erhält folgende Zusammenstellung:

	t_h	t_n	t_w	t_v
Lagerunterteil schaben	363	314	53	74
Lageroberteil schaben	263	580	73	136
Zusammen:	626	894	126	210

Man sieht hieraus, wie beim Aufschaben der Lagerschalen-Oberteile die Nebenzeit in auffallender Weise überwiegt. Dies rührt daher, daß das Oberteil jeweils mit Muttern gegen das Unterteil angepreßt werden muß, also von dem häufigen Auf- und Abschrauben der Muttern beim Hochnehmen des Oberteils. Ferner waren die Stiftschrauben nachzuschneiden und die Lagerstoßflächen nachzuarbeiten usw.

Die Auswertung ergibt:

Schabefläche der Unterteile zusammen	3526,4 cm ²
„ „ Oberteile „	2078,4 cm ²
Gesamte Schabefläche	5604,8 cm ²

Die Gesamtzeit für Oberteil und Unterteil zusammen betrug nach obiger Aufstellung $t_h + t_n + t_w + t_v = 1856$ Min.

Hieraus folgt als Bezugszeit, d. h. als Zeit für 1 cm² Schabefläche:

$$\frac{1856}{5604} = 0,349 \text{ Min./cm}^2.$$

Die eigentliche Verlustzeit war 210 Min. oder in vH der Grund- + Wartezeit:

$$\frac{210}{1646} \cdot 100 = 12,8 \text{ vH.}$$

Oberteil.

Feilen.	200 Min.
Schaben.	422 „
Nebenarbeiten (t_n)	395 „
Weg- und Wartezeit	43 „
Verlustzeit	87 „
Gesamtzeit	<u>= 1147 Min.</u>

$$\text{Zeit für } 1 \text{ cm}^2 \text{ (Bezugszeit)} = \frac{1147}{1785,4} = 0,643 \text{ Min.}$$

$$\text{Verlustzeit in } \nu\text{H} = \frac{87}{1060} \cdot 100 = 8,2 \nu\text{H}$$

Unterteil.

Feilen.	84 Min.
Schaben.	346 „
Nebenarbeiten (t_n)	323 „
Weg- und Wartezeit	72 „
Verlustzeit	62 „
Gesamtzeit	<u>= 887 Min.</u>

$$\text{Zeit für } 1 \text{ cm}^2 \text{ (Bezugszeit)} = \frac{887}{1785,4} = 0,497 \text{ Min.}$$

$$\text{Verlustzeit in } \nu\text{H} = \frac{62}{825} \cdot 100 = 7,6 \nu\text{H}$$

Zu bemerken ist, daß in vorstehenden Zeiten auch diejenigen für das Verputzen der Teilungsflansche und für das Versenken der Löcher für die Verbindungsschrauben enthalten sind. Der Einfluß der Güte der Vorbearbeitung auf den Zeitbedarf ist deutlich ersichtlich.

Beispiel 3. Aufkeilen eines Kreisels für Hauptkühlwasserpumpe; s. Abb. 5.

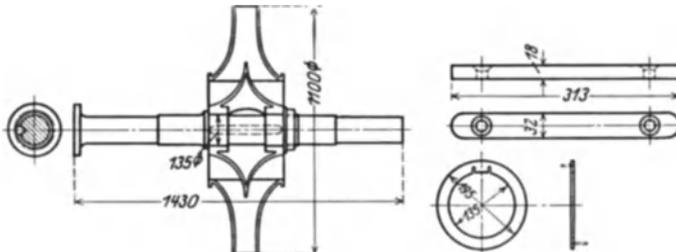


Abb. 5. Kiesel und Welle für Hauptkühlwasser-Pumpe.

Die Bohrung des Kreisels ist $3/100$ mm konisch und mußte nach der Welle ausgeschabt werden. Die Betrachtung der Verlustzeiten ergab u. a., daß die Bleihämmer zu hart waren und deswegen bald in Stücke gingen. Ferner zeigte sich die Notwendigkeit, für eine rechtzeitige Anforderung und Zustellung aller einzelnen Teile zu sorgen.

Nachdem die unberechtigten Verlustzeiten abgesetzt waren, ergab sich nachstehender Zeitbedarf:

	t_n Min.	t_n Min.	t_w Min.
Welle entgraten	4		
„ in Kreisel einpassen	25		
Keile einpassen und messen	106		
„ anbohren, Gewindeschneiden und fest- schrauben	19		
Welle mit Keile einpassen	39		
Kreiselrad aufziehen	12		
Umschlagblech aufbringen	8		
Mutter aufdrehen und sichern	24		
Transport und sonstige Wegezeiten			92
Verschiedene Nebenzeiten		11	
	237	11	92
Gesamtzeit			340
Betriebszuschlag 12 vH			41
Zusammen			381

Beispiel 4. Ausreiben der Bolzenlöcher des Kupplungsflansches einer Druck- und einer Tunnelwelle; s. Abb. 6.

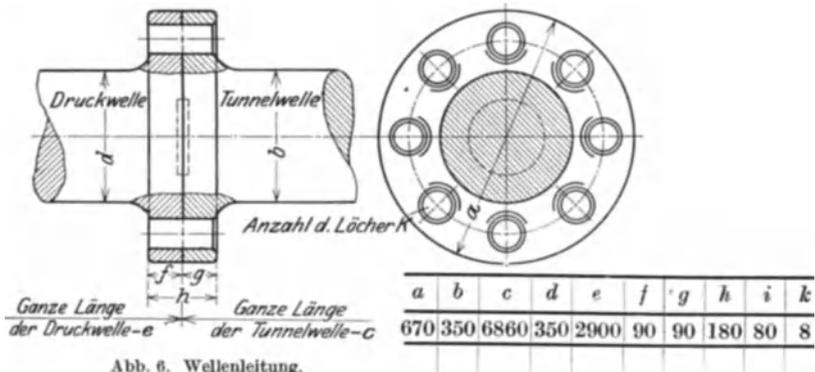


Abb. 6. Wellenleitung.

Die Arbeiten zerfallen in 3 größere Abschnitte, die durch die Zeiten für das Einrichten (Herrichten), für das eigentliche Ausreiben und für das Verschrauben der beiden Kupplungsflansche bestimmt werden. Im Nachstehenden sind im einzelnen nur die Arbeiten für das Einrichten und für das Ausreiben des ersten Loches als Beispiel für die Zeitaufnahme angeführt. Die anschließende Zusammenstellung gibt sodann einen Überblick über den gesamten Zeitbedarf in Minuten. Die in Betracht kommenden Hauptabmessungen sind aus der Abb. 6 zu ersehen. Die Arbeit wurde von 1 Schlosser zusammen mit 1 Lehrling ausgeführt. Die Löcher wurden mittels Motor gerieben.

a) Einrichten.

Arbeitsvorgang	Nebenzeit Min.	Eigentl. Ein- richtezeit Min.	Wartezeit Min.	Verlustzeit Min.
Drucklager-Transport			10	
Herrichten der Hölzer u. Werkzeuge . .		25		
Warten auf Kran				10
Tunnelwelle ablegen			10	
Paßscheibe in Drucklager einsetzen . .		7		
Bock umbauen		13		
Laufwelle einlegen		10		
Zeitverlust mittags				5
Kupplungsflansch, Grat verputzen . . .		9		
Tunnelwelle-Transport			7	
Tunnelwelle umbauen		3		
Drucklager aufbauen		9		
Drucklager ausrichten mit Welle		47		
Heftschrauben einsetzen und zusammen- ziehen		17		
Drucklager hochkeilen		8		
Drucklager mit Welle zusammenziehen .		28		
Schrauben lösen, Löcher ausrichten und wieder anziehen		17		
Reibahle von Ausgabe holen			11	
Schrauben nachziehen		5		
Motorbock ausrichten		30		
Führung für Reibahle auf Welle aufbauen		4		
Reibahle zusammensetzen und einsetzen		5		
Verlängerung vom Motor einrichten . .		10		
Reibahle einsetzen	1			
Reibahle genau einstellen	3			
Verlängerung aufbauen	6			
Druckschraube einrichten	5			
Werkzeug verschließen			5	
Zeitverlust — abends				5
Gesamtzeiten	15	247	43	20

b) Reiben des 1. Loches.

Arbeitsvorgang	Hauptzeit Min.	Nebenzeit Min.	Eigentl. Ein- richtezeit Min.	Wartezeit Min.	Verlustzeit Min.
Übertrag		15			
Zeitverlust morgens					6
Reiben	14				
Druckschraube ändern		2			
Reiben	5				
Führung versetzen		5			
Holz holen für Druckschraube .				3	
Druckschraube ändern		2			
Reiben	7				
Druckschraube ändern und gang- bar machen			9,5		
Reiben	5,5				
Verlängerung ablegen		1			
Reibahle ablegen		1			
Gesamtzeiten	31,5	26	9,5	3	6

c) Verschrauben der Kupplungsflansche, s. Zusammenstellung.
 Stellt man alle Zeiten zusammen, so ergibt sich nachstehende Übersicht, die zur Gewinnung von Richtzeiten ausgewertet werden kann:

Zusammenstellung:

Arbeitsvorgang	Hauptzeit	Nebenzeit	Eigentl. Einrichtezeit	Wartezeit	Verlustzeit	Gesamtzeit
	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.
1. Einrichten zum Reiben			247	43	20	
2. Bolzenlöcher reiben						
1. Loch	31,5	26	9,5	3	6	
2. „	28	31	—	—	14	
3. „	21	24	—	3	—	
4. „	19	18	—	—	5	
5. „	28	15	—	—	—	
6. „	24	17	—	—	—	
7. „	20,5	30,5	7	—	—	
8. „	27	32	9	—	25	
	199	193,5	272,5	49	70	784
3. Bolzen verputzen, einziehen, zeichnen u. ablegen						
8 Bolzen einziehen	57	} Grundzeiten				
8 „ zeichnen, desgl. Kupplungsflansch	11					
8 Bolzen Splintlöcher anknüpfen	15					
8 Muttern lösen	17					
8 Bolzen herausschlagen	43					
8 „ verputzen	37					
8 „ Löcher verputzen	37					
Wartezeiten u. Kranbedienung				11	50	
Aufräumen					10	
Zeitverluste						
	217		11	50	10	288
Gesamte Herstellungszeit einschließlich Einrichten						1072
Auswertung.						
Durchschnittswerte für 1 Loch beim Reiben	25	24,2		0,8	6,3	56,3
Durchschnittswerte für 1 Bolzen einziehen, zeichnen u. ablegen	27			6,3	1,3	34,6
Einrichtezeit			283,5	43	20	346,5
Der Verlustzeitzuschlag beträgt $\frac{80}{1072 - (70 + 10)} = \frac{80}{992} \cdot 100 = \sim 8,06 \text{ vH.}$						

Beispiel 5. Nabe einer Schraubenwelle aufkeilen; s. Abb. 7.
 Von den gesamten Zeitaufnahmen (Minuten) ist nachstehend nur die Zusammenstellung wiedergegeben. Das Aufkeilen wird durch 1 Arbeiter ausgeführt.

Arbeitsvorgänge	Arbeits- und Wartezeiten Min.
Nut in Welle und in Nabe ausmessen, Keil holen und zum Hobeln aufgeben.	64
Keil anzeichnen zum Stoßen, Fräsen und Bohren	47
An Welle die Fläche für Keilüberlappung anzeichnen u. anfeilen	22
Keil befeilen und einpassen in Welle	185
„Nabe „aufpassen“ ohne „Keil „ Nabe	47
„ „ „mit Keil	69
„ „ „mit Keil	52
Keil anbohren und Gewindeschneiden.	189
Welle anzeichnen für Begrenzung der Nabe	18
Verschiedene Nebenarbeiten	7
Welle, Marke für Begrenzung der Nabe aufschlagen, geschätzt:	5
3 Schrauben einpassen	18
	723
Verlustzeit 12 vH.	87
Gesamtzeit.	810

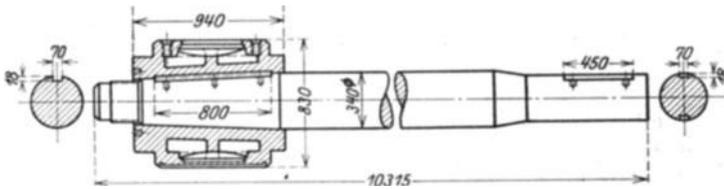


Abb. 7. Schraubenwelle.

Beispiel 6: Befeilen und Entgraten einer Schubstange (einschl. Gewindeschneiden); s. Abb. 8. Die Arbeit wird durch

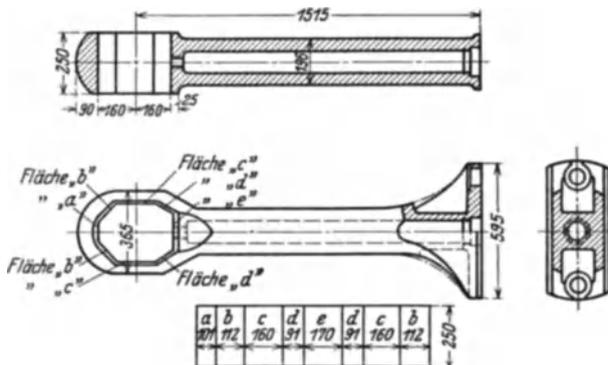


Abb. 8. Schubstange.

2 Schlosser ausgeführt. Im Nachstehenden ist nur die Übersicht über die Zeiten, die durch Aufnahmen gewonnen sind, wiedergegeben.

Zusammenstellung der Arbeitszeiten in Min.

Schubstange auf Böcke legen	8	Min.
Gewindebohrer und Vorrichtung fassen	3	„
Gewindeschneiden mit 2 Gewindebohrern	20	„
Schubstange auf Bock stellen, nach Wage ausrichten und festschrauben	90	„
Untere Lagerfläche nach Wage feilen, abrichten und schaben	107	„
Ablegen und auf Kopf stellen	12	„
Obere Lagerstelle feilen	9	„
Umlegen und auf Böcke legen	18	„
2 Seitenflächen nach Stichmaß feilen, abrichten und schaben	58	„
Messen mit Stichmaß und Spion und tuschieren	31	„
Umlegen für 2. Seitenfläche	11	„
4 Schrägflächen mit Hohlkehlen feilen	50	„
Kopf entgraten	10	„
Umlegen	4	„
Fuß entgraten	12	„
Kontrolle durch Kontrolleur	5	„
Ablegen	8	„
S tellage bauen und Werkzeug fassen	5	„
	<hr/>	
	461	Min.
Verlustzeit 10 vH	46	„
	<hr/>	
	507	Min. $\cong 8\frac{1}{2}$ Std.

Umschau und Schrifttum.

Von K. Gottwein.

I. Übersicht.

Das Schrifttum, das sich bis heute mit der Zeitbestimmung für ausgesprochene Handarbeiten befaßt hat, tritt im Verhältnis zu dem überaus umfangreichen Stoff, der zu verarbeiten ist, noch zurück. So erscheinen auch die Schlosser- und Montagearbeiten im Maschinen-, Apparate-, Leitungs-, Brückenbau usw. nur als ein kleiner Ausschnitt aus denjenigen Gewerben und Industrien, die sich mit der Erzeugung und Weiterverarbeitung der Metalle beschäftigen, und bei denen überall die Erforschung der Handarbeitszeiten von Wichtigkeit ist. Es ist hierbei an die verschiedenen Material-Herstellungsverfahren in den Hüttenbetrieben zu denken, ferner an die Weiterverarbeitung der Metalle in den Walz-, Zieh-, Preß- und Hammerwerken und in den Gießereien. Auch die Stückfertigung in der Kessel-, Kupfer- und Feder schmiede, in der Klempnerei, in der Härterei (Werkstoffvergütung) usw. ist hier ins Auge zu fassen. Um bei den Metallen zu bleiben, wäre noch die Rohstoffgewinnung, also der Erzbergbau mit seinen mannigfaltigen Handarbeiten in Betracht zu ziehen, wenn man sich einen ungefähren Überblick über diejenigen Gebiete verschaffen will, die nur an den Begriff der Metalle geknüpft sind. Aber es ist auch notwendig, einen Blick auf diejenigen Gewerbe und Industrien zu werfen, die andere Werkstoffe und Baustoffe als Metalle verarbeiten, wie z. B. die Holzfertigung — Stellmacherei, Tischlerei und Modelltischlerei —, die Faser- und Lederindustrie, die Konfektion, das Baugewerbe, die Transportindustrie, die Industrie der Steine, die Gewinnung von Kohle und Kali usw., um zu erkennen, welche Aufgaben sich hier noch eröffnen.

Die vorstehende Übersicht, die eigentlich nicht in den Rahmen dieses Buches gehört, wurde angeführt, um an allen in Betracht kommenden Stellen zur Mit- und Weiterarbeit anzuregen, wobei gleich bemerkt sei, daß für die Formerei, für die Schmiede, für die Hüttenbetriebe und für die Feinmechanik schon sehr wertvolle Arbeiten vorliegen. Diese sind weiter unten näher angeführt, da es offenbar erwünscht ist, daß zwischen den benachbarten Industrien die Erfahrungen ausgetauscht werden.

Jede der genannten Industrien, die Gewerbe und der Bergbau wären für die Zwecke der Untersuchung der Handarbeiten noch weitgehend zu unterteilen, was aber nicht Aufgabe dieses Buches ist. Um jedoch vor Augen zu führen, daß selbst auf dem hier behandelten Gebiet der Schlosserei und Montage in der Maschinen- und verwandten Industrie erst ein kleiner Anfang gemacht ist, sei nachstehend eine Reihe von Fabrikaten als Beispiele angeführt, die noch der Durcharbeitung bezüglich der Bestimmung der Handarbeitszeiten harren. Es ist hier, wie erwähnt, entsprechend dem Rahmen dieses Buches nur an die Arbeiten der Schlosserei und der Montage gedacht. Wenn sich bei diesen Fabrikaten auch viele Elemente der Handarbeit immer wieder vorfinden, so werden doch auch solche Arbeiten zu verzeichnen sein, die nur dem betreffenden Fabrikat eigentümlich sind.

1. Einzel- und wiederkehrende Einzelfertigung mittelgroßer bis großer Maschinen und Geräte.

a) Großkraftmaschinen: Große Dampfmaschinen für Zwecke aller Art. Dampfturbinen, große Dynamomaschinen und Elektromotoren, Transformatoren, Lokomotiven für Vollbahnen (Kraft- und Arbeitsmaschinen), Großgasmaschinen, Dieselmotoren, Wasserturbinen.

b) Groß-Arbeits- und Werkzeugmaschinen: Große Pumpen aller Art, Kompressoren, Groß-Hebezeuge und Transporteinrichtungen, Aufzüge, Elevatoren, Gleisrückmaschinen, Drehscheiben, Schiebebühnen, Bagger, Exkavatoren, Baumaschinen, große Werkzeugmaschinen aller Art, Sondermaschinen, Textilmaschinen (z. B. Selfaktoren), Papiermaschinen, große Schleifer und Holländer, Druckereimaschinen, Walzwerke, Schmiedepressen, Schmiedehämmer, Sägegatter.

c) Verschiedene Erzeugnisse: Großkessel- und Behälterbau, Rohrtrommeln, Sudkessel, Apparate der chemischen Großindustrie, große Rohrleitungen und Groß-Armaturen, Eisenkonstruktionen aller Art (für Brücken, Hochöfen, Gebäude, Hängebahnen), Schützen, Wehrbauten, Spezialwagen der Eisenbahn, Ofenbau (für Eisen-, Stahl- und Metallerzeugung, für Schmiede und Walzwerk), Stellmacherarbeiten, Zimmerarbeiten im Baugewerbe, Bau von Schiffen aus Eisen und Holz usw.

2. Reihenfertigung von kleineren bis mittelgroßen Erzeugnissen.

Lokomotiven, besonders Bau-, Industrie- und Kleinbahnlokomotiven, Wagenbau für Eisenbahn-, Erd- und Schlackenbeförderung, Selbstentlader, Muldenwagen, Loren, Radsätze, Lokomobilen, markt-gängige Maschinen aller Art wie Pumpen, manche Textilmaschinen,

hausgerätliche Maschinen, manche Landmaschinen, Armaturen, Ziegeleimaschinen, Schlepper (Traktoren), Last- und Personenautos, Gitter-, Rohr- und Blechmaste, Rost-, Feuerungs- und Economiserbau, Bau-, Schiffs-, Rangier- und andere Winden, Flugzeuge, Motoren für Fahrzeuge und Flugzeuge, Radiatoren, feinmechanische Konstruktionen aller Art, optische Artikel usw.

3. Mengenfertigung.

Fahrräder, Nähmaschinen, kleine Personenautos (Chassis und Karosserie), Kleinmotoren aller Art, elektrische Staubsauger, Bügeleisen, Preßluftschlämmer und Bohrer, kleine hausgerätliche Maschinen (Kaffeemühlen, Messerputzmaschinen u. dgl.), Telephone, Mikrophone, Installationsteile, elektrische Akkumulatoren, Uhren, Wassermesser, Zählwerke, Registriermaschinen, Schreib- und Rechenmaschinen, Handfeuerwaffen, Wälzlager, Spielwaren, Möbel, Stahlwaren (Rasierklingen), Kleiseisenwaren (Beschlagteile) usw.

Wie bereits erwähnt, ist es aber erwünscht, nicht nur Schlosserei und Montage, sondern auch verwandte Handarbeiten in Betracht zu ziehen, weshalb nachstehend ein allgemeiner Überblick eingefügt sei.

II. Erscheinungsformen der Handarbeit im allgemeinen.

Bei Schlosser- und Zusammenbauarbeiten (Montage) hat man es mit reinen oder fast reinen Handarbeitszeiten als Grundzeiten, d. h. als Haupt- und Nebenzeiten, zu tun. (Eine Ausnahme bilden z. B. bei der Montage auf maschinellm Wege zu bohrende Löcher.) Bei spanabhebender Bearbeitung auf Werkzeugmaschinen treten dagegen die Handzeiten nur als Nebenzeiten auf, die im Bearbeitungsplan eines Werkstückes zwischen den Maschinenzeiten immer wieder in ähnlicher Weise vorkommen. Zwischen diesen beiden Grenzfällen gibt es natürlich auch Arbeiten, wo die Unterschiede zwischen Haupt- und Nebenzeiten flüssig werden, oder wo die im Arbeitsvorgang regelmäßig auftretenden Maschinenzeiten kürzer sind als die Handzeiten, wie das nachstehende Beispiel des Nietens mittels elektrischer Nietmaschine zeigt, s. Abb. 1¹. Die Abbildung zeigt einige charakteristische genietete Konstruktionsteile, nach denen die Werkstücke in 4 Gruppen nach dem Schwierigkeitsgrad der Nietung eingeteilt sind. Der Zeitbedarf der Nietung ist abhängig von der Anordnung der Nieten, von der Größe, dem Gewicht und der Sperrigkeit der Stücke, ferner davon, ob Schwenken derselben erforderlich ist usw. Die Nietstärke dagegen hat innerhalb des Bereichs der betreffenden Nietmaschine keinen wesentlichen Einfluß auf die Nietzeit. Die Einzelzeiten gehen aus der Abbildung hervor; dort ist auch die Ausrechnung der Stückzeit

¹ S. Zeitstudien von H. Freund. Berlin: G. Stilke 1927.

an einem Beispiel gezeigt. Der Nietvorgang ist hierbei in 5 natürliche Arbeitsstufen zerlegt, deren Zeiten die Verlustzeit gleich in Form eines Zuschlages enthalten. Der Arbeitsstufe 1 für das Anschlingen, Hochnehmen und Anstellen des Werkstücks zum 1. Niet sind je nach der Sperrigkeit des Stücks 4 Zeitgrößen zugeteilt; entsprechendes gilt für

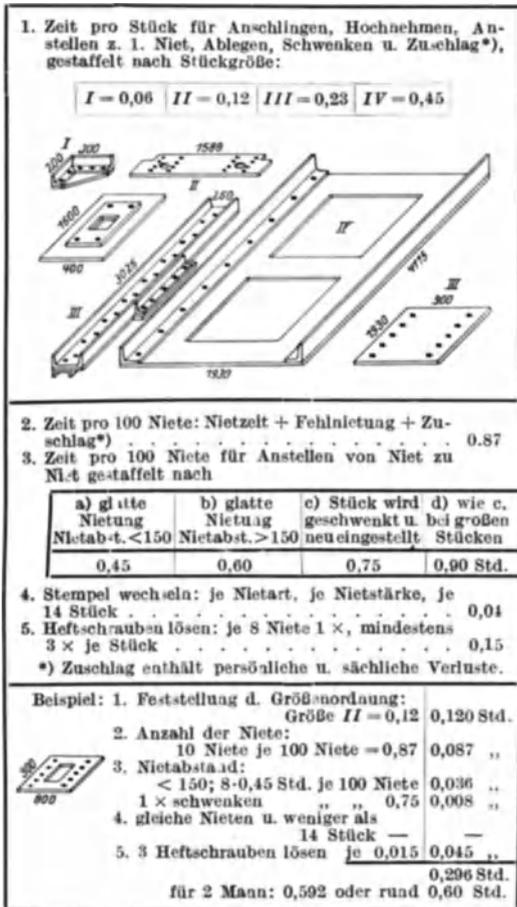


Abb. 1. Zeiten für Nieten mit elektr. Nietmaschine.

Arbeitsstufe 3, für das Anstellen des Werkstücks von Niet zu Niet. Innerhalb eines Werkes können diese durch Zeitaufnahmen bestimmten Werte als eine Art Normzeiten oder Richtzeiten, die zum Aufbau der Stückzeiten für die verschiedenen Werkstücke dienen, angesehen werden.

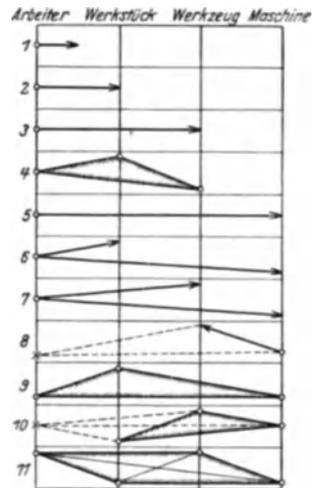


Abb. 2. Zusammenwirken von Arbeiter, Werkstück, Werkzeug und Maschine.

Der Übersicht halber sei an Hand der Abb. 2¹ dargestellt, in welchen Verbindungen Hand- und Maschinenarbeiten zusammen auftreten können. Hierdurch wird zum Bewußtsein gebracht, daß die Schwierigkeiten, die die verschiedenen Handarbeiten der Zeitermittlung bieten, recht verschieden sein werden, und daß daher je nach den

¹ Gottwein, S.: Maschinenbau. Bd. 5, S. 297. 1926.

Umständen verschiedene Maßnahmen zu treffen sind. An Stelle des Ausdrucks „Werkstück“ in Abb. 2 kann man bei Paß- und Zusammenbauarbeiten auch das Wort „Auftrag“ setzen. Der Ausdruck „Maschine“ ist ganz allgemein zu verstehen; auch ein Wärmeofen oder eine Hebevorrichtung usw. könnte hierunter fallen. Unter „Werkzeug“ können auch Sonderwerkzeuge und Vorrichtungen verstanden sein.

Zu 1, der Abb. 2. Der Arbeiter ist allein und nicht unmittelbar am Werkstück tätig. Es ist mit Überlegungen und Handhabungen beschäftigt, die den Fertigungsauftrag vorbereiten, ohne daß am Werkstück mit Werkzeugen oder mit Maschinen irgendwelche Arbeiten ausgeführt werden.

Bei einzelner, gemischter Fertigung oder bei Instandsetzungsarbeiten kann der Gang der Fertigung dem Arbeiter oft nicht bis ins einzelne vorgeschrieben werden. Die betriebsseitige Arbeitsvorbereitung wäre sonst zu sehr belastet und unwirtschaftlich; es könnte mitunter die Vorbereitung der Arbeit ebensolange oder noch länger dauern als die Ausführung selbst. Der Arbeiter muß also, ehe er die eigentliche Arbeit beginnt, selbst Überlegungen über die günstigste Durchführung seines Auftrages anstellen; er muß sich u. U. selbst geeignete Werkzeuge und Einrichtungen vorbereiten oder kleine Probearbeiten und Versuche ausführen. Seine fachlichen Kenntnisse werden bei dieser „Entwicklung“ der Fertigung voll in Anspruch genommen.

Zu 2. Der Arbeiter ist zwar an seinem Auftrag oder Werkstück tätig, aber ohne Verwendung von Bearbeitungswerkzeugen oder Maschinen, so daß keine Arbeitsmerkmale an den Gegenständen entstehen. Hierher gehört z. B. das Ausmessen und das vorbereitende Sortieren von Werkstücken, das handgerechte Stapeln der Stücke usw. Außer der Vorbereitung für die eigentliche Fertigung kann es sich auch um die Nachprüfung fertiger Erzeugnisse handeln, wie Probieren mit Wasserdruck, Kesseldruckprobe.

Zu 3. Der Arbeiter ist nur mit dem Werkzeug beschäftigt; z. B. mit der Instandhaltung und Nachprüfung der Bearbeitungswerkzeuge im Zuge der Arbeitsausführung wie Nachschleifen des Drehstahls, Abrichten der Schleifscheibe, Nachhilfe bei einer Vorrichtung, Instandsetzen und Neuhärten eines Schrotmeißels.

Zu 4. Der Arbeiter ist mit Bearbeitungswerkzeugen, Vorrichtungen usw. an den Werkstücken beschäftigt, so daß an diesen Arbeitsmerkmale entstehen, wie beim Feilen, Meißeln, Handnieten, Löten, Holzhobeln von Hand, Sägen von Hand. Die drei Faktoren: Arbeiter, Werkzeug und Werkstück treten in wechselseitige Beziehung. Die Grundzeit (Haupt- und Nebenzeit) bei der Stückfertigung ist reine Handarbeitszeit.

Zu 5. Der Arbeiter ist nur mit der Maschine beschäftigt; am Werkstück wird keine Arbeit geleistet. Z. B. Einrichten oder Umbau einer Werkzeugmaschine, Schmiedepresse usw. für eine neue Arbeit, Verstellen des Hubes einer Hobelmaschine, Einschalten anderer Geschwindigkeiten, Einsetzen von Wechselrädern an der Drehbank.

Zu 6. Gleichzeitige Beschäftigung des Arbeiters mit Werkstück und Maschine, ohne daß am Werkstück durch die Maschine Arbeit geleistet wird: Spannen des Werkstücks, Einführen der Reitstockspitze in den Werkstückkörper usw.

Zu 7. Der Arbeiter ist gleichzeitig mit dem Werkzeug und der Maschine beschäftigt, ohne daß das Werkstück bearbeitet wird: z. B. Anstellen des Drehstahls, des Bohrers; einsetzen von Preß- und Stanzwerkzeugen in die Presse, einrichten von Automaten und Revolverbänken mit Werkzeugen.

Zu 8. Die Maschine arbeitet mit dem Werkzeug, ohne daß dieses mit dem Werkstück in Eingriff steht. Der Arbeiter beaufsichtigt Maschine und Werkzeug, z. B.: selbsttätiges Zurückführen des Stahls beim Gewindeschneiden; Eilbewegung des Supports beim Überfahren von Stellen, die nicht zu bearbeiten sind.

Zu 9. Der Arbeiter ist gleichzeitig mit der laufenden Maschine und mit dem Werkstück beschäftigt, ohne das Bearbeitungswerkzeug zu verwenden. Dabei wird das Werkstück je nach Bedarf von der Maschine bewegt oder festgehalten. Kontrolle eines auf der Drehbank laufenden Werkstücks auf Schlag mit Hilfe der Reißnadel oder des Fühlhebels, Nachprüfen der Einstellung für einen zu drehenden Konus.

Zu 10. Die Maschine bearbeitet das Werkstück mit dem Werkzeug; d. h. diese drei Faktoren stehen in Wechselwirkung zueinander. Der Arbeiter beaufsichtigt Maschine, Werkstück und Werkzeug. Sind die Arbeitsgeschwindigkeiten von maßgebender Stelle vorgeschrieben, so hat der Arbeiter während dieses Arbeitsvorganges keinen Einfluß auf die benötigte Zeit, vielmehr kann letztere rechnungsmäßig bestimmt werden. Hierher gehört das Drehen, Bohren, Fräsen und Schleifen mit selbsttätigem Vorschub; die Bearbeitung auf Automaten, der maschinelle Stanz-, Preß- und Nietvorgang, der Schlag des Gesenkhammers.

Zu 11. Arbeiter, Werkzeug, Werkstück und Maschine stehen in gleichzeitiger Wechselwirkung; z. B. spanabhebende Bearbeitung auf Werkzeugmaschinen, wobei der Vorschub durch den Arbeiter von Hand ausgeführt wird; Ansetzen oder Abschroten eines Schmiedestücks unter dem Dampfhammer.

Bei den besprochenen Erscheinungsformen der Handarbeiten interessiert hier besonders die Schwierigkeit der Bestimmung ihres Zeit-

bedarfs. Schon bei denjenigen Handarbeiten, die als Nebenzeiten bei der Maschinenarbeit auftreten, verursacht die Zeitbestimmung gewisse Schwierigkeiten; diese wachsen aber, wenn die ganze Grundzeit, also Haupt- und Nebenzeit, sich als reine Handarbeiten darstellen, wie im Fall 4 der Abb. 2. Dieser Fall kam für die Beispiele dieses Buches vorwiegend in Betracht, wobei allerdings die Fälle 1 bis 3 noch hinzutreten konnten.

III. Normzeiten und Richtzeiten bei reiner Handarbeit.

Streng genommen dürfte der Begriff „Normzeit“ nur für Griffelemente angewendet werden, die stets wieder unter den gleichen Bedingungen zustande kommen. Danach wäre für die Verwendung von „Normzeiten“ beim Aufbau (Synthese) der Handarbeitszeiten für Schlosserei und Montage kaum Gelegenheit gegeben. Bei diesen und bei manchen verwandten Arbeiten (s. Beispiel unter I über das Einziehen von Nieten) ist man nämlich meist genötigt, bei der Zeitermittlung auf ziemlich große Griffkomplexe zurückzugehen, da es hier wirtschaftlich fast nie angängig ist, die Arbeiten bis zu den Griffelementen zu zerlegen. Diese größeren Griffkomplexe oder Arbeitsstufen werden aber in den verschiedenen Werkstätten unter verschiedenen Bedingungen und daher jeweils unterschiedlich ausgeführt. Der Ausdruck „Richtzeiten“, wie ihn der Refa und Hegner¹ bei der Maschinenbearbeitung bei Griffkomplexen anwenden, wäre daher streng genommen richtiger. Bei Schlosser-, Stellmacher-, Montage-Arbeiten usw., also in den Gebieten der reinen Handarbeitszeiten sind aber andererseits die Arbeitsbedingungen in den einzelnen Werkstätten doch nicht so sehr verschieden wie bei der maschinellen Bearbeitung — man denke an die verschiedenen Konstruktionen und Größen der Drehbänke, der Fräsmaschinen usw. —, denn die Handwerkzeuge, Hebezeuge usw. weichen bei der Handarbeit an verschiedenen Orten oder Stellen nicht allzusehr voneinander ab. Insofern kann man wohl in Erwägung ziehen, die in einer gut organisierten Werkstatt für gewisse Handarbeitskomplexe beim Anreißen, Einschaben von Lagern, Feilen von Flächen, Keilen von Riemenscheiben usw. als optimal gefundenen Zeiten auch auf andere Betriebe anzuwenden, wobei zu bedenken ist, daß solchen „Normzeiten“ ohnehin nicht die gleiche Genauigkeit zugeschrieben werden kann wie den Hand- oder Griffzeiten bei der Maschinenbearbeitung. Soweit also in den Ausführungen dieses Buches von Normzeiten die Rede ist, kommt dieser Bezeichnung nicht die strenge Bedeutung oder der Begriff der völligen Unveränderlichkeit zu, wie den „Normzeiten“ der Maschinenbearbeitung.

¹ Lehrbuch der Vorkalkulation 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1927.

IV. Benennungen bei Montage-(Zusammenbau-)Arbeiten.

Die Benennungen bei Montage-(Zusammenbau-)Arbeiten sind heute noch nicht völlig einheitlich durchgeführt. So werden verwendet die Bezeichnungen „Stückschlosserei“, wenn es sich um die Bearbeitung einzelner Werkstücke handelt, „Teilschlosserei“, wenn es sich sowohl um die Bearbeitung einzelner Stücke als auch um deren Zusammenpassen zu Teilen handelt. Werden die Teile zu Maschinenteilgruppen (Teilaggregaten) zusammengefaßt bzw. vereinigt, so spricht man von Gruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten oder von Gruppenmontage. Hierbei können die Gruppen je nach der Größe und Art der in Betracht kommenden Maschine bzw. nach der Größe des Montageauftrags wiederum in Haupt- und Untergruppen oder auch — nach Bedarf — noch weiter zerlegt werden. Unter Umständen erfolgen die Unterteilungen der Maschinenteilgruppen nicht nur nach deren Größe oder Umfang, sondern auch nach anderen Gesichtspunkten, so daß sich Benennungen wie „Verbindungsgruppe“ und „Nebengruppe“ ergeben. Werden sodann die verschiedenen Gruppen zur Maschine zusammengebaut bzw. an eine Hauptgruppe (z. B. Gestell) angebaut, so spricht man von Maschinen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten (Maschinenmontage).

Eine gute Übersicht über die vorkommenden Benennungen gibt die Arbeit von Hoffmann: Die systematische Gruppierung im Werkstückaufbau¹. Dort wird an Hand eines Beispiels (Tischkreissäge) ein Gruppierungsplan für Montage- und Funktionsgruppen von Werkstücken entwickelt, und hierbei auf die Montagefolge und die vorkommenden Benennungen eingegangen. Auch E. Michel behandelt die Montagefolge eingehend². An Stelle von „Maschinenzusammenbau“ (Maschinenmontage) tritt auch die Bezeichnung Fertig-, Haupt- oder Gesamtmontage³; an Stelle von Gruppenzusammenbau (Gruppenmontage, Gruppenaufbau) die Bezeichnung Teilmontage (Vormontage, Sondermontage). Den Gruppenzusammenbau (Gruppenmontage) unterteilt Schleif in seinem Beitrag, s. S. 24, in Teilgruppenzusammenbau und Hauptgruppenzusammenbau. Zu letzterer Bezeichnung ist aber zu bemerken, daß der Hauptgruppenzusammenbau u. U. auch identisch werden kann mit dem Maschinenzusammenbau, nämlich dann, wenn die einzelnen Untergruppen, die zu einer Hauptgruppe gehören, nicht in Vormontage zur Hauptgruppe zusammengebaut werden, sondern wenn diese Untergruppen gleich an die Maschine angebaut werden.

Abb. 3 gibt eine einfache Darstellung der Unterteilung des Montageauftrags. Wie ersichtlich, können bei der Maschinenmontage

¹ Hoffmann: Maschinenbau, Bd. 3, S. 693. 1924.

² Michel: Arbeitsvorbereitung, S. 137f., VDI-Verlag 1924; ferner Ebert: Maschinenbau, Bd. 6, S. 597/99. 1927.

³ Paulus: Maschinenbau. Bd. 1, S. 239. 1922.

außer den Hauptgruppen auch Untergruppen, Verbindungsgruppen und Nebengruppen, sowie einzelne Teile zusammen- bzw. angebaut werden.

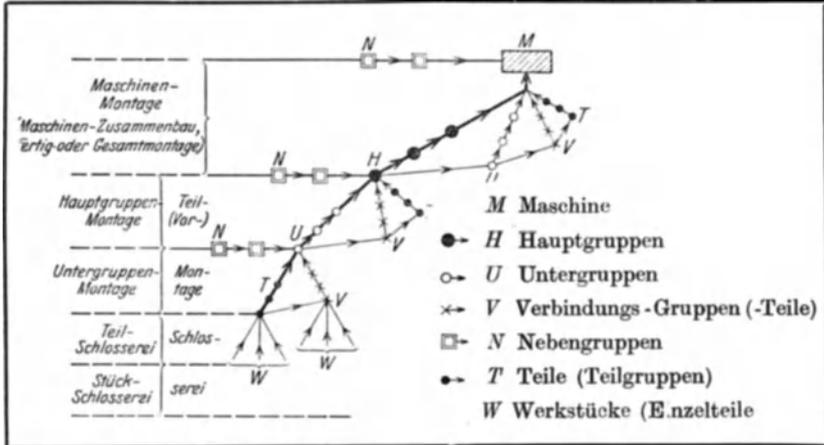


Abb. 3. Unterteilung eines Montage-Auftrages.

Ähnlich kann eine Hauptgruppe aus Untergruppen, Verbindungsgruppen, Nebengruppen und einzelnen Teilen zusammengesetzt sein usw.

V. Allgemeines zum Zeitbedarf häufig vorkommender Teilschlosserarbeiten.

Wie schon im Vorwort bemerkt, sollte dieses Buch einen Anfang zur systematischen Erfassung der Zeiten für Arbeiten bilden, wie sie sowohl bei der Schlosserei und Montage als auch bei verwandten Tätigkeiten vorkommen. Ein solcher Anfang kann auf zweierlei Art gemacht werden:

a) Deduktive Methode. Man stellt die sehr umfangreiche Reihe der in Betracht kommenden Tätigkeiten — Messen, Anreißen, Feilen, Meißeln, Schaben, Reiben, Lötten usw., vgl. z. B. S. 23 u. 27 — mit all' ihren Einzelarbeitsbedingungen und Unterabteilungen (beim Feilen das Schrappfeilen, Schlichtfeilen, Formfeilen, Abrichten) zusammen und entwickelt für jede Bearbeitungsart eine grundlegende Analyse und Systematik, nach der die einzelnen Zeiten zunächst erfaßt oder aufgenommen werden müssen. Die gewonnenen Zeiten wären sodann zu Entwicklungs- und zu Gebrauchstabellen zusammenzufassen und anschließend deren Anwendung an zahlreichen, der Praxis entnommenen Beispielen zu zeigen. Durch letztere würde zugleich eine Probe auf die Brauchbarkeit der ermittelten Zeitwerte und auf deren geeignete Zusammenfassung in den Gebrauchstabellen gemacht. Dieser Vorgang ist offenbar unbedenklich und zu empfehlen, wenn bereits eine reichhaltige Sammlung von Zeitwerten greifbar, d. h. in Form von Ver-

öffentlichungen, vorliegt. Trifft diese Voraussetzung aber nicht zu, wie bei den in Rede stehenden Schlosserarbeiten, so wäre der gekennzeichnete Weg zur Erlangung lückenloser Zeitwerte u. U. zeitraubend.

b) Induktive Methode. Man legt zu Beginn der Untersuchungen den Hauptwert auf praktische Beispiele über Zeitermittlung, die sich naturgemäß auf bestimmte Werkstätten oder Betriebe beziehen. Die Erörterung dieser Beispiele durch Fachleute dürfte dann rasch zur Aufdeckung etwaiger Irrtümer, aber auch zur Ermittlung der Bedingungen führen, unter denen die für bestimmte Arbeiten von einer Werkstatt aufgestellten Zeiten für andere Betriebe übernommen werden können. Daß dieser Vorgang nicht nur eine willkommene Kritik über die gebrachten Beispiele, sondern überdies weiteres, wertvolles Zahlen- und Erfahrungsmaterial zutage fördern wird, ist voraussehen. Die Systematik, die sich bei Besprechung der Beispiele gleichzeitig herausbildet, wird, da sie jeweils durch Zahlen belegt ist, als planmäßiger Aufbau von Zeitwerten gelten können.

In den Abhandlungen des Buches ist versucht worden, auf Grund beider der unter a) und b) erwähnten Methoden Zeitwerte zu entwickeln, wobei die absichtlich reichlich gewählte Zahl von Beispielen dazu beitragen sollte, baldigst breitere, zahlenmäßige Unterlagen zu schaffen.

Für solche Arbeiten, die in der Schlosserei ständig wiederkehren, besteht natürlich ein besonderes Bedürfnis, daß ihr Zeitbedarf erfaßt wird, und es sind daher die vorstehenden Abhandlungen nach diesem Gesichtspunkt zusammengestellt worden. Schon im Vorwort wurde aber erwähnt, daß die von den einzelnen Verfassern für gleiche Bearbeitungsarten angegebenen Zeitwerte mitunter voneinander abweichen. Der Grund hierfür liegt zu einem guten Teil in der Verschiedenheit der jeweiligen Arbeitsbedingungen; einige Beispiele mögen dies näher erläutern.

1. Feilen ebener und gekrümmter Flächen.

a) Ebenfeilen. Die Zahlen- und graphischen Tafeln S. 33 u. f. ergeben zunächst für das Ebenfeilen eine Abnahme der Grundzeit für 1 cm² gefeilter Fläche, wenn die Breite derselben von 1 bis 20 cm zunimmt. Dies dürfte dadurch zu erklären sein, daß der Feilenhub besser ausgenutzt wird, wenn die in dessen Richtung liegende Breitenabmessung des Werkstückes wächst. Übersteigt aber die Werkstückbreite das Maß von etwa 20 cm, so wird die Feilzeit je 1 cm² voraussichtlich wieder anwachsen.

Demgegenüber wurde auf S. 243 für die Feilzeit ein Ausdruck von der Form $t = a \cdot b^{1,2}$

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

verwendet. t bedeutet hier die Zeit je 1 cm Länge der bearbeiteten Fläche, b wie gewöhnlich die Werkstückbreite und a einen Beiwert, der

vom Werkstoff abhängig ist. (Z. B. $a \sim 8$ bei Aluminium, bei Grau- und Rotguß ~ 11 , bei Flußeisen ~ 14 , bei Chromnickel-, Tiegel- und Flußstahl $\sim 16,5$.) Diese Formel wurde für ein kombiniertes Bearbeitungsverfahren verwendet, das aus Meißeln mit nachfolgendem Feilen, wobei Meißelspuren zurückbleiben dürfen, besteht. Die Formel beruht auf graphischen Tafeln von Kresta¹.

Für $b = 1$ bis 10 cm ist der Exponent von b etwa 1,2, während er für größere Breiten b auf 1 herabgehen soll. Bei Flächenbreiten unter 10 cm würde daher bei dem genannten Bearbeitungsverfahren der Zeitbedarf je cm^2 größer werden, wenn die Flächenbreite wächst, und erst über 10 cm hinaus würde er von der Breite unabhängig sein. Da über den Umfang der in der Formel etwa berücksichtigten Nebenarbeiten (Meißel schärfen, Messen u. dgl.), Verlustzeiten (Pausieren, z. B. infolge Ermüdung) und Lage der Flächen (Körperhaltung beim Meißeln und Feilen) keine näheren Angaben gemacht sind, so ist ein unmittelbarer Vergleich der Zeitwerte mit denen anderer Verfasser vorerst nicht möglich.

b) Formfeilen. Auch beim Vergleich der Zeitwerte, die für das Formfeilen angegeben sind, müssen die einzelnen Arbeitsbedingungen berücksichtigt werden. So sind in Blatt Feil—2, 4, 6, 8 auf S. 34 u. f. Grundzeiten entwickelt, wie sie für Werkstücke von den Formen der Abb. 2, S. 47, oder ähnlicher Art, gelten. Wie beim Ebenfeilen ist auch hier festzustellen, daß die Feilzeit (Grundzeit) je cm^2 abnimmt, wenn die Werkstückbreite innerhalb gewisser Grenzen zunimmt. Bei der Zeitabelle auf S. 97 dagegen nimmt die Grundzeit (Feilen und sauber schlichten) je cm^2 zu, wenn die Flächenbreite oder Plattendicke größer wird. In letzterem Falle ist aber zu beachten, daß es sich um geschlossene Innen- oder Außenflächen handelt, auf deren Zeitbedarf im Verhältnis zu offenen Flächen bereits auf S. 97 eingegangen ist.

2. Gewindeschneiden von Hand mittels Gewindebohrer.

Wird in irgend einen Werkstoff Gewinde — metrisch oder Whitworth — mit dem Gewindebohrer von Hand geschnitten, so ist die Zeit für das Schneiden einer bestimmten Gewindelänge, z. B. von 20 mm, u. a. von der Zahl der Gewindegänge auf diese Länge und von der Größe des Gewindeprofils abhängig. In Abb. 4 sind als Beispiel die Grundzeiten aufgetragen, die von verschiedenen Verfassern bei normalen metrischen und Whitworth-Gewinden bei 20 mm Gewindelänge festgestellt worden sind. Bei den 3 Verfassern, die metrisches Gewinde zugrunde legen, fallen die Werte für die Grundzeit zunächst bis zu den Außendurchmessern 8, bzw. 10, bzw. 12 mm, während sie mit weiter wachsendem Gewindedurchmesser wieder ansteigen.

¹ Siehe Kresta: W.T. 1923, S. 298.

Die Ursache für diesen eigenartigen Verlauf der Zeitwerte ist darin zu suchen, daß den kleinen Gewindedurchmessern die größere Zahl der Gewingegänge auf 20 mm entspricht, deren Einschneiden im Zusammenhang mit der höheren Bruchgefahr der kleinen Bohrer ein vorsichtiges und feinfühliges Arbeiten erfordert. Bei wachsendem Außen- oder auch Kerndurchmesser nimmt die Zahl der Gewingegänge auf die angenommene Lochtiefe ab, und das Gewindeprofil (oder der auszuschneidende Gewindebalken) wird größer. Dieser Umstand wirkt zunächst erleichternd auf die Schneidearbeit ein, so lange, bis die Schwierigkeit des Ausschneidens des größer werdenden Gewindeprofils diese Erleichterung wieder aufgewogen hat. Der Schnittdruck und damit der Kraftverbrauch des Arbeiters steigt bei größeren Durchmessern immer mehr an, wodurch auch der Zeitverbrauch für eine bestimmte Lochtiefe wieder höher wird.

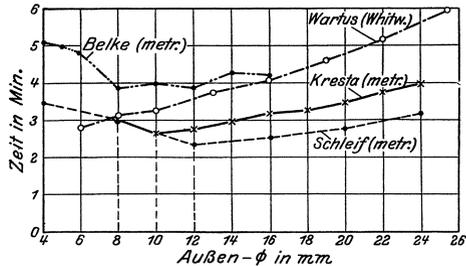


Abb. 4. Gewindeschneiden von Hand für $l = 20$ mm, metrisch, in Gußeisen.

Beim Whitworthgewinde dürften die Verhältnisse ähnlich liegen wie beim metrischen Gewinde. Die betreffende Kurve in Abb. 4 ist allerdings erst von $\frac{1}{4}$ " ab eingetragen und steigt von diesem Durchmesser ab ziemlich stetig an. Im allgemeinen scheint sich Whitworthgewinde etwas weniger leicht schneiden zu lassen als metrisches.

Die Unterschiede in der Höhe der durch die 4 Kurven der Abb. 4 dargestellten Grundzeiten können verschiedene Ursachen haben. So kommt es bei den kleineren Gewinden darauf an, inwieweit es durch besondere Herstellung oder besondere Fassung der Gewindebohrer gelungen ist, mit 2 statt mit 3 Bohrern auszukommen. Außer den dadurch gegebenen verschiedenen Arbeitsbedingungen können aber auch die Neben- oder die Verlustzeiten nicht genau in gleichem Maße in die Schneidezeiten einbezogen sein. In dem Linienzug, der die Zeitwerte für das Whitworthgewinde darstellt, sind z. B. folgende Zeiten einbezogen: Schmieren, Messen auf Winkelrichtigkeit des Gewindes zur Stirnfläche, Reinigen der Bohrer nach jedesmaligem Durchführen derselben durch das Loch, ferner der sehr große Einfluß der Ermüdung, wenn eine Reihe größerer Gewinde hintereinander geschnitten werden muß.

3. Verschiedenes.

Auch beim Vergleich der Zeiten für das Einpassen von Paßfedern (DIN 496) sind die Neben- bzw. Verlustzeiten genau anzugeben, die in den

Zeitwerten enthalten sind. Federkeile (DIN490) sind leichter einzupassen und erfordern weniger Zeit als rundstirnige Paßfedern, da letztere sowohl an den Seiten wie auch an den Stirnflächen satt einzupassen sind.

Die Erörterungen über häufig vorkommende Teilschlosserarbeiten könnten, wie auch aus den früheren Abschnitten zu entnehmen ist, nach vielen Richtungen erweitert werden, wovon aber an dieser Stelle abgesehen werden muß.

VI. Schrifttum über Zeitaufnahmen und Zeitermittlung.

Alle erstmaligen Zeitaufnahmen sollen u. a. zu einer Kritik der Arbeitsausführung dienen. Im Anschluß hieran erfolgt die Beseitigung der aufgedeckten Mängel und die Festsetzung des als angemessen anzusehenden Zeitbedarfes. Über die bei Zeitaufnahmen zu beachtenden Gesichtspunkte sind eine Reihe wertvoller Veröffentlichungen vorhanden, die, soweit sie bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt bekannt geworden, nachstehend angeführt seien:

„Wie macht man Zeitstudien?“ Von Ober-Ing. Eduard Michel, VDI-Verlag GmbH, Berlin 1920.

„Die Zeitaufnahme in Eisenbahnwerken“ von Lüders, Verlag H. Apitz, Berlin 1924. Hier sind praktische Anleitungen für die Zeitaufnahmen gegeben, als deren Ziel die Gewinnung von Normzeiten für häufiger wiederkehrende Arbeiten bezeichnet wird. Das Wort „Normzeiten“ ist hier wieder im Sinne von „Richtzeiten“ zu verstehen, da darauf hingewiesen wird, daß sie nicht ohne weiteres von einem Werk auf das andere übertragen werden können. Andererseits wird gesagt, daß es verfehlt wäre, überhaupt keine Normzeiten von einem Werk ins andere zu übertragen, da die Arbeiten in den Eisenbahnwerken ziemlich gleichartig sind, wobei aber trotzdem die verschiedenen Bearbeitungsmaschinen in verschiedenen Werkstätten zu berücksichtigen sind. Die Verwendung von Zeitnormen sei eben in richtige Bahnen zu lenken.

Die wissenschaftliche Betriebsführung in Reparaturwerkstätten“ von H. Kleinböhl (Dissertation), Hofbuchdruckerei F. Mitzlaff, Rudolstadt, 1926. Besonders bei Instandsetzungsarbeiten ist der Zeitbedarf für die Handarbeiten oft recht schwer zu übersehen. Der Verfasser zeigt nun, wie durch eine geeignete Organisation die Handarbeitszeiten immer besser erfaßt werden können. Durch eine fachkundige Aufnahme der vorzunehmenden Arbeiten (Arbeitsaufnahme) und durch eine scharfe Fristenkontrolle der zwangsläufig durch die Werkstatt wandernden Teile erhält man auch eine immer bessere Übersicht über den Zeitbedarf der Handarbeiten.

„Zeitstudien“ von H. Freund, Verlag G. Stilke, Berlin 1927. Hier ist das Wissenswerte über die Anwendung der Zeitstudien auch bei Handarbeiten gesagt. Bemerkenswert ist, daß der Verfasser mit gutem

Erfolg einen Postmorseapparat verwendet. Der Zeitaufnehmer registriert die körperliche Arbeit des Arbeiters durch einen Strich auf einem ablaufenden Papierstreifen; die unbeschriebenen Flächenstreifen zwischen den Strichen stellen die Pausen dar. Das Ablesen der Stoppuhr entfällt also und der Beobachter kann seine volle Aufmerksamkeit der Arbeit oder dem Arbeiter zuwenden. Vgl. hierzu Beitrag Freund-Wüstehube, S. 171.

„Betriebsbeobachtungen, insbesondere Zeitstudien mittels der Poppelreutherschen Arbeitsschauuhr“ von C. Brahmefeld, Darmstadt, und die

„Direkte schaubildliche Zeitstudie“ von W. Poppelreuther, Bonn. Beide Aufsätze im Maschinenbau, Bd. 6, S. 109 und 113, 1927 zeigen, wie Arbeitsvorgänge nach ihrem Zeitverlauf auch durch Fernbeobachtung anschaulich festgehalten werden können.

„Ein neuer Weg zu planmäßiger Steigerung der Werkstattwirtschaft“ von Dr.-Ing. Peiseler. Maschinenbau Jg. 5, Heft 24 v. 16. 12. 1926.

„Ein neues Hilfsgerät des Betriebswirtschaftlers“ von Dr.-Ing. Peiseler. Werkstatttechnik Jg. 20, Heft 22 v. 15. 11. 1926.

„Grundsätzliches über Zeitaufnahmen“ von Weese, Magdeburg-Buckau. Maschinenbau, Bd. 2, S. 30, 1922. In dieser Abhandlung ist das Wesentliche und Grundsätzliche über die Zeitaufnahmen nach praktischen Gesichtspunkten kurz zusammengestellt, wobei die Ausbesserungswerkstätten der Reichsbahn besonders berücksichtigt sind.

„Arbeitszeitersparnis durch Fließarbeit“, von P. Warlimont, Augsburg. Maschinenbau, Bd. 4, S. 431, 1925. Hier wird von Betrachtungen über Reihenfertigung ausgegangen und dargelegt, daß der Zeitbedarf für die Arbeiten heruntergeht, wenn die Bedingungen für den Übergang zur fließenden Fertigung immer mehr erfüllt werden.

„Von der Reihenfertigung zur Fließarbeit insbesondere im deutschen Automobilbau“, von G. Prachtl, VDI-Verlag, Berlin 1926. Es werden insbesondere die organisatorischen Maßnahmen besprochen, die beim Übergang von der Reihenfertigung zur Fließarbeit zu treffen sind. Durch den zuletzt erreichten guten Zwanglauf der Fabrikate durch den Betrieb wird ein günstiger Einfluß auf den Zeitbedarf der Arbeiten ausgeübt.

„Zeitstudien auf Hüttenwerken“ nach einer Schrift von K. Rummel, Düsseldorf. Über Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in den technischen Betrieben der Großeisenindustrie. St. & E., 46. Jg., S. 840, 1926. Über Arbeiten in Walzwerken, ferner im Thomaswerk usw., sowie über das Biegen und Richten von Rohren usw. sind hier tiefgehende Untersuchungen über Zeitbedarf und über die damit Hand in Hand gehenden Betriebsverbesserungen gemacht. Hierbei wird auch

auf die Arbeiten von Jürgens und Kasper hingewiesen. Das Studium der genannten Abhandlungen ist sehr zu empfehlen. Das gleiche gilt von folgenden Aufsätzen:

„Zweck und Durchführung von Arbeits- und Zeitaufnahmen in der Gießerei“, Erläuterungsschrift zur Refa-Mappe für Gießereiwesen, von H. Tillmann, Hannover, Beuthverlag, Berlin.

„Lehrbuch der Stückzeitermittlung in der Maschinenformerei“ von H. Tillmann, Verlag von R. Oldenbourg, Berlin 1927.

„Anwendung der Zeitstudien in der Stahlformerei“ von H. Resow, Essen, St. & E., Jg. 46, 1926, S. 706.

„Zeitstudien bei Einzelfertigung“ von H. Kummer. Berlin: Julius Springer 1926.

„Elektrotechnische Bauzeiten“ von O. Graf, Herausgeber und Verlag: Verband deutscher Elektro-Installationsfirmen E. V. Frankfurt a. M.

„Arbeitszeitermittlung bei Schmiedearbeiten von Lehmann, Kaeßberg, Oeser: Z. Masch.-Bau. Jg. 5, S. 119. 1926.

„Bedeutung der Wärmzeit für die Stückzeitermittlung in der Schmiede“ von Mohr. Z. Masch.-Bau. Jg. 5, S. 123. 1926.

„Arbeitszeitermittlung in der mittleren Freiformschmiede“ von Zscheile: Z. Werkstattstechnik. Jg. 18, S. 597. 1924.

„Stückzeitberechnung in der Feinmechanik“ von Dr.-Ing. Fr. Schaarschmidt, München: Z. Masch.-Bau. Bd. 6, S. 329. 1927.

Beitrag zur Frage der Zeitermittlung und zur planmäßigen wissenschaftlichen Arbeitszuweisung bzw. Gruppenzusammensetzung bei reinen Handarbeiten auf Grund arbeitswissenschaftlicher Untersuchungen besonders an Schlosserarbeiten. Von Freund-Wüsthube, Diss. Berlin: Julius Springer 1927. Von dieser Arbeit ist ein großer Teil als Auszug auf S. 143f. dieses Buches wiedergegeben.

„Über Berechnung von Handarbeitszeiten“ von Kresta: Werkstattstechnik 1923, S. 297. Die Abhandlung enthält den Zeitbedarf verschiedener Schlosserarbeiten sowie die Aufstellung empirischer Formeln hierfür.

„Die Einführung von Zeitstudien in einem Betrieb für Reihen- und Massenfertigung in der Metallindustrie“ von Dr.-Ing. Otto Fahr: Verlag von R. Oldenbourg, Berlin 1922.

„Arbeits- und Zeitstudien“, von Dipl.-Ing. H. Hoffmeister: „Der Betrieb“ 1919, Heft 3, S. 57.

„Das Durchbrechen von Wänden und Decken in der Gas-, Wasser- und Elektroinstallation“ von Dipl.-Ing. F. Rinderle: Zeitschrift „Betriebsführung“, 1. Jg., Heft 10, S. 141. 1922.

„Aus den Arbeiten der ADB-Ortsgruppe Stuttgart zur Stückzeitermittlung“ von C. Goerner: Z. „Maschinenbau“, Bd. 6, S. 1130, 1927.

„Die wirtschaftliche Höhenlage des Schraubstockes beim Feilen.“ Zeitschrift „Betriebsführung“, 3. Jg., Heft 1, S. 17, 1924.

„Rationalisierung im Bauhandwerk“ von Dr.-Ing. E. Hotz, Zeitschrift „Betriebsführung“, 6. Jg., Heft 11, S. 205 und Heft 12, S. 228, 1927.

„Die allgemeinen Grundlagen eingehender Arbeitsuntersuchungen“ von Thun, Zeitschrift „Der Betrieb“, 4. Jg., Heft 6, S. 179, 1921/22.

„Arbeitswissenschaft und Psychotechnik in Rußland“, von Dr. Franziska Baumgarten. Verlag R. Oldenbourg, Berlin 1924. (Dasselbst auch ausführliche Literaturangabe über die russischen Veröffentlichungen über Arbeitswissenschaft, Organisation usw.)

Sachverzeichnis.

- Abgraten 99
Abrichten 33, 70, 98
Abrunden 99
Abschlagszahlungen 19
Akkord 14, 76, 82
Akkordkontrolle 128
Akkordzwischenbilanzen 128
Ankörnen 31, 68
Anreißen 29—32, 67
Arbeitsauftrag 265
Arbeitselement 162
Arbeitsfortschritt 8, 18, 113, 193
Arbeitsfortschrittslinien 8, 21
Arbeitsgang 6
Arbeitshaltung 188, 195
Arbeitsintensität 7, 170
Arbeitsleistung 7
Arbeitspensum 7
Arbeitsprobe 195, 198
Arbeitsstreckung 7
Arbeitsstufe 6
Arbeitstakt 168, 192
Arbeitsteilung 145
Arbeitsverfahren 7
Arbeitsverkettung 7
Arbeitsvorgang, Zergliederung 131, 162, 165
Arbeitszeit, Zusammensetzung 237
Arbeitszeitschaubild 177
Arbeitszeitvorausbestimmung 3
Arbeitszergliederung, Beispiel 129—132
Aufbauplan 121
Auffedern, Riemen oder Stufenscheiben 107—109
Aufkeilen 99—101, 288, 291
Aufnahmeprotokoll 147
Aufpassen, Lagerbuchsen 104
Aufreiben 57—60
Aufteilung der Arbeit 24
Auftragskarte 253
Auswertungsverfahren 174
- Bankarbeit 112
Bearbeitungsstellenberechnung 179
Befeilen 5
Bemeißeln 5
Beobachtungsbogen 258
Beobachtungsprotokoll 147
Beschriftungen 139
Bezugsgrößen 5, 24—26
Bezugszeit 10
Blattfederzusammenbau 22
- Bohrungen, aufreiben 57—60
Bohrungsflächen, schaben 47, 55
Bourdon Test 197
Buchdruckschnellpresse, Zusammenbau 75—88, 91
Buchsen, aufreiben 56, 58
—, schaben und einpressen 55
Cheauveau 187
- Deduktive Methode der Zeiterfassung 302
Drehbank, Zusammenbau 88, 91
Drucklager, schaben 286
Durchgangsgewindebohrer 61, 63
Durchschnittsarbeiter 185, 194
- Ebenschruppen 33
Ebnungsschwierigkeitsfaktor 221
Eignungsprüfung 186, 193—202
Eignungsschaubild 201
Einpassen 16
Einpassen, Keile 99—101
—, Paßfedern 281, 305
—, Scheibenfedern 107—109
—, Zylinderstifte 281
Einrichtearbeiten 65
Einrichtezeit 8, 24, 260
Einschaben, Lagerbuchsen 107—108
Einschrauben 66
Einspannen, in Schraubstock 101
Einzelakkord 7
Einzelfertigung 14, 19, 295
Eisenbahnwagenbau 112, 115
Elementarzeit 162
Entgraten 292
Entwicklungstafel 27
Ermüdung 188
- Feilapparat 224
Feilarbeit 222
Feilbewegung 169
Feile, Schneidfähigkeit 40
Feilen, 32—47, 292
—, ebene Flächen 70, 303
—, Formflächen 72, 96—97, 304
Feilenabnutzung 222, 231
Feilversuch 229
Feilvorgang 223
Fertigmontage 301
Fertigung, mit befristetem Kolonnen-
einsatz 19
—, mit gleichzeitigem Kolonnenein-
satz 18
—, mit Wartezeiten 19

- Fertigungsauftrag 11
 Fertigungsplan 11
 Fertigungszeiten, Verkettung 20
 Flach- und Vierkanteisen abrichten 47
 Flachscharben 74
 Fließarbeit 15, 17
 Flußlauf 265
 Formflächen 47
 Friedrich-Hippler 206
 Fristenkontrolle 119, 124
 Gesamtmontage 301
 Gewindeschneiden 60—63, 72, 101 bis
 102, 281, 292, 304
 Gilbreth 189
 Gleitflächen, schaben 47
 Griff 6
 Griffelement 7
 Griffgruppe 31
 Großmaschinenbau-Schlosserarbeiten
 283
 Grundbegriffe für Handarbeiten 6
 Grundbohrer 61, 63
 Grundscheifen 139
 Grundzeit 4, 8, 260
 Gruppenakkord 7
 Gruppenaufbau 301
 Gruppenfabrikation 18
 Gruppenleistung, Ermittlung 194
 Gruppenmontage 301
 Gruppenrhythmus 193
 Gruppenzusammenbau 301
 Handarbeit 4
 —, Erscheinungsformen 296
 Hand in Hand-Arbeit 7, 18
 Hand- und Maschinenarbeit, Verbindungen von 297
 Handwerk 247, 252
 Handzeit 1
 Hauen, Schmiernuten 95
 Hauptgruppe 301
 Hauptgruppen-Montage 264
 Hauptgruppen-Zusammenbau 24, 301
 Hauptgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten, Anwendungsbeispiele
 91—93
 —, Entwicklungsbeispiele 82—90
 Hauptmontage 301
 Hauptzeit 1, 2, 8, 25
 Herstellungskosten 2
 Holzleistenbearbeitung 6
 Induktive Methode der Zeiterfassung
 303
 Interpolationsmethode 240
 Kalkulationselemente 23
 Kegelstiftbohrungen 57, 58
 Kolonneneinsatz 18
 Kopparbeit 4
 Kopfschrauben, montieren 66
 Kreiselrad, aufkeilen 288
 Kresta 243
 Kühlwasserpumpengehäuse, schaben
 287
 Kunstgewerbe 262
 Kupplungsflansch, Bolzenlöcher aus-
 reiben 289
 Lackieren 5
 Lackiererarbeiten 112, 114, 138—140,
 168
 Lasthebearbeiten 63
 Leistungsbestimmung 205
 Leistungscharakteristik 176
 Leistungsfähigkeit des Arbeiters 14
 Leistungsfaktor 83, 249
 Leistungsklasse des Arbeiters 16
 Lichtpunktaufnahmen 199
 Lieferkarte 124, 126
 Lieferkartenlaufplan 125, 128
 Lieferzeit, Kontrolle 128
 Lohnarbeit 13
 Lohnkosten-Vorausermittlung 3
 Lohnstafel 3
 Malerarbeiten 256
 Maschinenmontage 301
 Maschinenzeit 1
 Maschinen-Zusammenbau-Schlosser-
 arbeiten 301
 —, Anwendungsbeispiele 91—93
 —, Entwicklungsbeispiele 82—90
 Materiallieferungskurve 121
 Mechanische Arbeit 186
 Meißeln 94
 Mengenfertigung 296
 Messen 63, 239, 243
 —, ebene Flächen 209
 —, Hohlkehlen 210
 Mittelwertsmethode 9
 Montagearbeiten 106, 301
 Montageauftrag, Unterteilung 301
 Morseapparat 171
 Muttern, montieren 66
 Nebenarbeiten 17, 65
 Nebengruppe 301
 Nebenzeit 1, 8, 26
 Nieten 296
 Normzeiten 9, 16, 300

- Oberflächenbehandlung** 5, 6
Optimale Arbeitsleistung 7, 16
Organisatorische Maßnahmen 114, 119
Paßflächen, schaben 47
Pausieren 239, 243
Physiologische Arbeit 186
Prämienverfahren 14
Psycho-physiologische Bedingungen der Arbeit 184
Rationalisierung der Arbeitsvorgänge 21
Raummessungsmethode 207
Refablätter 1
Reiben 289
Reihenfertigung 115, 295
Rhythmisches Empfinden 217
Rhythmus der Arbeit 167, 169, 193
Richtzeiten 9, 300
Rohrschlosserei 140—142
Sammelstufen 261
Schaben 47—57, 70, 104, 286—287
Schleifmaschinenteile schaben 48—54
Schleifmaschinen-Zusammenbau 263
Schlichten 33
 —, Formflächen 96
Schlosserarbeiten 4, 94
Schraubenwelle, aufkeilen 291
Schreinergerwerbe 250
Schrifttum 294, 306
Serienherstellung 121
Sondermontage 301
Spannungsermittlung 208, 219
Spindelkasten, montieren 110
Stehbolzen, montieren 67
Stellmacherarbeiten 5, 112, 113, 136
 bis 138
Stellschrauben, montieren 67
Stückschlosserei 301
Stückzeit 133, 251
Stundenlohn 12
Suggestibilität 193
Tachistoskop 197
Tarife 250
Taylor 203
Teilerzeugung 11
Teilvereinigung 11
Teilgruppenzusammenbau 24, 301
Teilgruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten, Anwendungsbeispiele 78
 bis 81
 —, Entwicklungsbeispiele 75—78
Teilmontage 301
Teilschlosserei 23, 301, 302
Terminkurven 125
Tischlerarbeiten 5, 112, 113
Tischlerei-Bankarbeit 132
Tischlerei-Montagearbeit 134—136
Tuschieren 98
Umschau 294
Unebenheitsgrad 220
Unkostenzuschläge 250
Untergruppe 301
Untergruppen-Montage 264, 273
Untergruppen-Zusammenbau-Schlosserarbeiten, Anwendungsbeispiele 78—81
 —, Entwicklungsbeispiele 75—78
Unterweisungskarte 265
Verbindungsgruppe 301
Vergleichskalkulation 261
Vergleichsmethode 257
Vergleichszeit 9, 15
Verlustzeit 9, 19, 257, 260
Verschrauben 291
Vormontage 301
Vorschruppen 33
Wartezeit 9, 19
Werkstoffeinflüsse 206
Werkzeugeinflüsse 206
Zeichnungslieferkurve 121
Zeitakkord 113
Zeitaufnahmen 9, 14, 146
 —, Schrifttum 306
Zeitausnutzungsfaktor 147
Zeitbeobachtung 171
Zeiten, Schätzen von 8
 —, Vergleich und Erfahrungswerte von 8
Zeitermittler 4
Zeitermittlung 8, 303
 —, graphisch 254
 —, Schrifttum 306
Zeitermittlungsformel 236, 241, 244
Zeitintervallberechnung 174
Zeitlicher Wirkungsgrad 168
Zeitlohn 12, 251
Zeitschritt 9
Zeitstudien 20, 22, 257
Zeitverluste 147
Zerspanungstheorie 204
Zusammenbau 24, 75, 110, 115, 263, 301
 —, fließender 17
Zusammenbau-Schlosserarbeiten, Anwendungsbeispiele 78—81
 —, Entwicklungsbeispiele 75—78
Zusammenpassen von Flächen 6
Zwischengruppe 146

Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure

- Band I: Der Austauschbau** und seine praktische Durchführung. Bearbeitet von Prof. Dr. G. Berndt, Obering. Th. Damm, Obering. C. V. Drescher, Obering. G. Frenz, Obering. M. Gohlke, Prof. K. Gottwein, Obering. K. Gramenz, Direktor Dr.-Ing. e. h. E. Huhn, Dr.-Ing. O. Kienzle, Obering. G. Leifer, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl. Herausgegeben von Dr.-Ing. Otto Kienzle. Mit 319 Textabbildungen und 24 Zahlentafeln. VIII, 320 Seiten. 1923. Gebunden RM 8.50
- Band II: Lehrbuch der Vorkalkulation von Bearbeitungszeiten.** Von Kurt Hegner, Direktor der Ludwig Loewe & Co. A.-G. Berlin, Erster Band: **Systematische Einführung.** Zweite, verbesserte Auflage. Mit 107 Bildern. XII, 188 Seiten. 1927. Gebunden RM 15.—
- Band III: Spanabhebende Werkzeuge für die Metallbearbeitung** und ihre Hilfseinrichtungen. Bearbeitet von Direktor R. Bussien, Obering. A. Cochius, Prokurist K. Guldenstein, Ing. E. Herbst, Direktor W. Hippler, Dr.-Ing. R. Koch, Ing. H. Mauck, Direktor Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, Prof. Dr.-Ing. O. Schmitz, Dipl.-Ing. E. Simon, Prof. E. Toussaint. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. J. Reindl, techn. Direktor der Schuchardt & Schütte A.-G. Mit 574 Textabbildungen und 7 Zahlentafeln. XI, 455 Seiten. 1925. Gebunden RM 28.50
- Band IV: Spanlose Formung.** Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen. Bearbeitet von Dipl.-Ing. M. Evers, Dipl.-Ing. F. Großmann, Dir. M. Lebeis, Dir. Dr.-Ing. V. Litz, Dr.-Ing. A. Peter. Herausgegeben von Dr.-Ing. V. Litz, Betriebsdirektor bei A. Borsig G. m. b. H., Berlin-Tegel. Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.60

Einführung in die Organisation von Maschinenfabriken unter besonderer Berücksichtigung der Selbstkostenberechnung. Von Dipl.-Ing. **Friedrich Meyenberg**, Berlin. Dritte, umgearbeitete und stark erweiterte Auflage. XIV, 370 Seiten. 1926. Gebunden RM 18.—

Grundlagen der Fabrikorganisation. Von Dr.-Ing. **Ewald Sachsenberg**, o. Professor an der Technischen Hochschule Dresden. Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage. Mit 66 Textabbildungen. VIII, 162 Seiten. 1922. Gebunden RM 8.—

Die Selbstkostenberechnung im Fabrikbetriebe. Eine auf praktischen Erfahrungen beruhende Anleitung, die Selbstkosten in Fabrikbetrieben auf buchhalterischer Grundlage zutreffend zu ermitteln. Von **O. Laschinski**. Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. V, 138 Seiten. 1923. RM 3.50; gebunden RM 4.50

Grundlagen der Betriebsrechnung in Maschinenbauanstalten. Von **Herbert Peiser**, Direktor der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft. Zweite, erheblich erweiterte Auflage. Mit 5 Textabbildungen. VI, 216 Seiten. 1923. RM 6.60; gebunden RM 8.—

Verlag von Julius Springer * Berlin

Das ABC der wissenschaftlichen Betriebsführung.

Primer of Scientific Management. Von **Frank G. Gilbreth**. Nach dem Amerikanischen frei bearbeitet von **Dr. Colin Ross**. Mit 12 Textfiguren. Viertes, unveränderter Neudruck. VII, 78 Seiten. 1925. RM 2.50

Die wirtschaftliche Arbeitsweise in den Werkstätten der Maschinenfabriken,

ihre Kontrolle und Einführung mit besonderer Berücksichtigung des Taylor-Verfahrens. Von Betriebsingenieur **A. Lauffer**, Königsberg i. Pr. IV, 86 Seiten. Berichtigter Neudruck. 1919. RM 2.50

Licht und Arbeit.

Betrachtungen über Qualität und Quantität des Lichtes und seinen Einfluß auf wirkungsvolles Sehen und rationelle Arbeit von **M. Luckiesh**, Direktor des Forschungslaboratoriums für Beleuchtung der National Lamp Works der General Electric Co. Deutsche Bearbeitung von Ing. **Rudolf Lellek**, Witkowitz, C. S. R. Mit 65 Abbildungen im Text und auf zwei Tafeln sowie einer Farbmustertafel. X, 212 Seiten. 1926. Gebunden RM 15.—

Industriebetriebslehre.

Die wirtschaftlich-technische Organisation des Industriebetriebes mit besonderer Berücksichtigung der Maschinenindustrie Von Prof. Dr.-Ing. **E. Heidebroek**, Darmstadt. Mit 91 Textabbildungen und 3 Tafeln. VI, 285 Seiten. 1923. Gebunden RM 17.50

Lehrbuch der zeitgemäßen Vorkalkulation im Maschinenbau.

Von Ingenieur **Friedrich Kresta**, Beratender Ingenieur, Wien. Unter Mitarbeit von Oberingenieur **Theodor Käch**, Betriebsleiter, Ravensburg (Wttbg.). Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit etwa 32 Abbildungen, 116 Tabellen und 7 logarithmischen Tafeln. IX, 294 Seiten. 1928. Erscheint demnächst.

Ausführlicher Sonderprospekt steht auf Wunsch zur Verfügung.

Moderne Zeitkalkulation.

Aus der Praxis des allgemeinen Maschinenbaues bearbeitet von **Otto Auerswald**, Vorkalkulator. Mit 69 Abbildungen im Text und 42 Tabellen. VIII, 126 Seiten. 1927. RM 6.—; gebunden RM 7.50

Neuzeitliche Vorkalkulation im Maschinenbau.

Von **Fr. Hellmuth**, Techn. Chefkalkulator, Zürich, und **Fr. Wernli**, Betriebsingenieur, Baden. Mit 128 Abbildungen im Text und zahlreichen Tabellen. V, 219 Seiten. 1924. Gebunden RM 11.—

Die Kalkulation in Maschinen- und Metallwarenfabriken.

Von Ingenieur **Ernst Pieschel**, Oberlehrer. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 214 Textfiguren und 27 Musterformularen. VIII, 258 Seiten. 1920. Gebunden RM 6.70

Verlag von Julius Springer * Berlin

Die psychologischen Probleme der Industrie. Von **Frank Watts**, M. A., Dozent der Psychologie an der Universität Manchester und an der Abteilung für industrielle Verwaltung der Gewerbenakademie von Manchester. Deutsch von **Herbert Frhr. Grote**. Mit 4 Textabbildungen. VIII, 221 Seiten. 1922. RM 5.50; gebunden RM 7.—

Taylor-System und Physiologie der beruflichen Arbeit. Von Prof. **J. M. Lamy**, Paris. Deutsche autorisierte Ausgabe von Dr. **J. Waldsburger**. Mit 11 Abbildungen. XVI, 154 Seiten. 1923. RM 4.—; gebunden RM 5.—

Aus der Praxis des Taylor-Systems mit eingehender Beschreibung seiner Anwendung bei der Tabor Manufacturing Company in Philadelphia. Von Dipl.-Ing. **Rudolf Seubert**. Mit 45 Abbildungen und Vorreden. Vierter, berichtigter Neudruck. 9.—13. Tausend. VIII, 158 Seiten. 1920. Gebunden RM 6.—

Psychotechnik und Taylor-System. Von Betriebsingenieur **K. A. Tramm**, Berlin. In zwei Bänden.
Erster Band: **Arbeitsuntersuchungen.** Mit 89 Abbildungen. VIII, 140 Seiten. 1921. RM 4.50; gebunden RM 5.50
Zweiter Band: **Eignungsprüfung. Einstellung und Anlernung von Arbeitskräften.** In Vorbereitung.

Kritik des Taylor-Systems. Zentralisierung — Taylors Erfolge — Praktische Durchführung des Taylor-Systems — Ausbildung des Nachwuchses. Von **Gustav Frenz**, Oberingenieur und Betriebsleiter der Maschinenfabrik Thyssen & Co., Mülheim (Ruhr). VIII, 113 Seiten. 1920. RM 4.—

Bewegungsstudien. Vorschläge zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Arbeiters. Von **Frank B. Gilbreth**. Freie deutsche Bearbeitung von Dr. **Colin Ross**. Mit 20 Abbildungen auf 7 Tafeln. VI, 54 Seiten. 1921. RM 2.50

Zeitstudien bei Einzelfertigung. Von Dr.-Ing. **Hans Kummer**. Mit 41 Textabbildungen. VI, 114 Seiten. 1926. RM 9.60

Kritik des Zeitstudienverfahrens. Eine Untersuchung der Ursachen, die zu einem Mißerfolg des Zeitstudiums führen. Von **J. M. Witte**. Mit 2 Tafeln. VI, 70 Seiten. 1921. RM 2.—

Ausgewählte Arbeiten des Lehrstuhles für Betriebswissenschaften in Dresden. Herausgegeben von Professor Dr.-Ing. E. Sachsenberg, Dresden.

Erster Band: **Neuere Versuche auf arbeitstechnischem Gebiet.** Von Prof. Dr.-Ing. E. Sachsenberg. — **Grenzen der Wirtschaftlichkeit bei der Vorkalkulation im Maschinenbau.** Von Dr. W. Fehse. — **Organisation und Grenzen der Arbeitszerlegung im fließenden Zusammenbau.** Von Dr. K. H. Schmidt. Mit 58 Abbildungen im Text. VI, 180 Seiten. 1924. RM 7.50; gebunden RM 9.—

Zweiter Band: **Die Bearbeitungsvorrichtungen für die spanabhebende Metallfertigung.** (Eine Systematik des Vorrichtungswesens.) Von Dr.-Ing. H. Brasch. — **Beiträge zur Wirtschaftlichkeit im Vorrichtungsbau unter besonderer Berücksichtigung der Herstellungsmenge und Art der Vorrichtung selbst.** Von Dr.-Ing. G. Oehler. — **Versuche über die Wirksamkeit und Konstruktion von Räumnadeln.** Von Prof. Dr.-Ing. E. Sachsenberg. Mit 248 Abbildungen im Text. VI, 184 Seiten. 1926. RM 14.40; gebunden RM 15.60

Dritter Band: **Neuere Versuche auf arbeitstechnischem Gebiet.** (Zweiter Teil) Von Prof. Dr.-Ing. E. Sachsenberg. — **Beurteilung der Tagesbeleuchtung in Werkstätten vom Standpunkt des Betriebsingenieurs aus.** Von Dr.-Ing. E. Möhler. — **Untersuchungen über die den Zerspanungsvorgang mittels Holzkreissägen beeinflussenden Faktoren.** Von Dr.-Ing. M. Meyer. Mit 76 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. VI, 118 Seiten. 1926. RM 9.60; gebunden RM 10.80

Vierter Band: **Untersuchungen an einem Lauf-Thoma-Getriebe zur Klarstellung der Betriebsverhältnisse und des Wirkungsgrades von Kolbenflüssigkeitsgetrieben.** Von Dr.-Ing. Otto Hebenstreit. — **Das Arbeiten der Feilen und ihr Verhalten während der Abnutzung.** Von Dr.-Ing. Conrad Hildebrandt. — **Untersuchungen über die den Zerspanungsvorgang mittels Holzbohrern beeinflussenden Faktoren.** Von Dr.-Ing. Werner Osenberg. Mit 196 Textabbildungen. VI, 167 Seiten. 1927. RM 18.—; gebunden RM 19.50

Das Problem der Industriearbeit. Mechanisierte Industriearbeit, muß sie im Gegensatz zu freier Arbeit Mensch und Kultur gefährden? Von **Hugo Borst**, Kaufmännischer Leiter der Robert Bosch A.-G.

Die Erziehung der Arbeit. Von Dr. **W. Hellpach**, Staatspräsident und Professor, Karlsruhe.

Zwei Vorträge, gehalten auf der Sommertagung 1924 des Deutschen Werkbundes. V, 70 Seiten. 1925. RM 2.—

Revision und Reorganisation industrieller Betriebe.

Von Dr. **Felix Moral**, Zivilingenieur und beeidigter Sachverständiger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. IX, 138 Seiten. 1924. RM 3.60; gebunden RM 4.50

Warum arbeitet die Fabrik mit Verlust? Eine wissenschaft-

liche Untersuchung von Krebschäden in der Fabrikleitung. Von **William Kent**. Mit einer Einleitung von Henry L. Gantt. Deutsche Bearbeitung von **Karl Italiener**. Zweite, durchgesehene Auflage. IV, 96 Seiten. 1925. RM 2.60