

# Experimentelle Beiträge zur Bestgestaltung der Handarbeit

auf Grund von

Studien im Psychotechnischen Versuchsfeld  
und von Betriebskontrollen

von

Helmut Lossagk, Dipl.-Ing.

 Springer

# Experimentelle Beiträge zur Bestgestaltung der Handarbeit

auf Grund von

**Studien im Psychotechnischen Versuchsfeld  
und von Betriebskontrollen**

## Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs  
der Technischen Hochschule zu Berlin

vorgelegt am 1. September 1927

von

**Helmut Lossagk, Dipl.-Ing.**  
aus Berlin

Genehmigt am 29. Februar 1928

Berichter: Professor Dr. W. Moede

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Schlesinger

---

Sonderdruck aus „Industrielle Psychotechnik“, 3. Jahrgang 1926, Heft 9  
4. Jahrgang 1927, Heft 9 und 5. Jahrgang 1928, Heft 1  
(Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH)

ISBN 978-3-662-31386-2      ISBN 978-3-662-31591-0 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-31591-0

# Griffeldstudien.

Von

**H. Lossagk**, Berlin.

Inhalt: Um eine Grundlage für eine „Rationalisierung des Greifens“ zu schaffen, wird aus umfangreichen Versuchen ein Überblick über die Auswirkung verschiedenster Greifbedingungen erarbeitet, wobei die erhaltenen Zahlenwerte als rechnerischer Anhalt für die Vorkalkulation des Rationalisierungsnutzens dienen sollen.

## 1. Einleitung.

Während das Aufmerksamkeitsfeld bereits mehrfach untersucht ist und man den Stellenwert der einzelnen Punkte des Feldes durch ausgedehnte experimentelle Versuchsreihen bestimmt und durch Erfahrungen der Praxis kontrolliert hat, fehlen bisher noch Untersuchungen auf experimenteller und praktischer Grundlage, um in ähnlicher Weise auch das „Griff-Feld“ zu studieren<sup>1)</sup>.

Einige Sonderfälle<sup>2)</sup> der Praxis sind zwar schon eingehender untersucht worden. Bei diesen Untersuchungen handelte es sich aber z. B. darum, die optimalen Kraftangriffspunkte und -richtungen u. a. arbeitswichtige Merkmale zu ermitteln<sup>2)</sup>, während bei den Untersuchungen des Griff-Feldes hier das reine Greifen, im Sinne des sich etwas Heranholens und Wegstellens, erforscht werden sollte.

Unsere im Laboratorium für Industrielle Psychotechnik durchgeführten Griffeldstudien sollen zweierlei Zwecken dienen: Erstens soll der Einfluß verschiedenster Bedingungen (wie z. B. Entfernung, Höhe und Richtung des Greifortes, Belastung der Hand, Einübung und völlige Mechanisierung der Greifbewegung, Zielen, Ermüdung usw.) auf die Zeit/Griff ermittelt und damit eine ganz allgemeine Grundlage geschaffen werden, von der aus dann die jeweils günstigsten Greifbedingungen unter bestimmten Arbeitsverhältnissen leicht zu überblicken sind.

Zweitens sollen die Ergebnisse der Untersuchungen einen rechnerischen Anhalt gewähren zur Vorkalkulation des zu erwartenden Nutzens einer gegebenenfalls vorgesehenen Änderung des Arbeitsplatzes in einer Werkstatt.

## 2. Zerlegung der einhändigen Greifbewegung und Bestimmung des Griffeldes.

Aus der Fülle von möglichen Greifbewegungen wurden nun für die Untersuchungen folgende ausgewählt und festgelegt:

Der Arbeiter streckt seinen Arm aus der Ausgangslage (Ellbogen rechtwinklig gebeugt, Hand vor dem Körper etwa in Magenhöhe) nach dem zu ergreifenden Werkstück aus, erfaßt es und bringt es auf seinen Arbeitsplatz (etwa in Magenhöhe) vor sich, wobei der Arm wieder in die Ausgangslage zurückkehrt. Das Gewicht des Werkstückes sei klein, also zu vernachlässigen.

Diesen Greifvorgang kann man sich zerlegt denken in:

1. Richtungsbewegungen des Armes,
2. Eigentliche Greifbewegungen und Loslaßbewegungen der Finger und der Hand.

<sup>1)</sup> Wirth, Wilhelm: Die experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene.

<sup>2)</sup> Kloth, W.: Über die Eignung von Bedienungselementen zu Einstellbewegungen. I. P., Jg. 1, Heft 5 u. 6, 1925. — Klemm, O. und Sander, Fr.: Arbeitspsychologische Untersuchungen an der Häckselmaschine, Schriften zur Psychologie der Berufseignung und des Wirtschaftslebens. Heft 26. Verlag J. A. Barth, Leipzig 1924.

Da die Greifbewegungen der Finger und der Hand nie von der Form des Werkstückes ganz unabhängig sein können, hier aber ganz allgemein das Greifen untersucht werden sollte, so wurde hier zunächst das Hauptaugenmerk auf die Richtungsbewegungen des Armes gelegt, zumal bei obiger Form des Greifvorganges in der Regel die reine Armrichtungsbewegung den Hauptanteil der Zeit je Griff in Anspruch nimmt. Den Einfluß verschiedener Bedingungen auf die Fingergreifbewegungen zu ermitteln, wurde späteren Untersuchungen vorbehalten.

Um nun für die Herstellung der Ergebnisse einen Griff nach Richtung, Weite und Höhe eindeutig festlegen zu können, erscheint es zweckmäßig, sich eines Zylinderkoordinatensystems zu bedienen.

Die Längsachse des aufrechtstehend gedachten Körpers sei die Z-Achse, deren Nullpunkt etwa in Magenhöhe liege.

+ Z sei die Richtung nach dem Kopfe, — Z nach den Füßen zu.

Die Symmetrieebene des Körpers bestimme nach vorn den Winkel  $0^\circ$ , nach hinten den Winkel

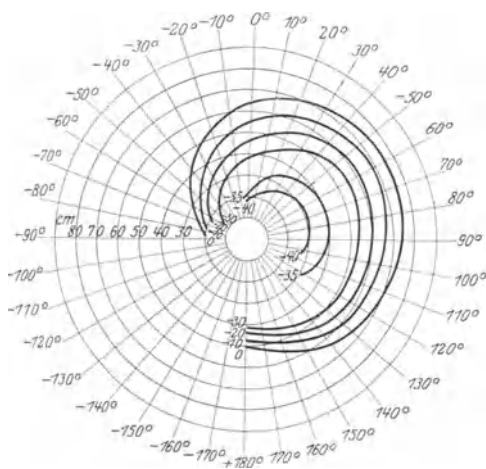


Abb. 1. Grenzlinien des Greifbereiches bei feststehendem Körper. Höhe der Greifebene veränderlich. Für rechten Arm gezeichnet. ( $Z = 0$  bis  $-40$ .)

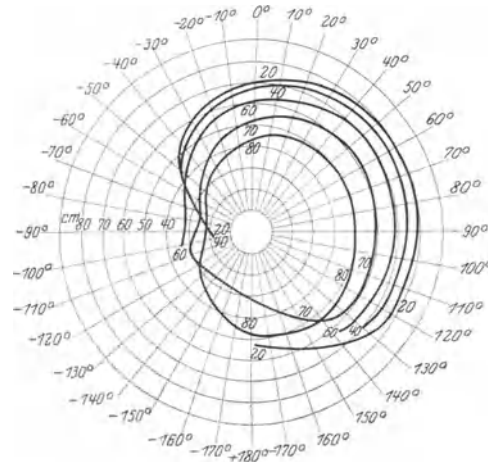


Abb. 2. Grenzlinie des Greifbereiches bei feststehendem Körper. Höhe der Greifebene veränderlich. Für rechten Arm gezeichnet. ( $Z = +20$  bis  $+80$ .)

$180^\circ$ . Bezogen auf den rechten Arm seien die Winkel rechts von der Symmetrieebene positiv  $0^\circ$  bis  $180^\circ$ , links von der Symmetrieebene negativ  $0^\circ$  bis  $-180^\circ$ . Bezogen auf den linken Arm sind die Winkel gegengleich zu rechnen. Jeder Greifort wird dann eindeutig festgelegt durch:

1. Höhenlage  $Z$  (bezogen auf die Handausgangsstellung bei  $Z = 0$ )
2. Richtungswinkel  $\varphi$ ,
3. Greifradius  $r$  (senkrechte Entfernung von der Z-Achse).

Mit Hilfe dieses Koordinatensystems kann man die Versuche abwechselnd für den rechten und den linken Arm ausführen lassen und die Ergebnisse auf einen Arm bezogen bequem verrechnen und aufzeichnen.

### 3. Ermittlung des Griffbereiches.

Schon die einfachsten ersten Vorversuche ergaben, daß jede Zuhilfenahme des Körpers beim Greifen, sei es durch Bücken, Aufstehen, Schreiten, sich Wenden, Vorwärtsneigen, Aufrecken, seitwärts Neigen oder Verdrehen, eine zusätzliche körperliche Beanspruchung mit sich bringt, deren Größe und Einfluß es durchaus berechtigt erscheinen läßt, den opti-

malen Griffbereich nur innerhalb der Grenzen zu suchen, die man ohne Zuhilfenahme des Körpers bestreichen kann.

Es erschien vorteilhaft, ein Bild von dem Verlauf dieser Grenzlinien, oder, räumlich betrachtet, Grenzflächen des Griffbereiches zu schaffen, was durch folgenden Versuch geschah.

Die Greifebene, dargestellt durch eine große Holzplatte mit daraufgezeichnetem Polarkoordinatensystem und einem Ausschnitt für den Körper der Versuchsperson (V.-P.), konnte in verschiedener Höhe wagerecht eingestellt werden. Der Körper der V.-P. wurde so fixiert, daß die Längsachse durch den Mittelpunkt des Polarkoordinatensystems ging und also mit der Z-Achse unseres gewählten Zylinderkoordinatensystems zusammenfiel. Die V.-P. (Malerlehrling Weid. . ., 1,65 m groß, normal gebaut), hatte nun mit Kreide die zu der eingestellten Höhe der Greifebene gehörende Grenzlinie ihres maximalen Greifbereiches auf die Platte zu zeichnen. Aus mehreren solchen Aufzeichnungen für den rechten wie den linken Arm wurden die Ergebnisse gemittelt und auf den rechten Arm bezogen in den Abb. 1 und 2 dargestellt. Diese Kurven (Niveaulinien), geben ein anschauliches Bild von dem etwa einer Kugel ähnlichen Greifbereich eines Armes, wenn die Armrichtungsbewegung rein aus Schulter- und Ellenbogengelenk erfolgt, ohne Zuhilfenahme des Körpers. Wenn der Körper der V.-P. nicht hinderlich wäre, müßten sämtliche Grenzlinien für jede Höhe der Griffebene konzentrische Kreise sein, mit dem Schulterkugelgelenk als Mittelpunkt. Liegt die Griffebene sehr tief ( $Z = -35$ ,  $-40$ ), oder sehr hoch ( $Z = +80$ ), so werden diese Linien auch ziemlich kreisähnlich. Bei den mehr in Schulterhöhe liegenden Griffebenen in den Höhen  $Z = -30$  bis  $Z = +40$  ist die Einbiegung bei den Winkeln  $-90^\circ$  bis  $-40^\circ$  durch die zum „Herumlängen“ um den Körper erforderliche Beugung des Armes im Ellenbogengelenk verursacht. Die Linien  $Z = -40$  bis  $Z = +60$  schließen sich infolge des störenden Einflusses des Körpers bzw. des Kopfes nicht, bei  $Z = +70$  merkt man diesen Einfluß noch an der Einbiegung zwischen den Winkeln  $-140^\circ$  und  $+140^\circ$ . Erst bei  $Z = +80$  wird die Grenzlinie ein geschlossenes kreisähnliches Gebilde.

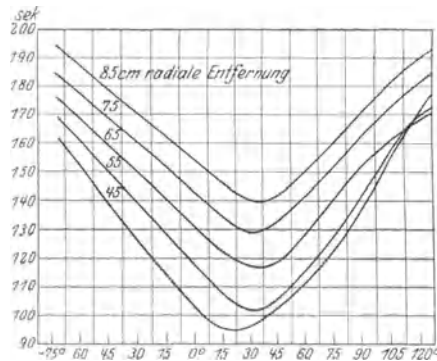
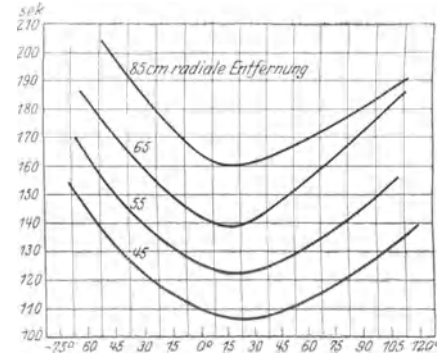
#### 4. Untersuchung der Abhängigkeit der Griffzeiten von Höhe, Weite und Richtung des Greifortes. (Greifen nach eisernen Unterlegscheiben.)

Für die folgenden Untersuchungen kamen nur die innerhalb des Greifgrenzbereiches liegenden Greiforte in Betracht.

Zur Ermittlung der Abhängigkeit der Zeit je Griff von Richtungswinkel, Greifradius und -höhe wurde eine Versuchsanordnung gewählt, die den Greifvorgang gemäß der Festlegung (im Abschnitt 2) gewährleistete: Die V.-P. hatte 50 eiserne in Stößen zu je 10 Stück aufgebaute Unterlegscheiben (24/45/2) einzeln von dem jeweils zu untersuchenden Felde (Greifort) der Greifebene wegzunehmen, dicht vor sich aufzubauen und danach wieder einzeln zurückzubauen. Je Versuch waren also 100 Griffe auszuführen, deren Zeit gestoppt wurde. Die Griffebene stand wagerecht und war mit Polarkoordinaten und einem Ausschnitt für den Körper der V.-P. versehen und in der Höhe veränderlich einstellbar. Bei dieser Greifversuchsanordnung haben wir es zwar nicht mit einer reinen Armrichtungsbewegung zu tun; denn das Aufnehmen der flachen Unterlegscheiben erfordert darüber hinaus noch eine gewisse Finger-greifbewegung. Da aber die Anordnung die in der Werkstatt auftretenden Verhältnisse recht gut nachahmt, so erschien es für die ersten Versuche, die einen allgemeinen Überblick über die Greifverhältnisse liefern sollten, ganz vorteilhaft, Armrichtungsbewegung plus Finger-greifbewegung zusammen zu untersuchen.

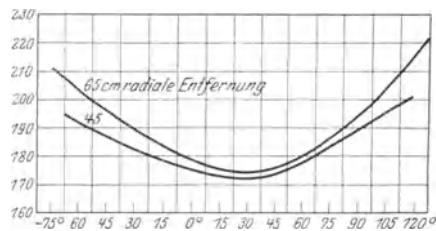
Die Versuche wurden mit der linken und der rechten Hand abwechselnd, in bezug auf Richtungswinkel und Greifradius ganz außer jeder Reihe angestellt. Es zeigte sich dabei, daß die Einübung auf die Griffzeit einen sehr starken Einfluß hatte. Deswegen mußten diese Versuche, mit ein und derselben V.-P. vorgenommen werden, welche vorher wochenlang ein-

geübt wurde, bis eine gewisse Übungskonstanz zu bemerken war. Um nun hier bei der Verwendung immer der gleichen V.-P. vor Zufälligkeiten gesichert zu sein, wurden alle Ergebnisse auf zwei Weisen gewonnen, einmal bei Unterteilung des Greifraumes in wagerechte Ebenen bei festliegender Höhe und veränderlichem Richtungswinkel und das andere Mal bei Unterteilung des Greifraumes in senkrechten Ebenen bei festliegendem Richtungswinkel und veränderlicher Höhe des Greifortes. Bei späteren Versuchen mit anderen V.-P.n wurden diese Ergebnisse dann noch einmal kontrolliert und es ergab sich, daß zwar die absoluten Werte je

Abb. 3. Zeit/100 Griffe =  $f(\text{Winkel})$  für  $Z = 0$ .Abb. 4. Zeit/100 Griffe =  $f(\text{Winkel})$  für  $Z = -25$  cm.

nach der V.-P. und dem Einübungsgrad etwas voneinander abwichen, der Kurvencharakter aber als Kennzeichnendes stets gewahrt blieb.

Die für die rechte und die linke Hand gewonnenen Werte der Griffzeiten wurden gemittelt und der Einfachheit und Übersichtlichkeit halber nur für den rechten Arm eingezeichnet.

Abb. 5. Zeit/100 Griffe =  $f(\text{Winkel})$  für  $Z = +60$ .

Die Ergebnisse der Versuche bei Unterteilung des Greifraumes in wagerechte Ebenen ( $Z = 0$ ,  $Z = -25$  und  $Z = +60$ ) sind in den Abb. 3, 4 und 5 veranschaulicht als: Zeit/100 Griffe in Abhängigkeit vom Richtungswinkel, für verschiedene Höhe der Greifebene.

Jede einzelne Kurve bezieht sich auf eine bestimmte radiale Greifentfernung.

Die Ergebnisse der Kontrollversuche bei Unterteilung des Greifraumes in senkrechte Ebenen (Winkel  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+45^\circ$ ,  $+90^\circ$  und  $+135^\circ$ ) sind in Abb. 6 veranschaulicht als: Zeit/100 Griffe in Abhängigkeit von der Höhe des Greifortes, für verschiedene Richtungswinkel. (radiale Greifentfernung konstant gehalten auf 65 cm).

### 5. Griffzeitoptimum. Prozentuales Anwachsen der Griffzeit abhängig vom Richtungswinkel. Ermittlung des Verlaufs von Linien gleicher Griffzeiten.

Die in den Abb. 3, 4 und 5 gezeichneten Ergebnisse weisen ein deutlich ausgeprägtes Griffzeitoptimum auf, welches etwa zwischen dem Winkel  $20^\circ$  und  $40^\circ$  liegt, für kleine Greifradien mehr  $20^\circ$  näher, für größere Greifradien mehr  $40^\circ$  näher, was sich durch den Einfluß des Ellenbogengelenks erklärt.

Läßt man die V.-P.n ganz unbeeinflusst den ihnen subjektiv am günstigsten und bequemsten erscheinenden Greifrichtungswinkel angeben, so schwanken die Angaben zwar ganz erheblich, die Grenzen rücken auf  $0^\circ$  und  $60^\circ$  auseinander, aber die mittlere Richtung stimmt doch mit dem objektiven Optimum überein.

Tafel I. Greifen nach Unterlegscheiben bei senkrechter Unterteilung des Greifraumes. (Vp. Weid.)

Z	-45°		0°		+45°		+90°		+135°		Tatsächliche Greifentfernung bei R=65 cm	Tats. Gr.entf. Z R
cm	sek/100 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/100 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/100 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/100 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/100 Griffe	sek/cm Greifweg		
+60	213	2,40	167	1,89	150	1,70	170	1,92	216	2,44	88,5	
+50	197	2,40	155	1,89	149	1,82	166	2,02	203	2,48	82	
+40	187	2,47	144	1,89	135	1,78	152	2	193	2,55	76	
+30	177	2,48	136	1,90	133	1,80	150	2,10	182	2,55	71,5	
+20	166	2,44	130	1,92	121	1,78	140	2,06	172	2,55	68	
+10	166	2,52	128	1,94	119	1,80	132	2,01	167	2,53	66	
0	167	2,56	123	1,90	115	1,77	132	2,03	165	2,54	65	
-10	171	2,59	132	2,00	125	1,90	137	2,07	175	2,65	66	
-20	182	2,68	140	2,06	130	1,92	146	2,15	185	2,72	68	
-30	196	2,74	155	2,17	143	2	147	2,06	195	2,73	71,5	
Mittel		2,528		1,956		1,833		2,041		2,574		
bezogen auf Optimum = 1,8 sek/cm		40,5 vH		8,5 vH		1,5 vH		13,5 vH		43 vH		
Zuwachs zum Optimum												

Wie Abb. 6a zeigt, ist auch bezüglich der Höhe des Greifortes ein Optimum vorhanden, und zwar bei Z = 0. Dieses Optimum ist aber dadurch bedingt, daß die tatsächliche Greifentfernung die Hypotenuse zu Höhe und Greifradius ist und also bei konstantem Greifradius mit der Höhe anwächst.

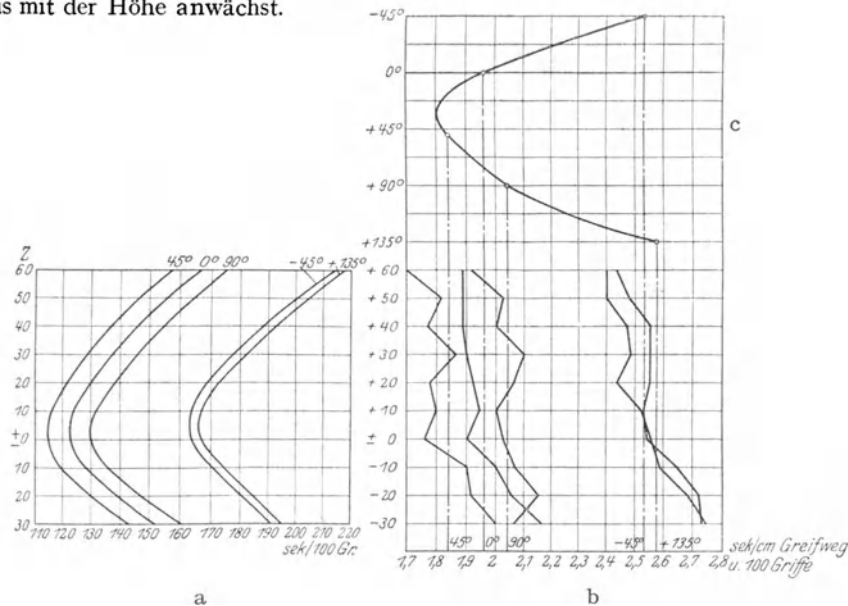


Abb. 6. Zeit/100 Griffe = f (Höhe) für verschiedene Richtungswinkel (radiale Greifentfernung R = konstant).

Rechnet man die Werte von Abb. 6 dementsprechend auf konstanten tatsächlichen Greifweg um, so erhält man die daneben gezeichneten Kurven b (Zeit/100 Griffe und 1 cm Greifweg), welche zeigen, daß für tatsächlich konstante Greifentfernung die Höhe des Greifortes kein deutlich ausgeprägtes rein zeitliches Optimum bedingt. — (Zu beachten dagegen: Einfluß der Höhe des Greifortes auf die auftretende Ermüdung, siehe Abschnitt Nr. 7a). —



Die umgerechneten Kurven liegen sämtlich für positives Z unter, für negatives Z über ihrem Durchschnittswert. Nach den bei den Versuchen gemachten Beobachtungen dürfte dies daher rühren, daß die V.-P. bei diesen Versuchen schon die Unbequemlichkeit des „Nach oben

**Tafel 2.** Prozentualer Zuwachs zur minimalen Griffzeit für verschiedene Griffrichtungswinkel, Höhen und radiale Greifentfernungen.

Z	R	-45°	0°	+45°	+90°	+135°
+60	45	8,5	1,5	0	10	21
	65	12,5	8	1,5	12	38
+0	45	47	8,5	8,5	46	90
	65	36	11	1,5	30	45
	85	28	10	1	22	43
-25	45	24	3,5	3	17,5	40
	65	23,5	4	6	24	46
	85	23	3	3,5	12,5	25
Mittel		25,2 vH	6,2 vH	3,1 vH	21,8 vH	43,5 vH

Greifens“ spürt und sich bei den Griffen darum unbequ岸t etwas beeilt. Die Mittelwerte der auf konstante Greifentfernung bezogenen Kurven sind sinngemäß nach oben projiziert und ergeben damit die Kurve c: Mittlere Zeit/cm Greifweg und 100 Griffe = f (Winkel).

Aus den Kurven der Abb. 3, 4 und 5, Zeit/100 Griffe in Abhängigkeit vom

Richtungswinkel bei veränderlicher radialer Entfernung und verschiedener Höhe des Greifortes, konnte nun der mittlere prozentuale Zuwachs zur minimalen Griffzeit in Abhängigkeit vom Winkel ermittelt werden, was auf der Zusammenstellung zu Nr. 3, 4, 5 geschehen ist. Es wurde ein mittlerer prozentualer Zuwachs zu der kleinsten Griffzeit unter dem optimalen Winkel festgestellt:

$$\frac{-45^\circ}{25,2 \text{ vH}} \quad \frac{0^\circ}{6,2 \text{ vH}} \quad \frac{+45^\circ}{3,1 \text{ vH}} \quad \frac{+90^\circ}{21,8 \text{ vH}} \quad \frac{+135^\circ}{43,5 \text{ vH}}$$

Aus den Kontrollwerten der Abb. 9 wurde ebenfalls der dort erhaltene mittlere prozentuale Zuwachs zu der Minimalgriffzeit zusammengestellt:

$$\frac{-45^\circ}{40,5 \text{ vH}} \quad \frac{0^\circ}{8,5 \text{ vH}} \quad \frac{+45^\circ}{1,5 \text{ vH}} \quad \frac{+90^\circ}{13,5 \text{ vH}} \quad \frac{+135^\circ}{43 \text{ vH}}$$

Das Mittel aus beiden Versuchsreihen wurde in Abb. 7 aufgetragen als:

Mittleres prozentuales Anwachsen der Griffzeit in Abhängigkeit vom Griffrichtungswinkel.

Diese Anwachswerte der Griffzeit können für die Rationalisierungsvorausberechnung einen gewissen rechnerischen Anhalt bieten.

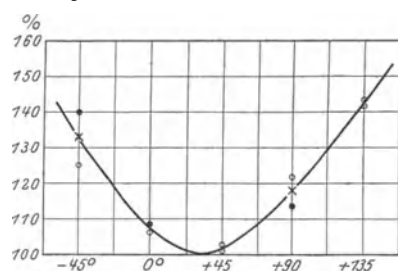


Abb. 7. Mittleres prozentuales Anwachsen der Griffzeit in Abhängigkeit vom Winkel.

(Linien gleicher Griffzeiten) die 130 sek-Linie bei 0° die Entfernung 65 cm vom Mittelpunkt haben, beim Winkel -15° z. B. etwa die Entfernung 56 cm und so fort.

So ergaben sich die Abb. 8 und 9, je einen wagerechten Schnitt durch das Griffeld darstellend, mit eingezeichneten Linien gleicher Griffzeiten (auf den rechten Arm bezogen).

Diese Blätter geben einen Anhalt und einen Überblick, wie man in einer Werkstatt etwa eine Tischplatte oder dergl. am griffgünstigsten ausnützen kann.

(Weitere Kontrollen dieser Werte siehe Abschnitt 6a und b und Kontrollversuche an der T. H. Bln.)

Um nun einmal ein übersichtlich anschauliches Bild von der „Griffgünstigkeit“ der rings um den Arbeiter liegenden Greiforte zu erhalten, wurden aus den unmittelbar durch Versuche gewonnenen Kurvenscharen der Abb. 3, 4 und 5 jetzt auf Polarkoordinaten einmal die „Linien gleicher Griffzeiten“ herausgezeichnet. Dies geschah auf folgende Weise:

Aus Abb. 3 z. B. ist ersichtlich, daß bei dem Winkel von 0° die 130 sek-Linie die Kurve für 65 cm radiale Entfernung schneidet, also muß in Abb. 8

(Linien gleicher Griffzeiten) die 130 sek-Linie bei 0° die Entfernung 65 cm vom Mittelpunkt haben, beim Winkel -15° z. B. etwa die Entfernung 56 cm und so fort.

## 6. Versuche mit Greifen nach elektrischen Kontakten.

Bei all diesen Versuchen, bei denen die V.-P. eiserne Unterlegscheiben aufzugreifen und wieder wegzubauen hatte, war, wie schon zu Anfang bemerkt, eine gewisse Fingergreifbewegung nicht zu umgehen. Um nun die „möglichst reine Armrichtungsbewegung“ unter möglichster Ausschaltung oder Reduzierung der Fingergreifbewegungen und der damit bedingten Beeinflussung der Griffzeiten studieren zu können, wurde eine neue Versuchsanordnung gewählt, deren Grundgedanke zwar der gleiche war, wie vorher, nur ergriff die V.-P. keine Gegenstände sondern am Ausgangspunkt der Hand ( $Z = 0$ , Winkel  $= 0^\circ$ , radiale Entfernung vom Mittelpunkt  $=$  etwa 25 cm) und an dem betreffenden Greifort waren elektrische Kontakte angeordnet, deren Berühren, bzw. Zusammendrücken eine Klingel bzw. einen Zähler betätigte. Statt also die Unterlegscheiben mit den Fingern aufzugreifen, was mitunter zu Störungen durch Ungeschicklichkeit der Finger Anlaß gab und das Bild der Griffzeiten trübte, mußten jetzt nur die Kontakte betätigt werden. Damit ergab sich auch leicht die Möglichkeit, eine bestimmte Art des Greifens festzulegen, je nach Bauart der Kontakte, z. B.: fast reine Armrichtungsbewegung bei Kontakten, auf die nur mit dem Finger oder der Hand getippt zu werden brauchte, etwas Fingergreifbewegung bei Kontakten, die leicht mit zwei Fingern zusammengedrückt werden mußten, Zielgreifen bei Kontakten, bei denen ein Stift durch eine enge Öffnung geführt werden mußte, um den Kontakt zu betätigen usw. Es war zu erwarten und ergab sich auch tatsächlich, daß durch die Verminderung der Fingergreifarbeit erstens die Zeit/Griff erheblich sank und zweitens die Ergebnisse weniger durch Ungeschicklichkeit der Finger beeinflußt wurden, so daß es genügte, statt wie bei den Greifversuchen nach Unterlegscheiben die Zeit/100 Griffe, nur die Zeit/10 Griffe zu messen.

Die Versuchseinrichtung selbst ergab sich aus der im Abschnitt 2 gegebenen Zerlegung eines Griffes und der Einführung eines Zylinderkoordinatensystems: In eine große wagerechte Platte, auf welche ein Polarkoordinatensystem gezeichnet war, wurden an den zu untersuchenden Punkten (Winkel von je  $11\frac{1}{4}^\circ$ , Radius von 10 zu 10 cm) Löcher gebohrt. In diese Löcher wurden senkrecht Stäbe gesteckt, die oben den Kontaktkopf trugen. Diese Stäbe konnten in ihrer herausragenden Länge verstellbar und damit die Höhe  $Z$  des Kontaktes festgelegt werden. Zu jedem Versuch wurde also zunächst mit Hilfe eines Stabes der erste Kontakt für die Handausgangslage eingestellt auf: Winkel  $= 0^\circ$ , radiale Entfernung  $=$  25 cm,

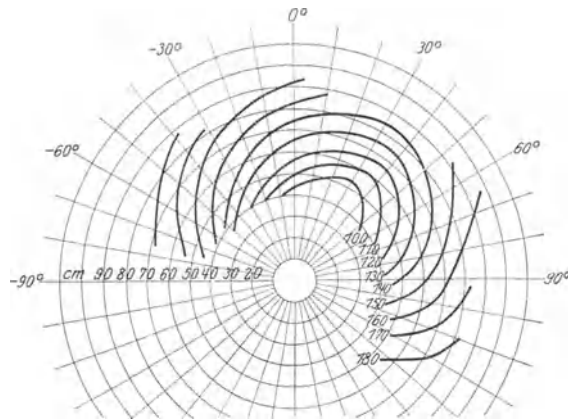


Abb. 8. Linien gleicher Griffzeiten ( $Z = 0$ ).

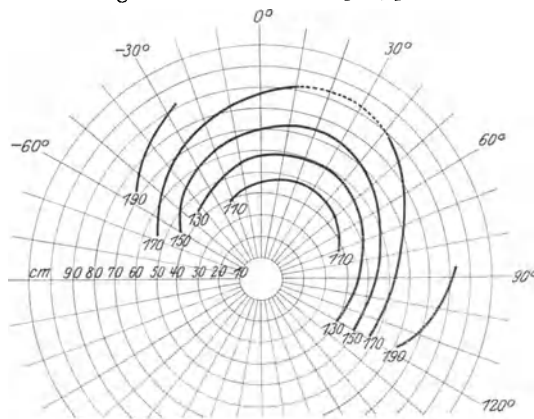


Abb. 9. Linien gleicher Griffzeiten ( $Z = -25$ ).

Höhe  $Z = 0$ , d. h. etwa in Magenhöhe, Ellenbogengelenk des senkrecht herabhängenden Armes rechtwinklig gebeugt. Dann wurde der zweite Stab mit dem anderen Kontakt für den „Greifort“ unter dem zu untersuchenden Greifrichtungswinkel in das Loch für die radiale Entfernung  $R = 60$  cm gesteckt und die gewünschte Höhe eingestellt. Die V.-P. stand bei den Versuchen in einem Ausschnitt der Platte von 40 cm, so daß ihre Körperlängsachse mit der Z-Achse unseres Zylinderkoordinatensystems zusammenfiel, Füße geschlossen und parallel nach vorn gerichtet. Die nicht greifende Hand faßte während der Versuche den Kontakt für die Handausgangslage an, um eine unbeabsichtigte Zuhilfenahme des Körpers beim Greifen dadurch zu erschweren. Es wurden die Zeit/10 Griffe, welche im schnellstmöglichen Tempo von der V.-P. ausgeführt werden mußten, gemessen. Die Versuche wurden abwechselnd mit der rechten und mit der linken Hand ausgeführt, die Ergebnisse wieder gemittelt und für die rechte Hand gezeichnet, eingetragen.

a) Die ersten Versuche wurden mit ganz einfachen Kontakten angestellt, die nur berührt zu werden brauchten, also keine eigentliche Fingerarbeit erforderten. Die Ergebnisse dieser Versuche (V.-P. Lehrling Adl. . . , geb. 1912, 1,40 m groß, schwächlich) sind in Abb. 10 veranschaulicht, für  $Z = +30$  und  $-20$ . Das Griffzeitoptimum ist

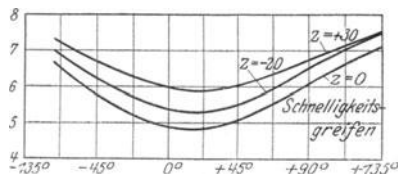


Abb. 10. Schnelligkeitsgreifen.

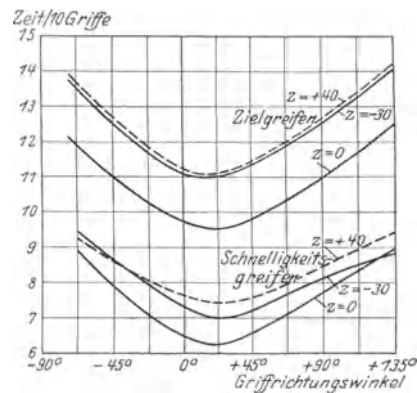


Abb. 11. Schnelligkeits- und Zielgreifen.

deutlich bei etwa  $20^\circ$  wieder zu sehen. Aus den Kurven wurde wieder der prozentuale Griffzeitzuwachs zur Minimalzeit errechnet und ergab:

	$-45^\circ$	$0^\circ$	$+45^\circ$	$+90^\circ$	$+135^\circ$	
	15 vH	3,5 vH	4 vH	16,5 vH	31 vH	$Z = +30$ cm
	20 vH	1 vH	5 vH	25 vH	47 vH	$Z = 0$ cm
	17 vH	2 vH	4 vH	24 vH	42 vH	$Z = -20$ cm
Mittel	17,3 vH	2,2 vH	4,3 vH	22 vH	40 vH	

Jetzt wurden die gleichen Versuche mit einer anderen V.-P. wiederholt. (V.-P. Her . . . , geb. 1912, 1,54 m groß.) Außerdem wurden andere Kontakte verwandt, welche leicht mit den Fingern zusammengedrückt werden mußten, daher also etwas Fingerarbeit erforderten. Es war demnach zu erwarten, und wurde auch durch den Versuch bestätigt, daß jetzt die Zeit/10 Griffe größer werden würde, als vorher bei fast reiner Armrichtungsbewegung. Aus den in Abb. 11 aufgezeichneten Versuchsergebnissen dieses Schnelligkeitsgreifens für die Höhe  $Z = +40,0$  und  $-30$  cm wurde wieder der prozentuale Zuwachs zur jeweiligen Minimalzeit in Abhängigkeit vom Winkel errechnet und ergab:

	$-45^\circ$	$0^\circ$	$+45^\circ$	$+90^\circ$	$+135^\circ$	
	15,5 vH	2,5 vH	2,5 vH	14 vH	28 vH	$Z = +40$ cm
	24,5 vH	4 vH	5,5 vH	24 vH	44 vH	$Z = 0$ cm
	22 vH	5 vH	3,5 vH	16 vH	30 vH	$Z = -30$ cm
Mittel	20,7 vH	3,8 vH	3,8 vH	18 vH	34 vH	

Um nun einmal den Einfluß des „Zielens“ auf die Griffzeit untersuchen zu können, wurde jetzt am Greifort ein Kontakt verwendet, welcher eine etwa mit 8 mm Durchmesser gelochte Platte trug. Durch dieses Loch hindurch mußte bei jedem „Griff“ mit einem Stift von etwa 5 mm  $\phi$  der Kontakt gedrückt werden. Beim Kontakt an der Handausgangslage war keine Lochzielplatte, sondern eine einfache Kontaktplatte, die mit dem Stift gedrückt wurde, aufgesetzt. Die Versuche wurden in der gleichen Weise wie vorher angestellt. (V.-P. Her. . .)

Die Ergebnisse sind ebenfalls in Abb. 11 eingetragen und zeigen folgenden prozentualen Zuwachs zur jeweils kleinsten Griffzeit:

	- 45°	0°	+ 45°	+ 90°	+ 135°	
	14 vH	1 vH	2,5 vH	13 vH	29 vH	Z = + 40 cm
	16 vH	2 vH	2 vH	16 vH	32 vH	Z = 0 cm
	14 vH	1 vH	2,5 vH	14 vH	28 vH	Z = - 30 cm
Mittel	14,7 vH	1,3 vH	2,3 vH	14,3 vH	29,7 vH	

Aus dem parallelen Verlauf der Kurven für Zielgreifen und für Schnelligkeitsgreifen (beide von der V.-P. Her. . .) kann man schließen, daß für ein „Zielen“ beim Greifen ein vom Griffrichtungswinkel unabhängiger Zuwachs zur Griffzeit ohne Zielen anzusetzen ist.

(Die Zielsicherheit dagegen ist vom Richtungswinkel abhängig, siehe Mechanisierungsversuche im Abschnitt 8.)

Infolge des konstanten Zuwachses für das Zielen muß der Einfluß des Greifrichtungswinkels auf den mittleren prozentualen Griffzeitzuwachs geringer werden, was die Werte bestätigen.

Zur Kontrolle werden die gleichen Versuche mit Unterteilung des Greifraumes in senkrechte Ebenen für verschiedene Greifrichtungswinkel angestellt und die Ergebnisse wieder auf gleiche tatsächliche Greifentfernung umgerechnet, wobei wieder festgestellt werden konnte,

**Tafel 3.** Zielgreifversuche nach elektrischen Kontakten bei senkrechter Unterteilung des Greifraumes. (Vp. Her. . . .) Zusammenstellung des mittleren prozentualen Zuwachses der Griffzeit.

Z	- 45°		0°		+ 45°		+ 90°		+ 135°		Tatsächliche Greifentfernung bei R=60 cm
	cm	sek/10 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/10 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/10 Griffe	sek/cm Greifweg	sek/10 Griffe	sek/cm Greifweg		
+ 40	14,35	1,99	13,3/14,1	1,85/1,96	13,4	1,86	14,9	2,07	15,45	2,14	72
+ 30	13,8	2,06	12,6/13,1	1,88/1,96	12,4	1,85	13,9	2,08	14,7	2,2	67
+ 20	13,6	2,15	11,9/13,3	1,88/2,10	12	1,90	13,2	2,09	14,55	2,3	63,3
+ 10	12,4	2,04	10,7/12,4	1,76/2,04	11,65	1,92	12,95	2,13	14,45	2,38	61
0	12,5	2,08	10,95/12,5	1,81/2,08	11,35	1,89	12,85	2,14	14	2,33	60
- 10	13,2	2,17	11,7/12,8	1,92/2,1	11,75	1,93	12,65	2,08	14,2	2,33	61
- 20	14,05	2,22	12,3/13	1,94/2,05	12,7	2	14	2,21	15,65	2,47	63,3
- 30	15,45	2,31	13,3/14,4	1,99/2,16	13,4	2	14,15	2,11	15,65	2,34	67
Mittel		2,13	12,1/13,2	1,88/2,06		1,92		2,12		2,32	
bezogen auf Optimum = 1,84 sek/cm		15 vH		2 vH		4 vH		15 vH		26 vH	
		Zuwachs zum Optimum									

daß die umgerechneten Werte für positives Z unter, für negatives Z über dem Durchschnittswert liegen, und dann der mittlere prozentuale Griffzeitzuwachs zur Minimalzeit ermittelt. Es ergab sich:

	- 45°	0°	+ 45°	+ 90°	+ 135°	
	15 vH	2 vH	4 vH	15 vH	26 vH	} Versuch mit senkrechter Unterteilung des Greifraumes wagerechte Unterteilung
	14,5 vH	1,3 vH	2,3 vH	14,3 vH	29,7 vH	
Mittel rund	15 vH	1,7 vH	3,2 vH	14,6 vH	28 vH	

Die Kurve (Abb. 12) des mittleren prozentualen Griffzeitwachses für Zielgreifen verläuft bedeutend flacher, als die für das Greifen nach Unterlegscheiben oder nach einfachen elektrischen Kontakten. Sonst aber ist der Charakter der gleiche und auch das Optimum liegt etwa an der gleichen Stelle. Dadurch wird die Annahme eines vom Greifrichtungswinkel unabhängigen Griffzeitwachses für „Zielen“ gerechtfertigt. Auch hier wurde kein deutliches Griffzeitoptimum abhängig von der Höhe des Greifortes bei gleicher tatsächlicher Greifentfernung festgestellt.

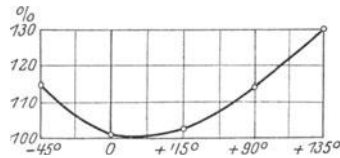


Abb. 12. Mittl. prozentuales Anwachsen der Griffzeit beim Zielgreifen in Abhängigkeit vom Winkel.

b) Bei diesen Versuchen gelang es gleichzeitig, den Einfluß der Übung auf die Griffzeit festzustellen. Wurden z. B. die Versuche, Ermittlung der Zeit/10 Griffe in Abhängigkeit vom Richtungswinkel für eine bestimmte Höhe der Greifebene, nach etlichen 100 Griffen für die gleichen Bedingungen wiederholt, so zeigte sich eine Verminderung aller Werte um annähernd den gleichen Betrag unabhängig vom Winkel, d. h. die Kurve senkte sich nur, blieb aber annähernd parallel zu der unter gleichen Bedingungen aber mit geringerer Übung aufgenommen, wie dies in Abb. 13 bis 16

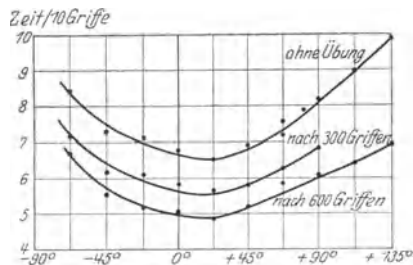


Abb. 13. Einfluß der Einübung auf die Zeit/10 Griffe in Abhängigkeit vom Winkel für verschiedene Höhen ( $Z = 0$ ).

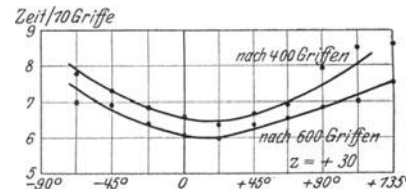


Abb. 14. Einfluß der Einübung auf die Zeit/10 Griffe in Abhängigkeit vom Winkel für verschiedene Höhen ( $Z = +30$ ).

zum Ausdruck kommt. Die gleiche Erscheinung war schon bei den ersten Greifversuchen nach Unterlegscheiben beobachtet worden, konnte aber wegen der dort nötigen großen An-

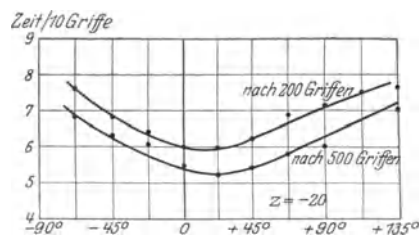


Abb. 15. Einfluß der Einübung auf die Zeit/10 Griffe in Abhängigkeit vom Winkel für verschiedene Höhen ( $Z = -20$ ).

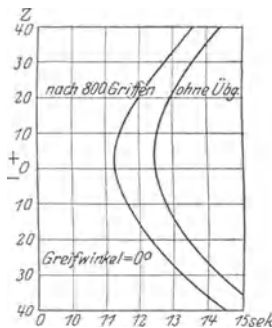


Abb. 16. Übungseinfluß beim Zielgreifen.

zahl Griffen nicht im Bilde festgehalten werden, weil sich vor Erreichung einer gewissen Übungskonstanz der Einübungszustand während der Versuche selbst beträchtlich änderte. (Für jede Kurve waren beim Greifen nach Scheiben etwa 2800 Griffen nötig, beim Kontaktgreifen kaum ein Zehntel davon.)

Aus den Beobachtungen hätte man auch entnehmen können, daß die durch Übung eintretende Verringerung der Griffzeit auch von der Höhe des Greifortes annähernd unabhängig

ist, doch wird hier wieder das klare Bild durch die Unbequemlichkeit des „Nach oben Greifens“ getrübt.

Es lag nun nahe, die Einflüsse ähnlicher bzw. entgegengesetzter Zustände auf die Griffzeit zu untersuchen, z. B. welchen Einfluß das Gewicht der Werkstücke auf die Griffzeit hat. Um nun Störungen infolge der durch ein schweres Werkstück erschwerten Fingergreifbewegungen möglichst zu vermeiden, wurde nur das Handgelenk des greifenden Armes der V.-P. durch einen herumgewickelten Walzbleistreifen mit 1 bzw. 2 kg belastet und dann die Versuche wie vorher ausgeführt. Damit konnte der Einfluß des Gewichts auf die Armrichtungsbewegung ermittelt werden. Ferner war anzunehmen, daß sich der Einfluß eines bestehenden Ermüdungszustandes ähnlich äußern würde, wie der der Belastung. Die dementsprechend angestellten Versuche bestätigten dies. Es wurde fast genaues Parallellaufen der Kurven gefunden für: unbelasteten Zustand, 1 kg Belastung, 2 kg Belastung, nicht ermüdet, ermüdet aber mit Anreiz, ermüdet aber ohne Anreiz.

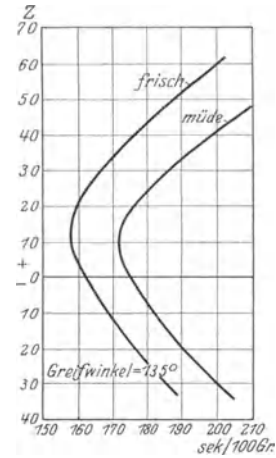


Abb. 17. Einfluß von Ermüdungszustand auf Griffzeit.

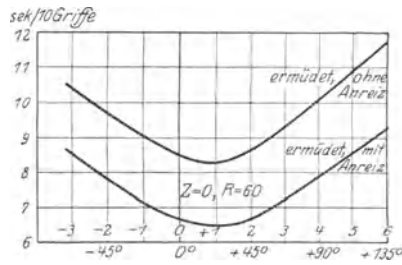


Abb. 18. Einfluß eines Anreizes auf die Griffzeit.

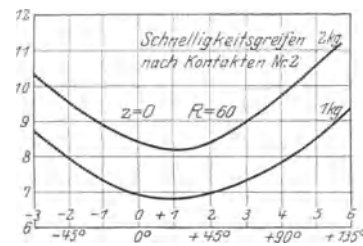


Abb. 19. Einfluß von Belastung auf die Griffzeit.

### 7. Ermüdung in Abhängigkeit von Höhe und Richtungswinkel.

Der Einfluß eines Ermüdungszustandes darf nicht mit der beim Greifen auftretenden Ermüdung verwechselt werden. Diese Ermüdung ist vom Greifrichtungswinkel und der Greiforthöhe nicht unabhängig. Aufschluß darüber geben folgende Versuche:

Um die Ermattung zu beschleunigen, wurde das Handgelenk der V.-P. mit einem Walzbleistreifen von 1 kg Gewicht umwunden. Nun mußte die V.-P. in möglichst scharfem Tempo die schon im Abschnitt 4 beschriebenen Griffe nach den eisernen Unterlegscheiben ausführen, bis der Arm, völlig ermattet, den Dienst versagte. Die Anzahl der ausgeführten Griffe gab ein Maß für die Ermüdungsgünstigkeit des betreffenden Greifortes. Am gleichen Tage wurde mit der gleichen V.-P. immer nur ein Wert rechts und ein Wert links gewonnen und das Mittel daraus genommen. Da in den vorherigen Versuchen sich der störende Einfluß des unbequemen „Nach oben Greifens“ schon bemerkbar gemacht hatte, so wurde jetzt hauptsächlich Wert auf die Ermittlung des Einflusses der Greifhöhe auf die Armermüdung gelegt.

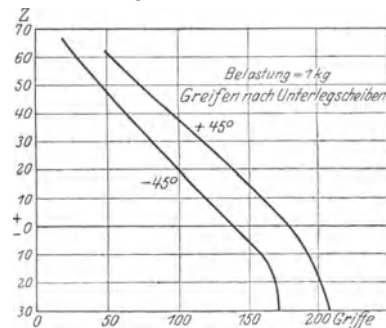


Abb. 20. Zahl der Griffe bis zur Ermüdung.

(V.-P. Lehrling Weid. . . , radiale Greifentfernung = 65 cm, Greifrichtungswinkel  $+45^\circ$  und dann  $-45^\circ$ , Belastung = 1 kg.) Die Ergebnisse sind in Abb. 20 dargestellt.

Hier ist deutlich ersichtlich, einen wie starken Einfluß die Höhe des Greifortes auf die auftretende Ermüdung hat. Dies wurde auch durch Beobachtungen an Lehrlingen im Betriebe bestätigt. Hatte der Lehrling während der Arbeit viel „nach oben greifen“ müssen, so äußerte sich dieses bei kurz vor Feierabend vorgenommenen Greifversuchen in einem deutlich merkbaren Höherliegen sämtlicher Werte, während sonst gegen Schluß der Arbeitszeit ein Ermüdungszustand nicht so deutlich wahrnehmbar war (vgl. Abb. 17).

Um nun den Einfluß des Greifrichtungswinkels auf die auftretende Ermüdung zu ermitteln, wurden folgende Versuche angestellt: Das Handgelenk der V.-P. wurde mit 2 kg belastet. Die Greiforthöhe wurde auf  $Z = +30$  cm eingestellt. Die V.-P. mußte nun möglichst schnell, ähnlich den Greifversuchen in Abschnitt 6, ein „Zielgreifen“ nach elektrischen Kontakten ausführen, bis der Arm ermattete. Dann wurde eine Minute Pause gemacht und der gleiche Versuch stets nach dem Greifort zu  $= +30/22,5^\circ$ ,  $R = 60$  cm zur Kontrolle wiederholt. Aus der Anzahl der Griffe, die die V.-P. trotz der im ersten Versuch erzeugten Ermattung nach einer Minute Erholung wieder nach dem Kontrollpunkt auszuführen imstande war, konnte man deutlich schließen, ob sich die V.-P. im ersten Versuch tatsächlich bis zur Ermattung beansprucht, oder etwas geschont hatte, und danach die erhaltenen Werte beurteilen. Die Ergebnisse der mit der V.-P., Mer. . . . , angestellten Ermüdungsversuche sind in Abb. 19 aufgezeichnet. Es ergab sich ein Ermüdungsminimum, welches etwa an gleicher Stelle liegt, wie das reine Griffzeitoptimum.

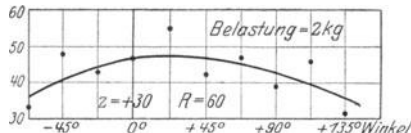


Abb. 21. Zahl der Griffe bis zur Ermattung (Belastung 2 kg) f (Winkel).

Die Ergebnisse der mit der V.-P., Mer. . . . , angestellten Ermüdungsversuche sind in Abb. 19 aufgezeichnet. Es ergab sich ein Ermüdungsminimum, welches etwa an gleicher Stelle liegt, wie das reine Griffzeitoptimum.

## 8. Mechanisierungsgünstigkeit in Abhängigkeit von Richtung und Höhe des Greifortes.

Bei einem vollkommen mechanisierten Griff wird weder Armrichtungs- noch Fingergreifbewegung von der Aufmerksamkeit gesteuert. Bei möglicher Ausschaltung der Fingergreifbewegung wäre demnach die mechanische Steuerung der Armrichtungsbewegung, d. h. die Zielsicherheit der Armrichtungsbewegung nach verschiedenen Greiforten zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde folgende Versuchsanordnung gewählt: Die V.-P. hatte vor sich (auf dem Punkt  $0^\circ$ ,  $Z = 0$ ,  $R = 25$ ) ein Stempelkissen, in der den Griff ausführenden Hand einen kleinen Stempel. Nach genügender Einübung mußte nun die V.-P. mit verbundenen Augen nach dem zu untersuchenden Greifort stempeln, den Stempel wieder anfeuchten, stempeln usw. 100 mal. Die Versuche wurden im Zwangstempo (1 sek/Griff) und in freige-wähltem Tempo ausgeführt, die radiale Greifentfernung  $R = 65$  cm und die Greifhöhe  $Z = 0$  konstant gehalten. Die Greifrichtungswinkel wurden verändert,  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $+135^\circ$ . Die Auswertung des Treffergebnisses geschah willkürlich so, daß alle Stempelabdrücke innerhalb eines Kreises von 5 cm  $\Phi$  als richtig, die noch in einen Kreis von 10 cm  $\Phi$  fallenden als  $\frac{1}{2}$  und die außerhalb liegenden als Fehler gerechnet wurden.

Es ergaben sich als Mittelwerte der rechten und linken Hand, freies und Zwangstempo, bei der V.-P. W. . . . :

Trefferprozent.					Greifrichtungswinkel
$-45^\circ$	$0^\circ$	$+45^\circ$	$+90^\circ$	$+135^\circ$	
81 vH	84 vH	76 vH	73 vH	33 vH	Treffer.

Jetzt wurden zur Kontrolle die gleichen Versuche mit einer anderen Versuchsanordnung, und einer anderen V.-P. angestellt.

Die V.-P. erhielt statt des Stempels einen Kontaktstift in die Hand, am Greifort war eine Messingplatte von 4 cm  $\Phi$  wagerecht befestigt. Traf die V.-P. mit dem Kontaktstift die Platte, so rückte der entsprechend eingeschaltete elektrische Zähler eine Ziffer weiter. Nach genügender Einübung mußte die V.-P. mit verbundenen Augen die „Griffe“ mit dem Kontaktstift nach der Messingplatte ausführen, und zwar 100 mal, so daß die Trefferprozente sofort vom Zähler abgelesen wurden. Bei diesen Versuchen mit verbundenen Augen war es recht auffallend, wie hauptsächlich bei den vom Optimum relativ weit entfernten Richtungswinkeln die Armrichtungsbewegung sich automatisch dem Optimum zu nähern bestrebt war. Z. B. beim Stempeln nach dem Richtungswinkel von  $90^\circ$  fielen die letzten Stempelabdrücke von den 100 etwa unter den Winkel von  $50^\circ$ . Bei den Stempelversuchen fühlte die V.-P. nicht, ob sie das Ziel getroffen hatte oder nicht, die Stempelabdrücke wanderten allmählich in Richtung auf den Optimalwinkel und eine Korrektur war der V.-P. nicht möglich. Beim Kontaktversuch war dagegen der V.-P. nach dreimaligem Verfehlen des Messingplättchens ein Neuaufsuchen der Richtung gestattet. Daher ist trotz verschiedener Auswertung (alle Nichttreffer in das Metallplättchen von 4 cm  $\Phi$  zählen als Fehler) doch eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Stempelversuche erklärlich.

Jetzt wurde eine Versuchsanordnung gewählt, die sich mehr den Bedingungen der Praxis nähert. Anstatt die V.-P. mit verbundenen Augen greifen zu lassen, wurde die Aufmerksamkeit der V.-P. durch eine mit der nicht greifenden Hand möglichst schnell auszuführende Sortierarbeit abgelenkt. Mit der linken Hand z. B. mußte die V.-P. 100 untereinander gemischte gleiche Messing- und Eisenschrauben einzeln sortieren und in zwei Öffnungen fallen lassen, während mit der rechten Hand die Griffe möglichst mechanisch auszuführen waren. Es wurde solange gegriffen, bis die 100 Schrauben sortiert waren, und die Zeit und die Griffzahl gemessen. Der Quotient Griffe/Zeit dürfte als ein Maß für die Mechanisierungsgünstigkeit des betreffenden Greifrichtungswinkels angesehen werden können; denn die zu leistende Sortierarbeit blieb ja in allen Fällen konstant. Je weniger das Greifen die Aufmerksamkeit vom Sortieren abzog, desto kleiner wurde die Zeit/100 Schrauben sortieren, desto mechanisierungsgünstiger der Griffrichtungswinkel, und je weniger Griffe während der Sortierarbeit ausgeführt werden konnten, desto mechanisierungsungünstiger der Winkel. Diese Versuche setzten ebenfalls eine Einübung bis zu einer gewissen Leistungskonstanz unbedingt voraus. Die Ergebnisse sind in Abb. 22, Versuche mit der V.-P. V. . . . eingetragen.

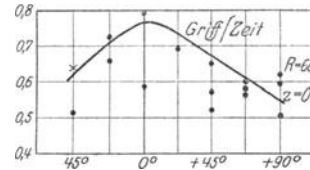


Abb. 22. Mechanisierungsgünstigkeit.

Vergleicht man die Ergebnisse der Versuche mit verbundenen Augen und der mit Aufmerksamkeitsablenkung durch Sortierarbeit miteinander, so findet man eine gute Übereinstimmung des Charakters der Kurve für die Mechanisierungsgünstigkeit in Abhängigkeit vom Griffrichtungswinkel, beide Male liegt ein ziemlich deutlich ausgeprägtes Mechanisierungsoptimum bei dem Winkel  $0^\circ$ , d. h. direkt vor dem Körper.

Zwecks Ermittlung der Mechanisierungsgünstigkeit in Abhängigkeit von der Greifhöhe wurden nun die Versuche: Treffer mit verbundenen Augen sowie die Versuche mit der Aufmerksamkeitsablenkung unter Konstanthaltung des Winkels für verschiedene Höhen des Greifortes durchgeführt. Die Versuche ergaben ein etwa in der Höhe  $-10$  bis  $+30$  liegendes durchaus nicht scharf ausgeprägtes Optimum.

Bei den Versuchen, bei welchen die V.-P. mit verbundenen Augen das Messingplättchen treffen mußte, war es sehr deutlich zu sehen, wie die Anschläge immer bestrebt waren, sich der Greifebenenhöhe  $Z = 0$  zu nähern, besonders bei hoch liegendem Greifort.

Zusammenfassend darf man aus den Versuchsergebnissen schließen, daß eine Mechanisierung der Armrichtungsbewegung praktisch wohl nur innerhalb der Greifrichtungswinkel



von  $-45^\circ$  und  $+90^\circ$ , mit einem Optimum bei  $0^\circ$ , und einer Höhe des Greifortes von  $Z = -20$  bis  $Z = +40$  in Frage kommt, wenn man aus ihr einen merkbaren Vorteil beim Greifen erhofft.

### 9. Mechanisierungsgünstigkeit von Griffolgen.

Innerhalb dieses Greifraumes mußte nun der Einfluß der Mechanisierung näher untersucht werden, um Zahlenwerte für eine Vorausberechnung zu erhalten. Bei einer vollständigen Mechanisierung der Greifbewegung dürfte theoretisch die Zeit/Griff auch bei vollkommener Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Greifen nicht steigen. In Wirklichkeit ist aber bei Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Greifen stets ein kleinerer oder größerer Zuwachs zur Griffzeit ohne Ablenkung nachzuweisen, der eben anzeigt, daß die „Mechanisierung“ noch nicht „vollkommen“ ist und uns, wenn man von der Beeinflussung des Arbeitstempos durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit an und für sich absehen will, als ein „Maß der Mechanisierung“ dienen könnte, wenn die Größe der Aufmerksamkeitsablenkung stets konstant gehalten wird. Ist die Zeit/Griff bei vollkommener Ablenkung der Aufmerksamkeit, gleich der Zeit/Griff ohne Ablenkung, so könnte man von einer 100 vH Mechanisierung sprechen, demnach bei doppelter Zeit/Griff von 50 vH, bei dreifacher Zeit/Griff von 33,33 vH, bei praktisch unendlich vielfacher Zeit von 0 vH Mechanisierung.

Durch die Versuche sollten Mittelwerte für Mechanisierung bei festem Greifort in Abhängigkeit vom Richtungswinkel gefunden werden, ferner für stetig wandernden Greifort und für unregelmäßig in der Reihenfolge aufzusuchenden Greifort, da dies den am meisten vorkommenden Greifbedingungen in der Werkstatt entspricht.

Zu diesem Zwecke wurde folgende Versuchsanordnung gewählt:

Am Greiftisch waren unter Konstanthaltung der Höhe  $Z = 0$  und der radialen Entfernung  $R = 60$  cm die Greiforte durch eingesteckte, oben abgerundete Holzstöpsel von 45 mm Höhe und 22 mm  $\varnothing$  markiert, und zwar für die Winkel:  $-45^\circ$ , — bis  $+90^\circ$  in Abständen von immer  $11,25^\circ$ . Die V.-P. mußte nun nach diesen Stöpseln die Griffe ausführen, wie vorher nach den elektrischen Kontakten. Nach genügender Einübung der V.-P. wurde zunächst durch Versuche die Zeit/Griff in Abhängigkeit vom Winkel ohne Aufmerksamkeitsablenkung als reines Schnelligkeitsgreifen ermittelt. (Die hier erhaltenen Werte bestätigten vollkommen die Versuchsergebnisse im Abschnitt 4, 5 und 6 betr. Griffzeitoptimum und mittlerem prozentualem Griffzeitzuwachs in Abhängigkeit vom Richtungswinkel.) Es zeigte sich dabei auch bei allen V.-P.n gute Übereinstimmung der absoluten Werte. Dann wurde die Zeit/Griff für „stetig wandernden Greifort“ ermittelt. Die V.-P. griff den ersten Griff z. B. nach dem Winkel  $= -45^\circ$ , den zweiten Griff nach dem Winkel  $= -33,75^\circ$ , den dritten nach  $-22,5^\circ$ , den vierten nach  $11,25^\circ$  und so fortwandernd bis  $+90^\circ$ , worauf sie wieder bei  $-45^\circ$  begann. Die Versuche wurden dann mit in entgegengesetztem Sinne laufendem Greifort gemacht, sowohl mit der rechten Hand als auch sinngemäß mit der linken, die Ergebnisse wurden gemittelt und, für die rechte Hand umgerechnet, eingetragen. Es ergab sich dabei die interessante Tatsache, daß die so erhaltene Zeit/Griff den gesamten arithmetischen Mittelwert aus den Zeiten für die verschiedenen Winkel darstellt, die in den vorhergehenden Versuchen gewonnen waren. Daraus kann gefolgert werden, daß es bei einer Nichtablenkung der Aufmerksamkeit vom Greifen, wenn also der Mann z. B. nicht während des einhändigen Greifens etwa Hilfsmaterial vorzubereiten oder andere Arbeit gleichzeitig, zeitlich überschneidend, auszuführen hat, rein für die Zeit/Griff nicht von Belang ist, ob der Mann stets nach demselben Greiforte greift, oder laufend weiter. Aus früheren Vorversuchen ergab sich sogar, daß selbst bei unstetig wanderndem Greifort, sofern die Wahl aber dem Manne überlassen ist und nicht erzwungen wird, keine wesentliche Erhöhung der Zeit/Griff gegenüber dem festen Greifort zu bemerken ist. Betreffs Entlastung der Aufmerksamkeit ist natürlich der feste Greifort immer überlegen. Dies veranlaßte zu Versuchen mit suchendem Greifen nach vorgeschriebenem unstetig wan-

derdem Greifort. Die einzelnen Greiforte waren außer der Reihe nummeriert, und trugen z. B. von  $-45^\circ$  bis  $+90^\circ$  folgende Zahlen:

8, 11, 3, 6, 13, 9, 1, 4, 12, 10, 2, 7, 5.

Die V.-P. mußte nun so schnell als möglich die Griffe nach den Greiforten in der Reihenfolge der ausgeschriebenen Zahlen ausführen. Jetzt ergab sich eine erhebliche Steigerung der Zeit/Griff, die je nach der Findigkeit der V.-P. etwas verschieden war, im Mittel etwa 250 vH der Zeit/Griff für stetig wandernden Greifort betrug.

Nun wurden die gleichen Versuche, aber mit möglichst vollkommener Ablenkung der Aufmerksamkeit vom Greifen angestellt. Diese nahezu vollkommene Ablenkung der Aufmerksamkeit wurde bei den in Frage kommenden V.-Pn. (Malerlehrlinge, Bildungsgrad nicht allzu hoch, so daß zum Vorlesen die ganze Aufmerksamkeit verwendet werden muß!) dadurch erreicht, daß neben dem Ort der Handausgangslage ein Buch lag, aus dem die V.-P. während des Greifens möglichst stotkungslos laut vorlesen mußte. Die Zeit für je 100 dabei ausgeführte Griffe wurde gemessen.

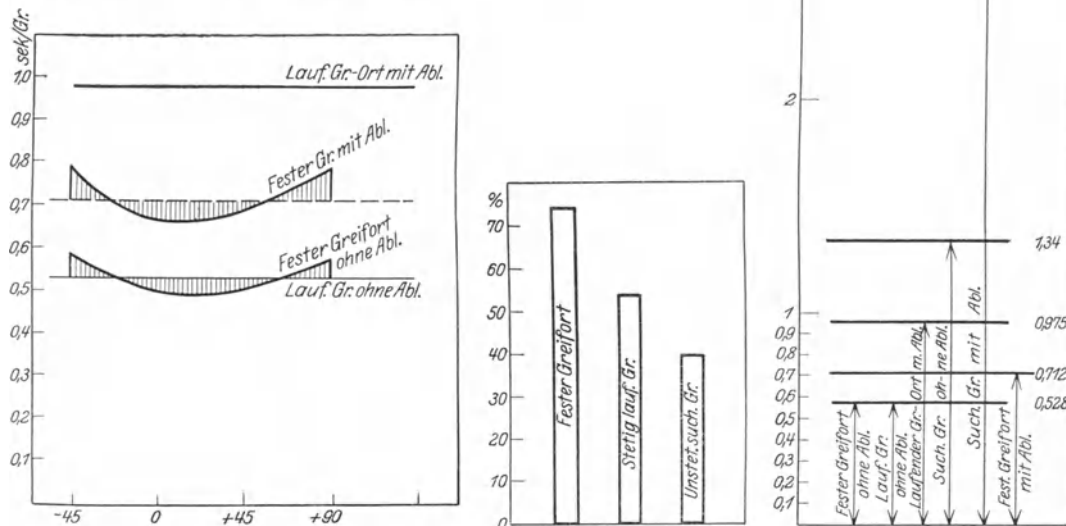


Abb. 23. Mechanisierungskurven.

Die Versuche wurden mit den V.-Pn.: Voigt..., Her..., Göp..., Heil..., Mer... angestellt. Die Ergebnisse wurden gemittelt und in Abb. 23 eingetragen. Siehe auch Tafel 4. Auch diese Versuche ergaben ein Mechanisierungsoptimum bei dem Richtungswinkel  $0^\circ$ . Bei Ablenkung der Aufmerksamkeit fiel sofort auf, daß der Wert: Zeit/Griff für stetig laufenden Greifort auf keinen Fall das arithmetische Mittel aus den Einzelwerten für jeden Winkel sein kann, wie es vorher ohne Ablenkung deutlich erschien. Jetzt trat die Überlegenheit des „Greifens nach immer derselben Stelle“ deutlich hervor. Beim Greifen nach immer demselben Ort wurde im Mittel eine Mechanisierung von 74,3 vH. bei stetig laufendem Greifort nur von 54,2 vH festgestellt. Das suchende Greifen nach ständig wechselndem Greifort gestattet natürlich nur eine ganz geringe Mechanisierung, die mit 40 vH gefunden wurde.

Zur Kontrolle wurden auch noch das vorher beschriebene Schraubensortieren als Aufmerksamkeitsablenkung anstatt des Vorlesens und statt der den Greifort markierenden Holzstöpsel tatsächliches Aufgreifen und wieder Hinlegen von Unterlegscheiben benutzt. Diese

Versuche ergaben, da sie ja mehr „Fingergreifarbeit“ erforderten, andere Werte für die Zeit/Griff. Das Verhältnis aber für die Zeit/Griff mit Ablenkung zu der ohne Ablenkung oder Zeit/Griff für stetig laufenden Greifort zu dem arithmetischen Mittel aus den Werten für feststehenden Greifort blieb für ein und dieselbe V.-P. fast genau das gleiche; z. B. V.-P. Her. . .

$$\frac{\text{Zeit/Griff für stetig laufenden Greifort mit Ablenkung}}{\text{Zeit/Griff für stetig laufenden Greifort ohne Ablenkung}} = \frac{1,76}{1,25} = 1,4$$

Aus Versuchen mit Schraubensortieren und Unterlegscheibengreifen.

**Tafel 4.** Mechanisierungsgreifversuche. Mittelwerte aus den Versuchen mit den Vpn. Voigt . . . , Her . . . , Göp. . . , Heil. . . , Mer. . . . Ablenkung = Lautvorlesen.

Greifrichtungswinkel	Zeit/Griff		Mechanisierungsmaß vH
	ohne Ablenkung	mit Ablenkung	
	sek/Griff	sek/Griff	
— 45	0,58	0,775	75
— 22,5	0,53	0,7	75,8
0	0,5	0,66	76
+ 22,5	0,49	0,66	74,2
+ 45	0,5	0,68	73,5
+ 67,5	0,53	0,73	72,5
+ 90	0,57	0,78	73
Arithmetisches Mittel. . . . .	0,528	0,712	74,3
Stetig laufender Greifort . . . .	0,528	0,975	54,2
Suchendes Greifen nach un- stetig wechselndem Greifort .	1,34	3,37	40

aus Versuchen mit Vorlesen.  
Die Größe dieses Verhältnisses hängt, wie wohl aus Eignungsprüfungen schon bekannt ist, von der Eignung der V.-P. zu „Zweihandarbeit“ oder „Mehrfachhandlung“ ab und könnte direkt als Maß dafür dienen.  
Da ja die vollendete Mechanisierung und die damit verbundene Leistungssteigerung erst nach monatelanger Einübung der Handgriffe richtig zur Auswirkung kommt, so geben die hier erhaltenen Zahlenwerte nur einen ersten Überblick über die Mechanisierungsgünstigkeit verschiedener Greifarten. Die absoluten Werte werden sich bei weiterer Einübung noch verringern, aber die Verhältnisse zueinander dürften sich dabei nur unwesentlich ändern, so daß diese Übersicht ohne Bedenken bei der Rationalisierungsvorberechnung von Greifverhältnissen benutzt werden kann.

### Zusammenfassung und Schluß.

Die vorliegenden Studien im Griffelde, die ja aus der Fülle der möglichen Greifbewegungen nur einen bestimmten Greifvorgang zur Untersuchung herauswählten und diesen als „typisch“ für einhändiges Greifen festlegten und definierten, von diesem Greifvorgang aber auch nur wieder den Hauptanteil, die Armrichtungsbewegung, unter möglicher Ausschaltung der Fingergreifbewegung, eingehend untersuchten, können natürlich unter keinen Umständen den Anspruch erheben, restlos alle Fragen und Probleme des Griffeldes erforscht und gelöst zu haben. Darum erscheint es nützlich, einmal zusammenzustellen, welches Material und welche Grundlagen die bisherigen Untersuchungen im Griffelde für eine „Rationalisierung“ des einhändigen Greifens geliefert haben. Der Lage des „Greifortes“ entspricht in der Praxis die Anordnung des Werkstückes, des Werkzeuges, bzw. der Hilfsmaterialien im Greifbereich des sie benutzenden Arbeiters. „Arbeitsplatzstudien“ in Hinsicht auf das Griffeld sind zwar schon mehrfach angestellt worden, z. B. durch Benkert, Arbeitsplatzstudien in der Werkstatt, I. P. Jg. 1925, Heft 1. Das Hauptaugenmerk wurde dabei aber meist auf die „Ordnung“ am Arbeitsplatz, das Vermeiden des Suchenmüssens beim Aufgreifen des Werkzeuges, bzw. Hilfsmaterials gelegt, während Günstigkeit oder Ungünstigkeit der Armbewegung beim Griff in den Untersuchungen ziemlich vernachlässigt wurde.

Dasselbe Verhältnis

$$= \frac{0,71}{0,51} = 1,39$$

aus Versuchen mit Vorlesen.

Die Größe dieses Verhältnisses hängt, wie wohl aus Eignungsprüfungen schon bekannt ist, von der Eignung der V.-P. zu „Zweihandarbeit“ oder „Mehrfachhandlung“ ab und könnte direkt als Maß dafür dienen.

Da ja die vollendete Mechanisierung und die damit verbundene Leistungssteigerung erst nach monatelanger Einübung der Handgriffe richtig zur Auswirkung kommt, so geben die hier erhaltenen Zahlenwerte nur einen ersten Überblick über die Mechanisierungsgünstigkeit verschiedener Greifarten.

Über die Möglichkeit einer Vorausberechnung des durch Arbeitsplatzrationalisierung zu erwartenden Nutzens kann man daher dort keinerlei Angaben erhalten, da die Zahlen aus den durchgeführten Erfolgskontrollen sich ja nicht auf einen allgemeinen Fall, sondern nur auf diesen ganz speziellen Arbeitsplatz beziehen.

Um nun dagegen mit den vorliegenden Untersuchungen ganz allgemein geltende Werte zu erhalten, mußte Hauptgegenstand der Untersuchung ein Vorgang sein, der unabhängig vom Werkstück oder Werkzeug oder den Arbeitsbedingungen bei jedem einhändigen Greifen wiederzufinden ist. Als solch ein Vorgang wurde die reine Armrichtungsbewegung in der im Abschnitt Nr. 2 festgelegten Weise gefunden.

Wenn uns nun die Untersuchungen zahlenmäßig einen Aufschluß geben über den Einfluß von Richtungswinkel, radialer Entfernung und Höhe des Greifortes, so liefern sie uns damit auch ein ganz allgemeines Hilfsmittel zur Vorkalkulation des Nutzens verbesserter Greifbedingungen.

Die Grenzlinien in Abb. 1 und 2 zeigen, wie weit der greifende Arm den Raum ohne Zuhilfenahme des Körpers bestreichen kann. Den bezüglich reiner Griffzeit günstigsten Winkel zeigt Abb. 10 und gibt ferner einen Anhalt, um wieviel die Griffzeit anwächst, wenn der günstigste Winkel der Griffrichtung nicht innegehalten werden kann, ebenso umgekehrt, um wieviel die Griffzeit verkürzt werden kann, wenn nach einer Rationalisierung statt nach ungünstigeren Winkeln fortan unter dem optimalen Winkel gegriffen wird.

Bei der Kalkulation muß aber berücksichtigt werden, daß die Werte der Kurve sinken, wenn der Anteil der Fingergriffarbeit am „Griff“ gegenüber der reinen Armrichtungsbewegung wächst, z. B. beim Zielgreifen. Die Kurvenwerte gelten für im Verhältnis zur Armrichtungsbewegung vernachlässigbar geringe Fingergriffbewegung. (Ein Einfluß des Winkels auf die Fingergriffbewegung ist also nicht berücksichtigt.)

Noch wichtiger für rationelles Greifen als die reine Verkürzung der Griffzeit durch in dieser Beziehung optimalen Richtungswinkel erscheint aber die möglichste Vermeidung einer auftretenden Ermüdung. Denn jeder Ermüdungszustand äußert sich ja, wie die Versuche ergaben, in einem Anwachsen der Griffzeit. Abb. 21, (Zahl der Griffe bis zur Ermüdung = f [Winkel]), zeigt die erfreuliche Tatsache, daß der optimale Richtungswinkel bezüglich der Ermüdungsvermeidung mit dem bezüglich der reinen Griffzeit als optimalen Richtungswinkel ermittelten praktisch zusammenfallen, wodurch die Einhaltung des Optimalwinkels erhöhte Bedeutung gewinnt.

Bezüglich der Höhe des Greifortes erkennen wir aus Abb. 17 daß das Greifen um so ermüdender wird, besonders bei nicht allzu leichten Werkstücken, je höher der Greifort liegt, woraus sich sofort die Nutzenanwendung auf die Praxis ergibt. Für die reine Griffzeit hatte die Höhe des Greifortes weniger Bedeutung, wie Abb. 6 zeigt. Schließlich war noch das Optimum für Mechanisierungsgünstigkeit zu berücksichtigen, welches nicht genau mit dem Griffzeitoptimum und dem Ermüdungsvermeidungsoptimum (Ermüdungsminimum) zusammenfällt, sondern genau vor dem Körper liegen dürfte. Das Abfallen der Mechanisierungsgünstigkeit vom Optimum (Winkel  $0^\circ$ ) bis zu dem Winkel von etwa  $+20^\circ$  bis  $30^\circ$  dem Griffzeit- und Ermüdungsoptimalwinkel beträgt aber nur etwa 6—8 vH, wobei die Versuche nicht berücksichtigt haben, ob nicht etwa durch etwas längere Einübung (einige Monate hindurch) der Nachteil eines mechanisierungsgünstigen Winkels bis zu gleicher Leistung doch ausgeglichen werden kann. Besonderer Wert auf Mechanisierungsgünstigkeit des Greifortes sollte überall da gelegt werden, wo bei Zweihandarbeit sich die Tätigkeit der greifenden Hand mit der Tätigkeit der anderen Hand zeitlich überschneidend und vielleicht auch noch die Aufmerksamkeit des Arbeiters durch die Arbeit voll und ganz in Anspruch genommen ist, also das Greifen eben „ganz mechanisch“ erfolgen muß, um Totzeiten zu vermeiden.

In diesen Fällen ist auch der Wert der „Griffolgen“ zu berücksichtigen, d. h. es ist zu untersuchen, ob die durch die Mechanisierungsmöglichkeit bei Greifen nach „konstantem“ oder

„stetig laufendem“ Greifort gewährleistete Griffzeitersparnis ein Vorsortieren oder selbsttätiges Nachrücken der aufzugreifenden bzw. Fortrutschen der weggestellten Stücke günstig erscheinen läßt.

Der Nutzen der Mechanisierung wird dabei nicht nur darin zu suchen sein, daß während des Greifaktes die Aufmerksamkeit des Arbeiters unbelastet und frei für andere Arbeit ist, also durch zeitliches Überschneiden des Griffes mit der Arbeit eine Zeitersparnis eintritt, sondern ein mechanischer Griff hat auch auf den Arbeitsrhythmus und damit auf Tempo und Ermüdungsverringerung günstigen Einfluß.

Kurz zusammenfassend kann man also sagen: Aus den Untersuchungen ergab sich für einhändiges Greifen ein hinsichtlich der reinen Griffzeit, der subjektiven Bequemlichkeit, und der Ermüdungsvermeidung optimaler Greifrichtungswinkel von etwa 20—40° von der Symmetrieebene nach der Seite der greifenden Hand gerechnet. Mechanisierungs- und Zielsicherheitsoptimum liegt genau vor der Mitte des Körpers. Die Höhe des Greifortes hat bei konstanter tatsächlicher Greifentfernung nur auf die auftretende Ermüdung, da allerdings recht erheblichen Einfluß. Am günstigsten erscheint die Höhe des Greifortes etwa in Magenhöhe und etwas darunter, je höher, um so ermüdender das Greifen.

Hinsichtlich der Griffolgen ist das Greifen immer nach demselben Punkt jedem anderen durch hohe Mechanisierungsfähigkeit besonders dann überlegen, wenn die Aufmerksamkeit des Arbeiters während des Greifens anderweitig benötigt wird. Läßt sich aus gewissen Gründen ein Greifen nach immer demselben Punkte nicht ermöglichen, so ist wenigstens ein stetiges Weiterwandern des Greifortes anzustreben, da dann auch noch eine, wenn auch geringere Mechanisierung möglich ist.

Diese Erkenntnisse und die Kurventafeln der Versuchsergebnisse geben uns einen Anhalt für Entwurf und Vorkalkulation einer Rationalisierung der Greifbedingungen.

# Werkstück- und Werkzeuggriffe bei verschiedenen Arbeitsweisen.

Von

H. Lossagk, Berlin.

(Theoretische und experimentelle Untersuchungen sowie Betriebskontrollen für Handarbeit.)

Inhalt: Für einen aus mehreren einzelnen Arbeitsgängen sich zusammensetzenden schematischen Arbeitsprozeß wird unter Veränderung der Anzahl der mit Werkzeugbenutzung auszuführenden Arbeitsgänge die Abhängigkeit der Zeitdifferenz: Einartarbeit minus Mehrartarbeit von der Art des Werkstückgriffes (einhändig oder beidhändig) und von der Anzahl der Werkzeuggriffe im Laboratoriumsversuch ermittelt. Der Einfluß des durchgehenden Arbeitsimpulses bei Stückgruppenarbeit wird untersucht. Eine gewisse Parallelität der Verhältnisse bei Handarbeit und bei reiner intellektueller Arbeit wird nachgewiesen und erörtert. Das Wesentlichste der „fließenden Fertigung“ hinsichtlich Griffersparnis wird besprochen und an Hand von Betriebskontrollen nachgewiesen.

## Einleitung.

Einartarbeit ist nach Moede eine Arbeitsweise, bei der an den Werkstücken hintereinander immer nur eine Art der Arbeit ausgeführt wird, z. B.:

Erstes Werkstück — Erster Arbeitsgang, Zweites Werkstück — Erster Arbeitsgang, Drittes Werkstück — Erster Arbeitsgang, N-tes Werkstück — Erster Arbeitsgang — — — — — danach wieder Erstes Werkstück — Zweiter Arbeitsgang, Zweites Werkstück — Zweiter Arbeitsgang usw.

Mehrartarbeit ist eine Arbeitsweise, bei der an jedem Werkstück alle Arbeitsgänge verschiedener Art hintereinander folgend vorgenommen werden, z. B.:

Erstes Werkstück — Erster Arbeitsgang, Zweiter Arbeitsgang — — — — — Z-ter Arbeitsgang, — — — — — Zweites Werkstück — Erster Arbeitsgang, Zweiter Arbeitsgang — — — — — Z-ter Arbeitsgang — — — — — usw.

Bei Montage eines kleinen Apparates durch einen Arbeiter z. B. haben wir also typische Mehrartarbeit, bei Massenfertigung kleiner Teile mit bis ins Kleinste durchgeführter Arbeitzerlegung haben wir Einartarbeit, bei „fließender Fertigung“ haben wir bezogen auf den Arbeiter die Einartarbeit, bezogen auf das Werkstück aber die Mehrartarbeit, wobei möglichst die Vorteile jeder Arbeitsweise auszunutzen und ihre Nachteile zu vermeiden sind.

Der Wunsch, Vorteile und Nachteile von Einartarbeit, Mehrartarbeit und ihren Kombinationen genauer übersehen zu können, gab den Anlaß zu nachstehenden Untersuchungen über Arbeitsweisen und Bearbeitungseinheiten.

An einem Werkstück bei Fertigung großer Stückzahlen seien mehrere Arbeitsoperationen nacheinander auszuführen.

Sind für jeden Arbeitsgang umfangreiche und langdauernde Arbeitsvorbereitungen, Umstellungen (Werkzeugwechsel, Neueinspannen usw.) erforderlich, so ist es selbstverständlich, daß dann die „Einartarbeit“ der „Mehrartarbeit“ unbedingt überlegen sein muß, d. h. der Arbeiter wird an allen Werkstücken hintereinander zuerst den ersten, dann den zweiten usw. Arbeitsgang ausführen, obwohl er dabei jedes Werkstück so oft anfassen, aufgreifen und wieder wegstellen muß, wie Arbeitsgänge an dem Werkstück zu erledigen sind. Die „Umstellungszeiten“ überwiegen eben da bei weitem die „Aufgreif- und Wegstellzeiten“.

Liegen dagegen die „Umstellungszeiten“ etwa im Größenbereich der „Aufgreif- und Wegstellzeiten“, so ist sehr wohl der Fall denkbar, daß die „Mehrartarbeit“ günstiger

wird infolge des nur einmaligen Aufgreifens und Wegstellens des Werkstückes, besonders wenn vielleicht die verschiedenen Arbeitsgänge an einem Werkstück hintereinander sozusagen „in einem Arbeitsimpulse“ ausgeführt werden können.

Diese Grenzbedingungen sollen experimentell hier näher untersucht werden.

### Arbeitsschema und Versuchsgerät.

Um die Differenz: Zeit/stck bei Einartarbeit minus Zeit/stck bei Mehrartarbeit in Abhängigkeit von den „Umstellungszeiten“ (Werkzeuggriffe) untersuchen zu können, wurden bei den Versuchen:

die Werkstückgriffe, Aufgreifen und Wegstellen des Werkstückes, annähernd möglichst konstant gehalten,

die Zahl der erforderlichen Werkzeuggriffe verändert.

Das Versuchsgerät bestand aus 2 Holzplatten (50·80·14). In der unteren war ein  $\frac{1}{2}$  zölliger Schraubenbolzen befestigt, die obere Platte hatte an dieser Stelle ein Loch. Mit einer Sechskantmutter bzw. Flügelmutter konnten die beiden Holzplatten zusammengeklemmt werden. Diese Anordnung stellte das „Werkstück“ dar. Als „Hilfsmaterial“ dienten Pappscheibchen 60·60. Als Werkzeug je nach Art der Arbeit:  $\frac{1}{2}$ “ Schraubenschlüssel, ein Bleistift, eine Schere, ein Messer usw.

Für die Versuche wurde ein „Arbeitsschema“ entworfen, welches stets 4 Arbeitsgänge enthielt:

Arbeitsgang 1. Lockern der die Holzplatten zusammenhaltenden Mutter.

„ 2. Ergreifen eines Pappscheibchens und Einschieben desselben zwischen die Holzplatten.

„ 3. Festklemmen des Pappscheibchens durch Anziehen der Mutter.

„ 4. Arbeitsoperation an dem eingeklemmten Pappscheibchen.

Die einzelnen Arbeitsgänge waren so gewählt, daß sie ebenso mit, wie ohne Werkzeugbenutzung möglich waren. Z. B. Arbeitsgang 1 und 3 ohne Werkzeugbenutzung oder Flügelmutter aufschrauben oder Sechskantmutter aufschrauben mit Werkzeugbenutzung. Arbeitsgang 2. Aufgreifen des Scheibchens nur mit den Fingern oder mit Hilfe einer Messerklinge. Arbeitsgang 4. Abreißen einer Ecke des Pappscheibchens mit den Fingern oder Abschneiden mit einer Schere, u. a.

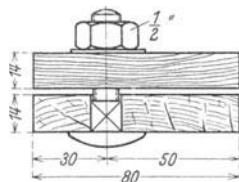


Abb. 1. Versuchsgerät.

Das Werkzeug selbst war so gewählt, daß es möglich war, ohne irgendwie in der Arbeit behindert zu sein, das Werkzeug auch während der werkzeugfreien Arbeitsgänge in der Hand zu behalten. Auf diese Weise war es möglich, die Differenz: Einartarbeit minus Mehrartarbeit (für 4 mittlere Handgeschicklichkeit erfordernde Arbeitsgänge) in Abhängigkeit zu ermitteln: erstens: von der Zahl der nötigen Werkzeuggriffe und zweitens: von der Anzahl der Arbeitsgänge, bei denen ein Werkzeug benutzt wurde. (Aus den Vorversuchen hatte sich ergeben, daß schon die Benutzung eines Werkzeugs bei einem Arbeitsgang, selbst bei Nichtauftreten von Werkzeuggriffen, den Nutzen der „Mehrartarbeit“ gegenüber der Einartarbeit mindert.)

Für die „Werkstückgriffe“, die annähernd konstant unter möglichst optimalen Bedingungen gehalten wurden, mußten zwei Ausführungsformen unterschieden werden:

Einhändiges Werkstückaufgreifen und -wegstellen: Die andere Hand kann dabei gleichzeitig einen Werkzeuggriff ausführen oder das bereits ergriffene Werkzeug in der Hand behalten, was besonders bei Einartarbeit von großer Wichtigkeit ist. Beim Wegstellen kann gegebenenfalls die andere Hand schon nach dem neuen Stück greifen.

Beidhändiges Werkstückaufgreifen und wegstellen: Es müssen beide Hände benutzt werden, so daß vorher etwa in der Hand gehaltenes Werkzeug weggelegt werden muß, wodurch z. B. der Vorteil der Einartarbeit sehr gemindert wird.

Eine Untersuchung, ob für den Fall, daß die Werkzeuggriffe aller Arbeitsgänge stets annähernd gleich lange dauern, die reine Anzahl der Arbeitsgänge/Werkstück einen Einfluß darauf haben könnte, daß Einartarbeit oder Mehrartarbeit günstiger sei (hinsichtlich der Griffzeitersparnis), erübrigt sich, wenn man die aus den Versuchen mit vier annähernd gleichwertigen Arbeitsgängen gefundene Differenz der Zeit/stck bei Mehrartarbeit minus Zeit/stck bei Einartarbeit durch vier dividiert und so die auf einen Arbeitsgang bezogene Differenz in die Betrachtung einführt. Eine Versuchsreihe mit variabler größerer Anzahl gleichwertiger Arbeitsgänge als 4 erschien nicht einwandfrei möglich und unratsam.

### Arbeitsversuche bei einhändigem Werkstückgreifen.

Die Versuche wurden mit 15jährigen, teils normal teils kräftig entwickelten Lehrlingen, deren Handgeschicklichkeit mittelmäßig bis gut war, angestellt.

Es ergab sich sofort, daß alle Arbeitsgriffe ausreichend eingeübt werden mußten, wenn vergleichbare Zeiten gewonnen werden sollten. Die Messungen begannen erst, wenn die Einübungskurve annähernd wagerecht verlief. Den Versuchen nach Pausen, etwa am nächsten Tage, mußten „Wiedergewöhnungen“ an die Arbeitsgriffe vorangehen, sonst lagen die ersten Werte nach der Pause zu hoch.

Die ersten Versuche wurden bei einhändigem Werkstückgreifen angestellt, und zwar zunächst alle 4 Arbeitsgänge ohne Werkzeugbenutzung, so daß gar kein Werkzeuggriff in Frage kam. Der Arbeitsversuch verlief wie im Schema angegeben:

1. Lockern der Flügelmutter.
2. Aufgreifen des Pappscheibchens und Einschieben zwischen die Platten.
3. Festziehen der Flügelmutter.
4. Abreißen einer Ecke des Pappscheibchens mit den Fingern.

Es wurde die Zeit/10 stck gemessen und aus etwa 10 Messungen das Mittel genommen.

Bei „Einartarbeit“ ergab sich:

Arbeitsgang 1	=	2,14
2	=	3,5
3	=	2,46
4	=	1,92 sek/stck
<hr/>		
Zusammen	=	10,02 sek/stck.

Bei „Mehrartarbeit“ ergab sich:

$$\text{Arbeitsgang 1, 2, 3, 4} = 6,6 \text{ sek/stck}$$

Differenz: Einartarbeit minus Mehrartarbeit = 3,42 sek/stck zugunsten Mehrartarbeit.

Oder auf einen Arbeitsgang bezogen =  $\frac{3,42}{4} = 0,855 \text{ sek/stck}$  und Arbeitsgang.

Ferner wurde gemessen: Mehrartarbeit, Arbeitsgang 1, 2, 3 = 5,45 sek/stck

Differenz gegen Einartarbeit = 8,10 — 5,45 = 2,65 sek/stck

d. h. auf einen Arbeitsgang bezogen =  $\frac{2,65}{3} = 0,88 \text{ sek/stck}$  und Arbeitsgang.

Endlich wurde noch gemessen: Mehrartarbeit, Arbeitsgang 2, 3 = 4,4 sek/stck

Differenz gegen Einartarbeit = 5,96 — 4,4 = 1,56 sek/stck

Bezogen auf einen Arbeitsgang =  $\frac{1,56}{2} = 0,78 \text{ sek/stck}$  und Arbeitsgang.

Nun wurde von den 4 Arbeitsgängen einer mit Werkzeugbenutzung ausgeführt; zunächst wurde bei Arbeitsgang 4 eine Ecke des Pappscheibchens mit der Schere abgeschnitten.



Arbeitsgang 4 mit Scherenbenutzung als Einartarbeit gemessen ergab 2,49 sek/stck  
 Folglich alle 4 Arbeitsgänge in Einartarbeit zusammen = 10,59 sek/stck  
 Dagegen ergab sich bei Mehrartarbeit (Arbeitsgang 1, 2, 3, 4)  $\frac{7,9 \text{ „ / „}}{4}$   
 d. h. eine Differenz zugunsten der Mehrartarbeit von  $\frac{2,69}{4}$  = 0,657 sek/stck und Arbeitsgang.  
 oder  $\frac{2,69}{4}$  = 0,657 sek/stck und Arbeitsgang.

Da die Schere bei Mehrartarbeit aufgegriffen und wieder weggelegt werden mußte, so ergaben sich 2 Werkzeuggriffe/stck.

Um nun weiterhin einen Arbeitsgang mit Werkzeugbenutzung aber ohne Werkzeuggriff zu haben, wurde Arbeitsgang 4 dahin geändert, daß mit einem Bleistift ein Strich auf das Pappscheibchen zu machen war, wobei aber der Bleistift auch bei den anderen Arbeitsgängen, ohne zu hindern, in der rechten Hand gehalten wurde, so daß ein Werkzeuggreifen nicht stattfand.

Es wurde nun gemessen: Arbeitsgang 4 als Einartarbeit, er ergab 2,82 sek/stck  
 Folglich alle 4 Arbeitsgänge bei Einartarbeit zusammen 10,92 sek/stck  
 Dagegen ergaben bei Mehrartarbeit die 4 Arbeitsgänge 1, 2, 3, 4:  $\frac{7,4 \text{ sek/stck}}{4}$   
 so daß eine Differenz zugunsten der Mehrartarbeit von  $\frac{3,52}{4}$  = 0,88 sek/stck und Arbeitsgang herauskommt.  
 oder von  $\frac{3,52}{4}$  = 0,88 sek/stck und Arbeitsgang herauskommt.

In ähnlicher Weise wurden nun die Arbeitsbedingungen hergestellt für: 2 Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung, 3 Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung und alle 4 Arbeitsgänge des Arbeitsschemas mit Werkzeugbenutzung. Dabei wurde aber wieder jedesmal die Abhängigkeit der Differenz: Einartarbeit minus Mehrartarbeit von der Anzahl der Werkzeuggriffe untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeitsversuche sind in der Tafel 1 eingetragen und in Abb. 2 aufgezeichnet.

**Tafel 1.** Differenz der Zeit/stck bezogen auf einen Arbeitsgang.

Einartarbeit minus Mehrartarbeit. (Einhändiges Werkstückgreifen.)			
Stets 4 Arbeitsgänge, davon mit Werkzeugbenutzung:	Werkzeuggriffe	Gemessene Differenz sek/stck (alle 4 Arbeitsgänge)	Differenz bez. auf einen Arbeitsgang
0	0	zugunsten	1,07
		Mehrarbeit + } 4,28	
1	0	+ 3,52	0,88
		2	0,675
2	0	3,41	0,855
		2	0,51
3	4	1,35	0,338
	0	2,5	0,625
	2	1,43	0,358
4	4	0,65	0,163
	6	zugunsten	-0,112
	Einartarbeit - } -0,45		
4	0	1,65	0,414
	2		
	4	0,00	0,000
	6		
	8	zugunsten	-0,45
Einartarbeit } -1,8			

Auf Abb. 2 sieht man das annähernd lineare Abfallen des Vorteils der Mehrarbeit mit wachsender Zahl der bei Mehrarbeit erforderlichen Werkzeuggriffe. Hier macht sich eben der Vorteil der Einarbeit, das Vermeiden des dauernden Werkzeugwechsels, bemerkbar.

Bei geringer Anzahl der Werkzeuggriffe ist hingegen die Mehrarbeit günstiger, sie vermeidet das dauernde Wiederaufgreifenmüssen des Werkstücks je Arbeitsgang.

Außerdem aber erkennt man noch ein annähernd lineares Abfallen des Nutzens der Mehrarbeit mit wachsender Zahl der Arbeitsgänge, bei denen Werkzeug benutzt werden mußte, auch wenn keine Werkzeuggriffe dazu kamen. Der Verlauf der verschiedenen Arbeitsgänge hintereinander, der bei Mehrarbeit sozusagen in „einem Arbeitsimpulse“ erfolgt, scheint also durch die Benutzung von Werkzeug gehemmt zu werden.

Wenn auch die vorliegenden Differenzkurven nur aus einem, allerdings mannigfaltig variierten Arbeitsschema gewonnen wurden, so können sie doch wohl, da sie ja ganz allgemeine Verhältnisse berücksichtigen, für eine Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit und einhändiges Werkstückgreifen einen Anhalt hinsichtlich der Werkzeug- und Werkstückgriffe geben für die Entscheidung: Einarbeit oder Mehrarbeit.

### Arbeitsversuche bei beidhändigem Werkstückgreifen.

Ist nun aber das Werkstück so schwer oder so unhandlich, daß es nicht mit einer Hand aufgegriffen und an die Bearbeitungsstelle gestellt werden kann, sondern daß dazu beide Hände nötig sind, so ändert sich dadurch die Differenz: Mehrarbeit minus Einarbeit. Denn der Hauptvorteil der Einarbeit bezüglich der Griffe, das Vermeiden des dauernden Werkzeuggreifens, verschwindet, wenn beim Aufgreifen und Wegstellen jedes Werkstückes jedesmal vorher das Werkzeug sowieso aus der Hand gelegt werden muß. Die Differenz muß also unter sonst gleichen Bedingungen beim beidhändigen Werkstückgreifen zugunsten der Mehrarbeit größer sein, als bei einhändigem Greifen.

Zu den Arbeitsversuchen wurde das gleiche Arbeitsschema und Versuchsgerät benutzt, wie zu den ersten Versuchen mit einhändigem Werkstückgreifen, die Versuche wurden in gleicher Weise durchgeführt, nur mußte eben die Vp. alle Werkstückgriffe, Aufgreifen und Wegstellen des Werkstückes, beidhändig ausführen.

Die Versuchsergebnisse sind in Tafel 2 zusammengestellt und in Abb. 3 eingetragen.

Da die Versuchswerte von dem Grenzfall, wo die Zeit/stck bei Einarbeit und die bei Mehrarbeit einander gleich sind, sich immer mehr entfernten, in den Untersuchungen aber gerade die Grenzverhältnisse interessierten, so wurden die Versuche mit beidhändigem Werkstückgreifen nicht weiter verfolgt.

In Abb. 3 (bei beidhändigem Werkstückgreifen) sinkt natürlich der Vorteil der Mehrarbeit mit wachsender Zahl der nötigen Werkzeuggriffe genau wie beim einhändigen Greifen. Bezüglich der Anzahl der Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung haben sich hier

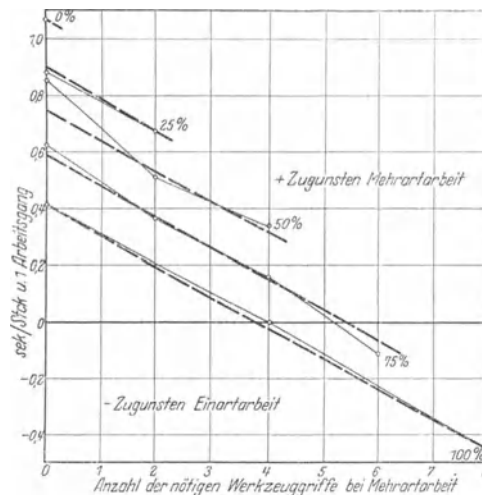


Abb. 2. Einhändiges Werkstückgreifen. Differenz: Mehrarbeit minus Einarbeit für eine, mittlere Geschicklichkeit erfordernde Handarbeit in sek/stck, bezogen auf einen Arbeitsgang. Die %-Zahlen an den Kurven geben an, wieviel % der Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung ausgeführt werden mußten.

**Tafel 2.** Differenz der Zeit/stck bezogen auf einen Arbeitsgang.

Einartarbeit minus Mehrartarbeit. (Beidhändiges Werkstückgreifen.)

Stets 4 Arbeitsgänge, davon mit Werkzeugbenutzung:	Werkzeuggriffe	Gemessene Differenz sek/stck (alle 4 Arbeitsgänge)	Differenz bez. auf einen Arbeitsgang
0	0	4,34	1,08
1	2	4,31	1,07
2	2	4,98	1,24
	4	3,83	0,96
3	4	5,55	1,39
	6	4,45	1,11

aber die Verhältnisse gerade umgekehrt. Je mehr Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung, um so günstiger wird die Mehrartarbeit, wenn bei ihr die Zahl der nötigen Werkzeuggriffe

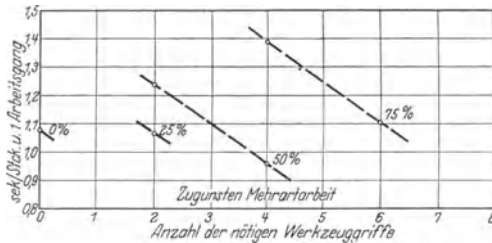


Abb. 3. Beidhändiges Werkstückgreifen. Differenz: Mehrartarbeit minus Einartarbeit für eine, mittlere Geschicklichkeit erfordernde Handarbeit in sek/stck, bezogen auf einen Arbeitsgang. Die %-Zahlen an den Kurven geben an, wieviel % der Arbeitsgänge mit Werkzeugbenutzung ausgeführt werden mußten.

niedrig bleibt, während bei der Einartarbeit auch hier nach jeder Arbeitsoperation das Werkzeug aus der Hand gelegt und nachher wieder aufgenommen werden muß, um das bearbeitete Werkstück wegzulegen und ein neues mit beiden Händen aufzugreifen. Für einen Vergleich, ob einhändiges oder beidhändiges Werkstückgreifen bei Einartarbeit oder bei Mehrartarbeit am günstigsten ist, wurde in Tafel 3 die Zeit/stck unter den verschiedenen Bedingungen nach den Versuchsergebnissen eingetragen, und die Differenz der Werte beider Greifformen und Arbeitsweisen errechnet. Es zeigt

sich, daß bei Mehrartarbeit der Unterschied zwischen einhändigem und beidhändigem Greifen viel geringer ist, als bei der Einartarbeit, wo er mit wachsender Zahl der Werkzeuggriffe merklich ansteigt.

**Tafel 3.** Einfluß der Greifform (einhändiges oder beidhändiges Werkstückgreifen) auf die Arbeitszeit/stck.

Stets 4 Arbeitsgänge, davon mit Werkzeugbenutzung:	Werkzeuggriffe	Einartarbeit			Mehrartarbeit		
		Einhändiges Werkstückgreifen	Beidhändiges Werkstückgreifen	Differenz	Einhändiges Werkstückgreifen	Beidhändiges Werkstückgreifen	Differenz
		sek/stck und Arbeitsgang			sek/stck und Arbeitsgang		
0	0	2,55	2,71	0,16	1,44	1,65	0,21
1	2	2,64	3,16	0,52	1,98	1,98	0,00
2	2	2,79	3,32	0,53	2,28	2,08	-0,20
	4	2,79	3,32	0,53	2,46	2,36	-0,10
3	4	2,82	3,74	0,92	2,65	2,35	-0,30
	6	3,02	3,74	0,72	3,13	2,63	-0,5

### Arbeitsversuche mit Stückgruppenarbeit.

Hinsichtlich der Arbeitsweisen wurde „Einartarbeit“ und „Mehrartarbeit“ unterschieden, definiert und in den Versuchen im Hinblick auf Griffersparnis untersucht.

Mit Rücksicht auf die „Bearbeitungseinheiten“ kann man nun die Arbeit unterteilen in Einzelstückarbeit — Mehrstückarbeit — Stückgruppenarbeit, wobei Aufgreifen, Bearbeiten und Wegstellen immer nur eines einzelnen Stückes als Einzelstückarbeit,

Aufgreifen, Bearbeiten und Wegstellen einer ganzen Anzahl von Werkstücken gleichzeitig als Mehrstückarbeit und

Aufgreifen eines oder mehrerer Werkstücke, Bearbeiten derselben „in einem Arbeitsimpulse“ entweder bei Einart- oder bei Mehrartarbeit und Wegstellen derselben nacheinander nach Bearbeitung ganzer Gruppen als Stückgruppenarbeit bezeichnet werden soll.

Mehrstückarbeit und Stückgruppenarbeit können dabei miteinander vermischt sein.

Die vorhergehenden Versuche über Einartarbeit und Mehrartarbeit wurden sämtlich als „Einzelstückarbeit“ durchgeführt. Ob nun in der Praxis eine fabrikationstechnisch vielleicht mögliche Vergrößerung der Bearbeitungseinheit, der Übergang von der Einzelstückarbeit zur Mehrstückarbeit, wirtschaftlichen Nutzen bringt, hängt jedesmal u. a. davon mit ab, ob die Erzielung größerer Bearbeitungseinheiten (ganzer Kasten Werkstücke u. ä.) nicht etwa „Einsparzeiten“ benötigt, die die Zeitersparnis wieder auffressen, oder ob der Kraftverbrauch bei größeren Bearbeitungseinheiten nicht etwa die Ermüdung ungünstig beeinflusst.

Hier interessiert vor allem die Frage, welche Vorteile die „Stückgruppenarbeit“ unter sonst gleichen Bedingungen gegenüber der Einzelstückarbeit aufweisen kann, und welches die günstigste Anzahl Werkstücke in der Gruppe ist.

Zu den Versuchen war also ein Arbeitsgang nötig, der einmal streng als Einzelstückarbeit, dann auch als Stückgruppenarbeit mit wechselnder Anzahl der Werkstücke in der Gruppe durchgeführt werden konnte. Innerhalb der Stückgruppe mußte ferner Einartarbeit und Mehrartarbeit möglich sein. Um auch wieder den Einfluß von Werkzeugbenutzung erkennen zu können, mußte eine Versuchsreihe ohne, die andere mit Werkzeugbenutzung durchführbar sein. Bei der Stückgruppenarbeit ist das Werkstückaufgreifen und -wegstellen sozusagen von der eigentlichen Bearbeitungsarbeit abgetrennt. Die Aufgreif- und Wegstellzeit je Stück ändert sich nicht (bei optimalen Greifbedingungen) mit der Anzahl der Stücke, die nacheinander aufgegriffen und zu einer Gruppe zusammengefaßt werden. Da eine solche Abtrennung der Greifarbeit hauptsächlich bei unhandlichen Werkstücken in Frage kommt, so schien es zweckmäßig, die Versuche mit beidhändigem Werkstückgreifen anzustellen. Bei einhändigem Greifen und zeitlichem Überschneiden des Werkstückaufgreifens und -wegstellens ändert sich unbeeinflusst von der Anzahl der Werkstücke in der Gruppe nur der Anteil der Greifzeit/stck. Auf die eigentliche Bearbeitungsarbeit am Werkstück hat dies keinen Einfluß. Der Anteil der Bearbeitungszeit/stck aber ist von der Anzahl der Werkstücke in der Gruppe abhängig, wenn die Arbeit mehr oder weniger „in einem Arbeitsimpulse“ ausgeführt werden kann, und so ist vorauszusehen, daß hier innerhalb der Gruppe ähnliche Verhältnisse auftreten werden, wie bei der Einzelstückeinarbeit- und Mehrartarbeit.

Als Arbeitsschema zu den Versuchen diene:

1. Das Aufgreifen von  $g$  Werkstücken (wie oben) nacheinander und Zusammenstellen zu einer Gruppe auf den Bearbeitungsplatz.

2. Das Lockern der Flügelmutter mit den Fingern bzw. der Sechskantmutter mit dem Schlüssel.

3. Das Aufgreifen des Pappscheibchens und Einschieben desselben zwischen die Holzplatten.

4. Das Festdrehen der Flügelmutter mit den Fingern bzw. der Sechskantmutter mit dem Schlüssel.

5. Das Wegstellen der bearbeiteten  $g$  Werkstücke nacheinander.

Als Versuchsgerät diene die Vorrichtung wie vorher bei Einzelstückarbeit. Die eigentliche Arbeit, Arbeitsgang 2, 3, 4, konnte nun innerhalb der Gruppe als Einartarbeit oder

als Mehrarbeit ausgeführt werden. Die Ergebnisse der Versuche mit den Vp. Vo . . . , Schr . . . , Hei . . . sind in Abb. 4 (ohne Werkzeugbenutzung) und 5 (mit Werkzeugbenutzung) aufgezeichnet. Da die Kurvenpunkte annähernd auf Wagerechten liegen, ist anzunehmen, daß bei der Arbeit 2, 3, 4 (Lockern, Papp-scheibchen greifen und einschieben, Fest-drehen) kein einheitlicher Arbeitsimpuls zu

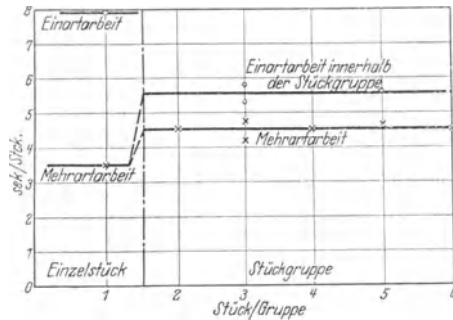


Abb. 4. Zeit je Stück in Abhängigkeit von der Anzahl der Werkstücke in der Gruppe. 3 Arbeitsgänge, alle ohne Werkzeugbenutzung.

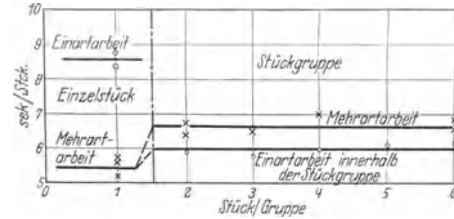


Abb. 5. 3 Arbeitsgänge, davon 2 mit Werkzeugbenutzung.

erzielen war. Wenn nämlich kein einheitlicher Arbeitsimpuls zu erzielen ist, also auch kein Gewinn an reiner Bearbeitungszeit am Anteil/stck, so müssen die Zeiten/stck bei der Stückgruppenarbeit immer höher liegen, als bei der Einzelstückarbeit, da ja in der Stückgruppe zusätzlich ein nochmaliges Anfassen des Werkstückes hinzukommt, was die Versuchsergebnisse auch voll bestätigten.

Ohne Werkzeugbenutzung erscheint in der Gruppe die Mehrarbeit günstiger, mit Werkzeugbenutzung aber die Einartarbeit, was nach den vorhergehenden Untersuchungen ohne weiteres vorauszusehen war.

Um nun einmal den typischen Fall zu erhalten, wo die „Arbeit an mehreren Werk-

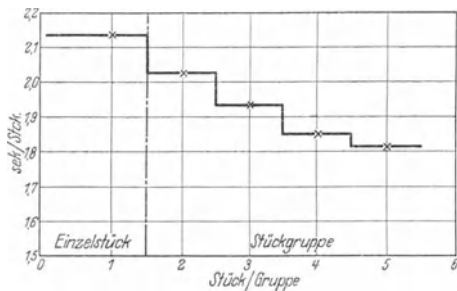


Abb. 6. Zeit je Stück in Abhängigkeit von der Anzahl der Werkstücke je Gruppe. 1 Arbeitsgang mit Werkzeugbenutzung.

stücken nacheinander in einem Arbeitsimpulse“ einen Zeitgewinn bringt und wo dadurch die Stückgruppenarbeit günstiger wird als die Einzelstückarbeit, wurde folgendes Arbeitsschema untersucht:

Aufgreifen des Werkstückes.

Zeichnen einer Linie auf dem Werkstück mit einem Bleistift.

Wegstellen des Werkstückes.

Um bei den Versuchen die Arbeit „in einem Impulse“ zu ermöglichen, wurden auf dem Bearbeitungsplatz 2 Leisten angebracht, in welche die Werkstücke beim Aufgreifen und

Vereinigen zu einer Gruppe hineingestellt wurden, so daß nachher das Ansetzen des Werkzeuges (Zielarbeit) statt für jedes Werkstück nur für die ganze Gruppe einmal nötig war.

Es ergab sich:

Arbeiten in einem Impulse.

	Einzelstückarbeit	Stückgruppenarbeit					
Werkstücke	1	2	3	4	5	6	7
Zeit/stck	2,14	2,03	1,94	1,85	1,82	Gruppe zu groß für einen Arbeitsimpuls	

In Abb. 6 ist diese Zeit/stck in Abhängigkeit von der Anzahl der Werkstücke/Gruppe aufgezeichnet.

### Zahl der „Griffe“/Werkstück bei Einartarbeit, bei Mehrartarbeit und bei Stückgruppenarbeit.

Als Vorteile der Einzelstück-Einartarbeit hatten wir die Möglichkeit der Verringerung der Werkzeuggriffe erkannt, wobei sich aber gegenüber der Mehrartarbeit die Werkstückgriffe mehren. Bei Einzelstück-Mehrarbeit ist nur einmaliges Aufgreifen und Wegstellen des Werkstückes nötig, dafür aber dauerndes Umstellen auf andere Arbeit, Werkzeugwechsel usw. Vergleicht man nun die Stückgruppenarbeit bei Einartarbeit innerhalb der Gruppe mit der Einzelstück-Einartarbeit, so erkennt man, daß bei der Stückgruppen-Einartarbeit ebenfalls eine Verringerung der Werkzeuggriffe ermöglicht ist, trotzdem aber jedes Werkstück nur einmal aufgegriffen und weggestellt werden muß. Allerdings kommt noch je Arbeitsgang ein nochmaliges „Anfassen“ der Gruppe hinzu. Für die Frage, ob Einartarbeit oder Mehrartarbeit innerhalb der Gruppe besser sei, gelten die gleichen Verhältnisse wie bei Einzelstückarbeit.

Die theoretischen Erwägungen über Arbeitsweisen und Bearbeitungsweisen wurden durch die angestellten Versuche bestätigt und führten zur Unterscheidung folgender in den einzelnen Fällen erforderlichen Werkstück- und Werkzeuggriffe sowie der darunter angegebenen Griffzahlen/Werkstücke.

1. Werkstückgriffe, die das Aufgreifen und Bewegen des Werkstückes an den Bearbeitungsplatz, bzw. Wegstellen vom Bearbeitungsort umfassen.
2. Werkzeuggriffe, die das Aufgreifen und Fertigmachen des Werkzeugs, bzw. Weglegen des Werkzeugs umfassen.
3. Anfassen, d. h. das Anfassen des sich bereits auf dem Bearbeitungsort befindenden Werkstückes zur Bearbeitung.
4. Z, die Anzahl der hintereinander an dem Werkstück auszuführenden Arbeitsgänge.
5. g, die Anzahl der Werkstücke in der Gruppe bei Stückgruppenarbeit.
6. M, die Anzahl der gleichzeitig bearbeiteten Werkstücke bei Mehrstückarbeit.

Griffe/Werkstück.

	Einzelstück		Mehrstück		Einartstück- gruppe Einartarbeit innerhalb der Stückgruppe	Mehrartstückgruppe	
	Einart- arbeit	Mehrar- arbeit	Einart- arbeit	Mehrar- arbeit		Einartarbeit inner- halb der Gruppe	Mehrararbeit inner- halb der Gruppe
Werkstück- griffe	2Z	2	$\frac{2Z}{M}$	$\frac{2}{M}$	2Z	2	2
Werkzeug- griffe	o bis 2Z	o bis 2Z	o bis $\frac{2Z}{M}$	o bis $\frac{2Z}{M}$	o bis $\frac{2Z}{g}$	o bis $\frac{2Z}{g}$	bis 2Z
Anfassen	—	—	—	—	Z	Z	1

Diese Übersicht über die Zahl der „Griffe/Werkstück“ bei verschiedenen Arbeitsweisen und Bearbeitungseinheiten gibt einen Anhalt für die Auswahl der günstigsten Griffart, wenn man für die zu rationalisierende Arbeit die Zeitwerte der Werkstück- und Werkzeuggriffe, sowie überhaupt die Greifbedingungen und -verhältnisse kennt.

Sind z. B. die „Werkzeuggriffe“ bei den auszuführenden Arbeitsgängen sehr zeitraubend (Hilfsmaterial und Werkzeugvorbereiten usw.), so wird man möglichst eine Arbeitsweise wählen, die wenig „Umstellungen“ des Werkzeuges auf eine andere Arbeitsoperation erfordert, in diesem Falle etwa die Einzelstück-Einartarbeit, oder wenn das Bearbeiten mehrerer Stücke in einem Impulse Zeitgewinn bringt, die Mehrart-Stückgruppenarbeit mit Einartarbeit innerhalb der Gruppe.

Muß dagegen für den Werkstückgriff besondere Sorgfalt verwandt werden (Zentrieren, Ausrichten, vorsichtiges Greifen wegen Zerbrechlichkeit usw.), so wird man der Einzelstück-

Mehrartarbeit oder der Mehrart-Stückgruppenarbeit mit Mehrartarbeit innerhalb der Gruppe den Vorzug geben.

Die Einartstückgruppe mit Einartarbeit innerhalb der Gruppe ist der Vollständigkeit halber mit aufgeführt worden, wird aber nur selten in Frage kommen und zwar dann, wenn der Werkzeugwechsel außerordentlich zeitraubend ist und sich bei Einartarbeit innerhalb der Gruppe ein solcher Zeitgewinn durch das Arbeiten in einem Impulse erzielen läßt, daß damit die zusätzliche Zeit für das Z-malige Werkstückaufgreifen und -wegstellen überkompensiert wird.

Ein Endurteil über die „Günstigkeit“ dieser oder jener Arbeitsweise auf Grund vorliegender Versuche und Betrachtungen fällen zu wollen, wäre verfehlt; denn die Untersuchungen beschäftigten sich ja nur mit der Anzahl der jeweils erforderlichen Werkstück- und Werkzeuggriffe. Außer der Griffanzahl sind aber noch eine Menge anderer Faktoren von Bedeutung, z. B.:

Durch zu stark durchgeführte Unterteilung bei Einartarbeit kann eine Zerreißung von organisch zusammenhängenden Arbeitsimpulsen eintreten. Ferner ist die Wirkung der Spezialisierung und die der Monotonie zu berücksichtigen: so kann der fortwährende Wechsel der Arbeitsoperationen bei Mehrartarbeit einmal wegen Monotonie vorteilhaft, ein anderes Mal auch infolge zu häufiger Umstellung der Aufmerksamkeit nachteilig wirken. Bei schweren Werkstücken kann der Kraftverbrauch beim Aufgreifen und Wegstellen von Stückgruppen mit größerer Zahl/Gruppe eine nachher auszuführende Präzisionsarbeit empfindlich beeinträchtigen und dgl. m.

Vorliegende Untersuchungen sollten als Grundgerüst für weitere Betrachtungen einen Überblick über die bei den verschiedenen Arbeitsweisen auftretenden Greifverhältnisse schaffen.

### **Einart- und Mehrartarbeit bei rein intellektueller Arbeit.**

Die vorhergehenden Versuche beschäftigten sich ausschließlich mit den bei tatsächlicher Handarbeit auftretenden Verhältnissen, mit der Zahl der Werkstück- und Werkzeuggriffe bei Einzelstück-, Mehrstück-, Stückgruppenarbeit, Einart- oder Mehrartarbeit.

Die folgenden Versuche sollten ergeben, ob sich zu diesen Verhältnissen Parallelen ziehen lassen für rein intellektuelle Arbeit (Aufmerksamkeitsarbeit, Merkmalsbeachtung, Urteilsbildung, Gedächtnisarbeit u. ä.). Zunächst mußte das Versuchsarbeitsschema wieder so gewählt werden, daß die Werkzeuggriffe ungefähr im gleichen Zeitgrößensbereich lagen wie die Werkstückgriffe, d. h.: das Einstellen der Aufmerksamkeit auf das gewünschte Merkmal mußte etwa ebenso lange dauern, wie das Erfassen des Werkstückes mit dem Blick. Alle Handarbeit war auszuschalten. Die Versuchsanordnung wurde daher so getroffen, daß die Vp. das „Werkstück“, hier eine siebenstellige Zahl, mit dem Blick zu „erfassen“ hatte (Werkstückgriff), ihre Aufmerksamkeit auf eine gewünschte Ziffer einstellen mußte (Werkzeuggriff) und nun angeben, an welcher Stelle die Ziffer in der siebenstelligen Zahl stand (Intellektuelle Arbeitsoperation).

Der Versuchsapparat bestand aus einem von der Vp. gesteuerten Bande, welches der Vp. als „Werkstücke“ fünfzig siebenstellige Zahlen in einem Schlitz nacheinander darbot. Jede dieser Zahlen enthielt die Ziffern

0 1 2 4 5 7 8

in wechselnder Reihenfolge.

Die Arbeit bestand darin, daß die Stelle, an der eine geforderte Ziffer stand, anzugeben war. Die dabei zu sprechenden Worte blieben bei allen Versuchen die gleichen: „Ziffer — Stellenzahl.“

Die Reihenfolge der bei Mehrartarbeit hintereinander auszuführenden Arbeitsgänge, also die Reihenfolge der herauszusortierenden und anzusagenden Ziffern mußte innegehalten

werden. Dies ergibt eine zusätzliche Gedächtnisleistung bei Mehrartarbeit, die im Versuch deutlich nachgewiesen werden konnte, so, wenn man z. B. zuerst die Zeit für Mehrartarbeit bei der Reihenfolge 0 1 2 4 5 7 8 stoppte und nachher in umgekehrter Reihenfolge 8 7 5 4 2 1 0 aussortieren ließ, was stets längere Zeit beanspruchte.

Bei „Einartarbeit“ verlief der Versuch folgendermaßen: Vp. mußte aus den 50 nacheinander im Schlitz erscheinenden siebenstelligen Zahlen zuerst die Null mit ihrer Stellenzahl ansagen, die dafür erforderliche Zeit wurde gemessen, dann wurde ebenso mit der Ziffer Eins, Zwei, Vier usw. verfahren.

Diese Arbeit erforderte also je Werkstück bei  $n = 50$  Zahlen und  $Z$  Arbeitsgängen:  $2 \cdot Z$  Werkstückgriffe (mit dem Blick erfassen und nachher wieder loslassen der Zahl),  $\frac{Z}{n}$  Werkzeuggriffe (für die gesamte Anzahl Werkstücke  $Z$ -malige Einstellung der Aufmerksamkeit auf die gewünschte Ziffer), Der Arbeitsgang war dabei: Erkennen und Beurteilen sowie Ansagen der Ziffern und der Stellenzahl.

Bei „Mehrartarbeit“ war der Gang des Versuches folgender:

An jedem Werkstück (siebenstellige Zahl) wurde von der Vp. in festgelegter Reihenfolge die Ziffer mit ihrer Stellenzahl angesagt, z. B. bei einer Ziffernfolge: 5 4 1 8 2 7 0 wurde gelesen: Null/Sieben . . Eins/drei . . Zwei/fünf usw. Die Anzahl der angesagten Ziffern entsprach der Anzahl der Arbeitsgänge bei Mehrartarbeit und wurde in den Versuchen von 1 bis 7 verändert.

Diese Mehrartarbeit erforderte dann je Werkstück:  $2$  Werkstückgriffe (mit dem Blick erfassen und nachher wieder loslassen der Zahl),  $2 \cdot Z$  Werkzeuggriffe (Ein- und Umstellung der Aufmerksamkeit bei jeder Ziffer auf die  $Z$  Arbeitsgänge).

Der Arbeitsgang war dabei: Erkennen, Beurteilen und Ansagen wie bei Einartarbeit.

Wie vorher die zusätzliche Gedächtnisarbeit, so konnte auch der „Werkstückgriff“ deutlich im Versuch nachgewiesen werden:

Mußte die Vp. die Mehrartarbeit nicht an der gleichen Zahl ausführen, sondern z. B. an der ersten Zahl den ersten Arbeitsgang, an der zweiten Zahl aber den zweiten Arbeitsgang, an der dritten Zahl den dritten, so mußte die Zeit/stck länger werden, weil ja dann  $(2 \cdot Z - 2)$  Werkstückgriffe je Werkstück mehr erforderlich waren, als bei der vorher beschriebenen Mehrartarbeit, was der Versuch deutlich bestätigte.

Die Einart- und Mehrartarbeitsversuche bei intellektueller Arbeit wurden mit den Vpn. Schre . . , Vo . . , Göp . . , Hei . . , Lo . . , Ros . . angestellt. Die Ergebnisse sind in Abb. 6 eingetragen.

Die absoluten Werte schwanken, je nach dem Stande der Intelligenz, des Zahlengedächtnisses usw. der einzelnen Vpn. in ziemlich weiten Grenzen, der Charakter der gewonnenen Kurven ist aber stets der gleiche. Stets ergibt „Einartarbeit“ den weitaus günstigsten Zeitwert/stck. Mit steigender Zahl der in Mehrartarbeit hintereinander herauszusortierenden Ziffern wächst auch die Zeit/stck und Arbeitsgang. Hier macht sich also die zusätzliche Gedächtnisarbeit bemerkbar. Der Unterschied in der Zeit/stck und Arbeitsgang zwischen der Einartarbeit und der Mehrartarbeit mit 2 Arbeitsgängen ist bei allen Vpn. der steilste Anstieg in der ganzen Kurve. Dies bestätigt die vorherige Betrachtung über die geistigen Werkstück- und Werkzeuggriffe:

$$\begin{aligned} \text{Bei Einartarbeit: } & 2 \cdot Z \text{ Werkstückgriffe} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ Werkstückgriffe} \\ & + \frac{Z}{n} \text{ Werkzeuggriffe} + \frac{2}{50} = 0,04 \text{ Werkzeuggriffe} \\ \text{Bei Mehrartarbeit} & = 2 \text{ Werkstückgriffe} = 2 \text{ Werkstückgriffe} \\ & + 2 \cdot Z \text{ Werkzeuggriffe} + 4 \text{ Werkzeuggriffe} \end{aligned}$$



Nimmt man Werkstück- und Werkzeuggriffe in ihrer Zeitdauer als gleichwertig an, so erhält man (bei 2 Arbeitsgängen) das Verhältnis  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Einartarbeit} \\ \text{Mehrartarbeit} \end{array} = \frac{4,04}{6} \right.$ , was etwa dem Ergebnis der untersten Kurve des Versuchs entspricht, bei der sich Einartarbeit/Mehrartarbeit verhält wie  $\frac{34}{50}$ .

Die Versuchsergebnisse bei intellektueller Arbeit kann man folgendermaßen zusammenfassen:

Die Zeit/stck bei Einartarbeit erschien nicht beeinflusst von der Anzahl der Arbeitsgänge. Die Zeit/stck bei Mehrartarbeit wuchs mit steigender Anzahl der hintereinander auszuführenden Arbeitsgänge, anscheinend wegen der zusätzlichen Gedächtnisarbeit, während bei Handarbeit ein solches Anwachsen nicht auftrat. Der Einfluß von Werkstück- und Werkzeuggriffen auf die Zeit/stck konnte in ähnlicher Weise wie bei Handarbeit im Versuche nachgewiesen werden, nur lagen hier die Verhältnisse einfacher.

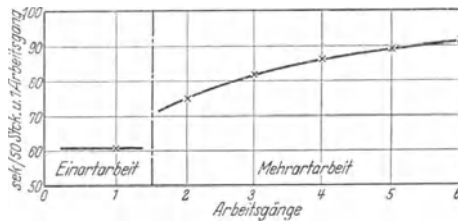


Abb. 7. Zeit je Stück und Arbeitsgang bei intellektueller Mehrartarbeit in Abhängigkeit von der Anzahl der Arbeitsgänge.

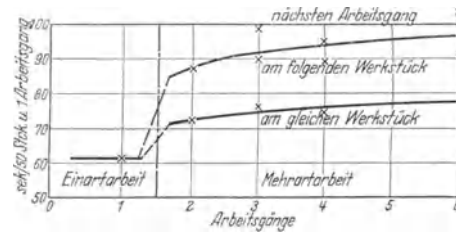


Abb. 8. Einfluß zusätzlicher Werkstückgriffe bei intellektueller Arbeit.

Bei der intellektuellen Arbeit wurde nur „Einzelstückarbeit“ untersucht, „Mehrstückarbeit“ erschien unmöglich, da ja gleichzeitig immer nur eine Ziffer herausgesucht und angesagt werden konnte. Sollte auch bei intellektueller Arbeit eine Vergrößerung der Bearbeitungseinheit, eine Mehrstückarbeit irgendwie möglich sein, so wird sich auch hier der Anteil der Werkstück- und Werkzeuggriffe auf die Anzahl gleichzeitig bearbeiteter Werkstücke verteilen, genau wie bei Handarbeit.

Für Stückgruppenarbeit dürfte sich bei intellektueller Arbeit kaum eine Parallele zur Handarbeit ziehen lassen, da das Kennzeichnende der Stückgruppenarbeit, der Werkstückgriff, um die Stücke auf dem Bearbeitungsplatz zu einer Gruppe zusammenzustellen, und das nochmalige Anfassen bei der Bearbeitung, bei rein intellektueller Arbeit, wo der Werkstückgriff im Erfassen mit der Aufmerksamkeit, dem Blick, besteht, sich schwerlich wird nachahmen lassen. Es mag auf den ersten Blick etwas gewagt erscheinen, die bei der Handarbeit geläufigen Begriffe, wie Werkstückgriff, Werkzeuggriff, auch auf rein intellektuelle Arbeit anwenden zu wollen. Die Versuche aber rechtfertigten vollkommen dieses Vorgehen und zeigten bezüglich der Arbeitsweisen viele Parallelen zwischen Hand- und intellektueller Arbeit. Wie bei Handarbeit, so wäre auch bei intellektueller Arbeit weiterhin noch der Einfluß anderer durch die verschiedenen Arbeitsweisen bedingter Faktoren zu berücksichtigen, um zu einem abschließenden Urteil zu kommen. Vorliegende Versuche sollten auch hier nur den Überblick über die jeweils erforderliche Anzahl „geistiger“ Werkstück- und Werkzeuggriffe geben.

### Fließende Fertigung.

Will man nun den Vorteil der „Einartarbeit“, also hauptsächlich die Verringerung der Werkzeuggriffe und der jedesmaligen Umstellungen auf die verschiedenen Arten der Arbeitsgänge verbinden mit dem Hauptvorteil der „Mehrartarbeit“, dem Fortfallen des mehr-

maligen Aufgreifens und Wegstellens desselben Werkstückes, so wird man zu einer Art der Fertigung geführt, die unter dem Namen der „Fließenden Fertigung“ bekannt ist.

Der Grundgedanke dieser Arbeitsweise ist der, daß, bezogen auf den Arbeiter „Einartarbeit“ mit all ihren möglichen Vorteilen, bezogen auf das Werkstück aber eine in ihren einzelnen Arbeitsgängen sich fließend aneinanderreihende „Mehrartarbeit“ herrscht. Das Werkstück wird von einem Arbeitsplatz zum nächsten durch irgendein Transportmittel so hinbewegt, daß die nötigen Werkstückgriffe möglichst verringert werden. Da jeder Arbeiter in diesem Fertigungsprozeß nur einen, eben nur „seinen“ Arbeitsgang auszuführen hat, so ist die Ausnutzung aller Vorteile der „Einartarbeit“ trotzdem möglich (Vorrichtungen, Schablonen, Lehren, Spezialwerkzeuge, Innehaltung optimaler Greif- und Arbeitsbedingungen, weitestgehende Mechanisierungsmöglichkeit, usw.).

Durch das „Fließen“ der Fertigung (Mehrartarbeit bezogen auf das Werkstück) können Zwischenlagerungen vermieden und der Durchtrieb erhöht werden. Diese so vorteilhaft erscheinende Arbeitsweise ist aber nicht ohne weiteres auf jede Arbeit anwendbar. Die Kontinuität des „Werkstückstromes“ erfordert eine Arbeitszerlegung so, daß die Zeiten für die Teilarbeiten entweder gleich oder ein ganzes Vielfaches des „Arbeitstaktes“ sind, wenn das Transportmittel ruckweise im bestimmten Zwangstakt bewegt werden soll und alle Arbeitenden gleich voll ausgelastet und zu gleicher Zeit mit ihrem Arbeitsgange fertig sein sollen. Aber auch bei ununterbrochener Förderung und Pufferungsmöglichkeit durch „Mitgehen“ des Arbeiters mit dem Werkstück ist eine möglichst genaue Abgleichung der Teilzeiten erforderlich.

Ob nun, wie z. B. bei Ford, die Montage eines ganzen Automobiles mit sehr vielen Arbeitsgängen in dieser Fertigungsweise vonstatten geht, oder ob die Anzahl der hintereinandergeschalteten Arbeitsgänge das Minimum, also nur 2 beträgt, ist für die grundsätzliche Betrachtung dieser Arbeitsweise gleich.

Je kürzer die Teilzeiten sind, um so öfter kehrt der „Arbeitsimpuls“ wieder, was für die Schwankungen der Intensität und die dadurch bedingten Totzeiten und Zuschläge von Bedeutung ist. Je kürzer aber die Teilarbeitszeiten sind, desto größer ist auch der prozentuale Anteil der „Griffnebenzeiten“, desto größer kann der durch Ersparung von Griffen bei der fließenden Fertigung erzielte Gewinn sein. Die Grenze der Anwendungsgünstigkeit der fließenden Fertigung wird da liegen, wo die durch die Bindung der Arbeitenden erwirkten Zwangstotzeiten den durch Ersparnis von Griffen erzielten Vorteil vollkommen wieder vernichten.

Zur Erläuterung seien einige Zahlenbeispiele aus der keramischen Industrie angeführt, die bei Einführung von „Fließelementen“ im Betriebe gewonnen wurden.

Bei Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit sind drei Arbeitsgänge am Werkstück auszuführen. Es bezeichne in Sekunden:

- a = Aufgreifen des Werkstückes,
- b = Vorbereiten des Werkzeuges und Hilfswerkstoffes,
- $l_1$  = erster Arbeitsgang,  $l_2$  = zweiter Arbeitsgang usw.,
- w = Wegstellen des Werkstückes.

Führte jetzt ein Arbeiter die drei Arbeitsgänge aus, so ergab sich folgende Zeit/stck:

$a_1 = 3,5$	sek/stck	}	Arbeitsgang 1 wurde in Einartarbeit, Arbeitsgänge 2 und 3 in Mehrartarbeit ausgeführt.
$b_1 = 3,0$	"		
$l_1 = 3,0$	"		
$w_1 = 3,0$	"		
$a_2 = 3,5$	"		
$b_2 = 0,5$	"		
$l_2 = 1,5$	"		
$l_3 = 3,0$	"		
$w_2 = 3,0$	"		

24,0 sek/stck bei einem Arbeiter.

Bei pufferungsloser Hintereinanderschaltung zweier Arbeiter und Zerlegung des ganzen Arbeitsprozesses in:

$$\begin{aligned} l_1 & \text{ für den ersten Arbeiter,} \\ l_2 \text{ und } l_3 & \text{ für den zweiten Arbeiter} \end{aligned}$$

konnte das Aufgreifen und Wegsetzen des Werkstückes einmal erspart werden, da der erste Arbeiter das Werkstück aufgriff, auf das Transportmittel setzte und bearbeitete; dann wanderte es zum zweiten Arbeiter und dieser setzte es nach Bearbeitung weg.

Durch verbesserte Greifbedingungen wurde die eine Hand des ersten Arbeiters frei, so daß er gleichzeitig mit dem Werkstückaufgreifen auch das Werkzeug fertig machen konnte. Es ergab sich nun bei fließender Fertigung:

$$\begin{array}{r} a_1 + b_1 = 3,0 \text{ sek/stck,} \\ \underline{l_1 = 3,0 \quad \text{„}} \\ 6,0 \text{ sek/stck für den ersten Arbeiter,} \\ b_2 = 0,5 \text{ sek/stck,} \\ l_2 = 1,5 \quad \text{„} \\ l_3 = 3,0 \quad \text{„} \\ w = 2,0 \quad \text{„} \quad (\text{Durch verbesserte Greifbedingungen von 3 auf 2 sek/stck verringert}) \\ \underline{\hspace{10em}} \\ 7,0 \text{ sek/stck für den zweiten Arbeiter.} \end{array}$$

Den Arbeitstakt schreibt bei pufferungsloser Hintereinanderschaltung die jeweils längste Teilzeit vor, hier also 7 sek/stck bei zwei Arbeitern. Auf einen Arbeiter verrechnet wird die Zeit/stck bei fließender Fertigung also == 14 sek/stck, gegenüber 24 sek/stck nach dem gewöhnlichen Arbeitsverfahren.

Es ergab sich theoretisch eine Ersparnis:  $\frac{24}{14} = 171\%$ .

Die Kontrolle der Lohnbücher des Betriebes ergab eine Ersparnis von etwa 140 bis 160%. Der theoretisch aus den Zeitaufnahmen errechnete Wert wird in dem Betriebe nicht ganz erreicht werden, da die starre Bindung zweier Arbeiter auch noch nicht in der Zeitaufnahme erfaßte Zwangstotzeiten erwirken wird.

Ein weiteres Beispiel aus dem gleichen Betriebe:

Es waren zwei Arbeitsgänge am Werkstück auszuführen. Die Zeit/stck, wenn ein Arbeiter in Einartarbeit die Arbeitsgänge ausführte, betrug:

$$\begin{array}{r} (a_1 + w_1) = 4,2 \text{ sek/stck,} \\ (b_1 + l_1) = 6,0 \quad \text{„} \\ (a_2 + w_2) = 4,2 \quad \text{„} \\ (b_2 + l_2) = 4,5 \quad \text{„} \\ \underline{\hspace{10em}} \\ 18,9 \text{ sek/stck bei einem Arbeiter in Einartarbeit.} \end{array}$$

Bei pufferungsloser Hintereinanderschaltung zweier Arbeiter und der Arbeitszerlegung in:

$$\begin{aligned} (a_1 \text{ und } b_1 \text{ und } l_1) & \text{ für den ersten Arbeiter und} \\ (b_2 \text{ „ } l_2 \text{ „ } w_2) & \text{ für den zweiten Arbeiter} \end{aligned}$$

wurde wieder die längste Teilzeit etwa = 7 sek/stck.

Dies entspricht auf einen Arbeiter errechnet = 14 sek/stck. Es waren wieder zwei Werkstückgriffe fortgefallen und eine Ersparnis von  $\frac{18,9}{14,0} = 145\%$  eingetreten.

Ein drittes Beispiel aus dem Betriebe:

Es waren zwei Arbeitsgänge am Werkstück auszuführen. Die Zeit/stck, wenn ein Arbeiter in Einartarbeit arbeitet, betrug:

$$\begin{array}{r} (a_1 + b_1) = 2,0 \text{ sek/stck,} \\ l_1 = 2,5 \quad \text{„} \\ w_1 = 2,0 \quad \text{„} \\ a_2 = 2,0 \quad \text{„} \\ b_2 = 1,0 \quad \text{„} \\ l_2 = 1,5 \quad \text{„} \\ w_2 = 2,0 \quad \text{„} \\ \underline{\hspace{10em}} \\ 13,0 \text{ sek/stck bei einem Arbeiter und Einartarbeit.} \end{array}$$

Bei pufferungsloser Hintereinanderschaltung zweier Arbeiter und Arbeitszerlegung in:

$(a_1 + b_1 + l_1 + w_1)$  für den ersten Arbeiter und

$(b_2 + l_2 + w_2)$  für den zweiten Arbeiter

ergab sich bei außerdem verbesserten Greifbedingungen:

$$\begin{array}{l} (a_1 + b_1) = 1,5 \text{ sek/stck (verbesserte Greifbedingungen),} \\ l_1 = 2,5 \quad \text{"} \\ w_1 = 0,5 \quad \text{"} \\ \hline 4,5 \text{ sek/stck für den ersten Arbeiter.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} b_2 = 1,0 \text{ sek/stck,} \\ l_2 = 1,5 \quad \text{"} \\ w_2 = 1,5 \quad \text{"} \\ \hline 4,0 \text{ sek/stck für den zweiten Arbeiter.} \end{array}$$

Maßgebend ist bei Hintereinanderschaltung die Zeit 4,5 sek/stck, so daß für einen Arbeiter errechnet 9 sek/stck herauskommen, und die Ersparnis also  $\frac{13}{9} = 145\%$  beträgt.

Zur besseren Ausnützung eines gelernten Arbeiters kann danach gestrebt werden, ihm die nebensächlichen, nur Arbeitszeit raubenden Werkzeug- und Werkstückgriffe abzunehmen und diese von einer in Hintereinanderschaltung mit ihm gekuppelten billigeren Hilfskraft ausführen zu lassen. Ein Beispiel aus dem Betriebe:

Für einen Arbeitsgang am Werkstück benötigte der gelernte Mann:

$$\begin{array}{l} a = 2,0 \text{ sek/stck,} \\ b = 1,0 \quad \text{"} \\ l = 1,5 \quad \text{"} \\ w = 2,0 \quad \text{"} \\ \hline 6,5 \text{ sek/stck.} \end{array}$$

Bei pufferungsloser Hintereinanderschaltung mit einer Hilfskraft und Übertragung der Werkstückgriffe (a und w) auf diese ergab sich:

$$\begin{array}{l} a = 1,5 \text{ sek/stck (verbesserte Greifbedingungen, Schablone, wandernder Greifort usw.),} \\ w = 1,0 \quad \text{"} \\ \hline 2,5 \text{ sek/stck für die Hilfskraft.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} b = 1,0 \text{ sek/stck,} \\ l = 1,5 \quad \text{"} \\ \hline 2,5 \text{ sek/stck für den gelernten Mann.} \end{array}$$

Bekäme die Hilfskraft gleichen Lohn wie der gelernte Mann, so wäre als Ersparnis zu rechnen:  $\frac{6,5}{2 \cdot 2,5} = \frac{6,5}{5} = 130\%$ .

Ist das Lohnverhältnis  $\frac{\text{Hilfskraft}}{\text{gelernter Mann}} = s$ , so wird die Ersparnis zu rechnen sein mit:  $\frac{6,5}{(1+s) \cdot 2,5}$ . Für  $s = \frac{1}{2}$  z. B.  $= \frac{6,5}{1,5 \cdot 2,5} = 173\%$ .

Vorliegende Untersuchung richtete ihr Augenmerk auf die bei den verschiedenen Arbeitsweisen erforderlichen Werkstück- und Werkzeuggriffe. Es ergab sich, daß die Einartarbeit die Werkzeuggriffe auf Kosten der Werkstückgriffe, die Mehrartarbeit dagegen die Werkstückgriffe auf Kosten der Werkzeuggriffe verringert. Die fließende Fertigung kann Werkstück- und Werkzeuggriffe ersparen, muß aber dafür den Nachteil möglicher Zwangstzeiten mit in Kauf nehmen.

# Stückzeitschwankungen und Zeitzuschläge bei der Vorschätzung der Leistung für Handarbeit mit kleiner Grundzeit.

Von

H. Lossagk, Berlin.

Aus dem Institut für industrielle Psychotechnik der Techn. Hochschule.

Inhalt: Durch Laboratoriumsversuche und Nachprüfungen im Betriebe werden sowohl für Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit wie auch für leichte intellektuelle Arbeit untere Grenzwerte der Schwankung menschlicher Arbeitsintensität, in Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit, ermittelt. Ferner wird auf Grund langdauernder Überwachung von Arbeitsplätzen im Betriebe die Abhängigkeit des menschlichen Zuschlages von der Länge der Grundzeit/Stück bei Handgeschicklichkeitsarbeit untersucht, in einer Kurve ausgedrückt und mit den von Barth angegebenen Werten, sowie mit den im ersten Abschnitt ermittelten Schwankungskurven verglichen.

Der mögliche wirtschaftliche Vorteil einer großzügig angelegten „Fließenden Fertigung“, der auf der Ersparnis von Betriebskapital und Raum durch Verringerung der Fertigungsdauer/Stück beruht, nahm bisher das Hauptinteresse an dieser Fertigungsart in Anspruch, wobei man sich zufrieden gab, wenn die Frage der Arbeitszerlegung und -bindung so gelöst war, daß sich eine fließende Fertigung eben ermöglichte. Zahlreiche Mißerfolge gerade bei Einführung von Fließarbeit, bei Bildung der ersten „Fließelemente“ von nur wenigen hintereinandergeschalteten Arbeitern zeigten aber deutlich, daß die Frage der Arbeitszerlegung und Arbeitsbindung nicht vernachlässigt werden darf.

Solange die Produktionsbeschleunigung und die dadurch erzielte Betriebskapitalverminderung noch nicht wesentlich ins Gewicht fallen, kann sich ein wirtschaftlicher Vorteil der fließenden Fertigung gegenüber der alten Arbeitsweise nur in der Möglichkeit einer Stücklohnherabsetzung äußern, wobei aber wegen der herausgebrachten größeren Leistung der tatsächliche Verdienst des Arbeiters gegenüber der alten Arbeitsweise noch steigen kann oder sogar muß. Bei starrer ungepufferter Kupplung der Arbeiter wird die jeweils längste Teilzeit den „Arbeitstakt“ angeben<sup>1</sup>. So entstehen für die früher fertig gewordenen Arbeiter die „Zwangstotzeiten“, die unter Umständen den ganzen Nutzen der fließenden Fertigung und oft noch mehr wieder auffressen können, so daß schließlich die herausgebrachte Leistung bei Fließarbeit im Gruppenakkord geringer wird als wenn die Leute im Einzelakkord unabhängig voneinander arbeiten.

Der prozentuale Einfluß der Zwangstotzeiten wird um so größer, je kleiner die Teilarbeitszeit ist.

In je kleinere Teilzeiten die Gesamtarbeit zerlegt wird, um so schwieriger wird die Frage der richtigen Abgleichung der Teilzeiten, die die Vorbedingung für möglichste Verringerung der Zwangstotzeiten ist. Die bei der Planung für die Teilarbeitsgänge anzusetzenden Teilarbeitszeiten können doch nur Mittelwerte sein, die stets gewissen Schwankungen unterworfen sein werden. Rechnet man nun den Einfluß der Werkstoffverschiedenheit und der Veränderlichkeit von Arbeits- und Greifbedingungen auf die Schwankungen der Teilzeiten ab, so bleibt ein Rest, den man als ein Maß der Schwankung menschlicher Arbeitsintensität ansehen könnte und dessen Abhängigkeit von Zeitdauer, Art und Schwierigkeit der Teilarbeit hier experimentell untersucht werden soll.

<sup>1</sup> Vgl. noch Industrielle Psychotechnik II, S. 245 ff.

### Versuche mit Handarbeit.

Im Versuch mußten alle die in der Werkstatt auftretenden Einflüsse wie: Störungen durch Verschiedenheit des Werkstoffes, durch Wechsel der Greifbedingungen infolge etwa Weiterwanderns des Greifortes usw., ausgeschaltet werden. Es mußte ein Arbeitsvorgang geschaffen werden, dessen Grundzeit sich in gewissen Grenzen beliebig verändern ließ, ohne daß dabei die Arbeitsbedingungen verändert wurden, so daß vergleichbare Werte für verschiedene Grundzeiten gewonnen werden konnten. Vor den Messungen mußte eine weitgehende Übungskonstanz erreicht sein. Der Versuchsarbeitsvorgang sollte mittlere Anforderungen an die Handgeschicklichkeit des Arbeiters stellen.

Als Versuchsgerät diente eine Holzplatte aus Rotbuche ( $15 \cdot 80 \cdot 50$ ), in welche Löcher von 5,5 mm Durchmesser gebohrt waren. In diese Löcher mußten gemäß Anweisung Splinte gesteckt werden, 5,3 Durchmesser (siehe Abb. 1).

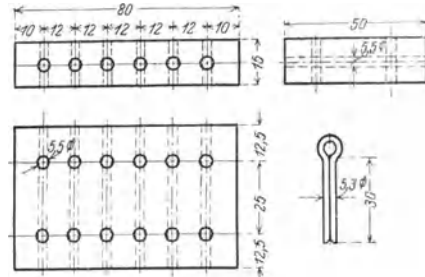


Abb. 1. Versuchsgerät.

Der Versuchsarbeitsvorgang blieb stets in seiner Art der gleiche: Mit der linken Hand Aufgreifen der Holzplatte, in welcher schon die Splinte steckten; umstecken der Splinte mit der rechten Hand in andere Löcher gemäß Vorschrift, Weglegen der Platte mit der linken Hand. Als „Grundzeit“ wurde die Zeit für die „Bearbeitung“ einer Platte angesehen und gemessen vom Weglegen der  $n^{\text{ten}}$  Platte bis zum Weglegen der  $(n + 1)^{\text{ten}}$  Platte nach dem Auge-Ohrverfahren mit Hilfe eines ständig laufenden Zeitzeigers (eine Umdrehung = 6 sek), der noch ein genaues Ablesen von 0,1 sek gestattete. Die mittlere Länge der „Grundzeit“, d. h. der Bearbeitung einer Platte, konnte nun durch Änderung der Anzahl der umzusteckenden Splinte in den Grenzen von etwa 2 bis 20 Sekunden verändert werden, ohne daß dabei das Anfassen und Umstecken der einzelnen Splinte den Gesamtarbeitsimpuls / Platte zerriß.

Es wurden bei jeder Versuchsreihe etwa 50 Messungen der Grundzeit vorgenommen und aus ihnen die mittlere Länge der Grundzeit, ihre M. V. (%) und die tatsächliche mittlere Schwankung der Länge der Grundzeit errechnet.

Als Versuchspersonen dienten Lehrlinge des zweiten Lehrjahres.

Aus den zusammengehörigen Grundzeitlängen wurde nun das A. M. (Durchschnitt) gebildet, desgl. der Durchschnitt der mittleren tatsächlichen Schwankung. In Abb. 2 wurde nun die tatsächliche mittlere Schwankung der Grundzeit in Abhängigkeit von der Länge

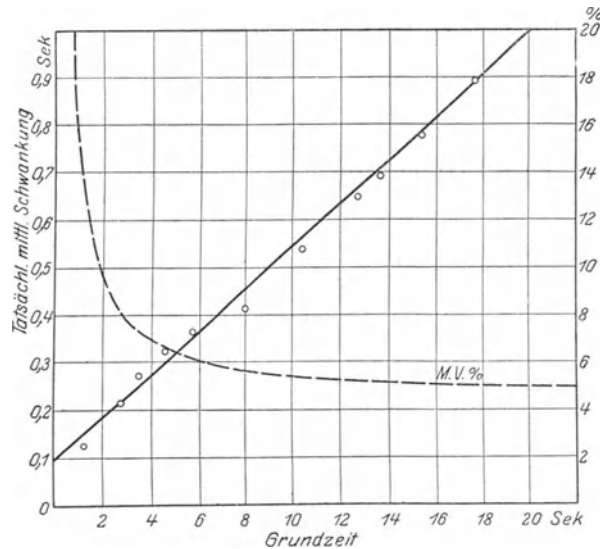


Abb. 2. Tatsächliche und prozentuale mittlere Schwankung in Abhängigkeit von der Grundzeit. (Laboratoriumsversuch.)

der Grundzeit aufgetragen, gemäß den A. M.-Werten der Tafel 1. Die einzutragenden Punkte lagen annähernd auf einer Geraden, welche die Gleichung besitzt:

$$\text{Tatsächliche mittlere Schwankung (sek/stck)} = 0,1 + 0,045 \cdot T_{\text{Grundzeit}}$$

Daraus konnte nun leicht die M. V. in Prozenten der Grundzeit errechnet werden und ergab:

$$\text{M. V. (\%)} = 4,5 + \frac{10}{T_{\text{Grundzeit}}}$$

Diese Kurve wurde ebenfalls eingezeichnet.

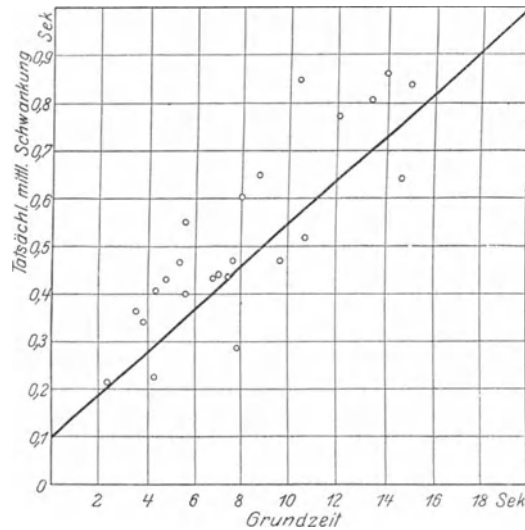


Abb. 3. Tatsächliche mittlere Schwankung in Abhängigkeit von der Grundzeit. (Betriebskontrollen.)

**Tafel 1.** Versuche mit Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit.  
Vp.: Bl., Ro., Ad., L., Voi.

Grundzeit sek/Platte	Tatsächliche mittlere Schwankung sek/Platte
1,19	0,128
2,7	0,216
3,45	0,272
4,556	0,325
5,73	0,366
8	0,44
10,4	0,539
12,73	0,65
13,64	0,694
15,4	0,781
17,73	0,895

Zur Kontrolle dieser im Laboratoriumsversuch gefundenen Werte wurde die mittlere tatsächliche Schwankung im wirklichen Betriebe gemessen in Ab-

hängigkeit von der Länge der Grundzeit bei Handgeschicklichkeitsarbeit. Es wurden zu diesem Zweck vergleichbare Arbeiten mit verschiedener Grundzeitlänge ausgewählt. Der Einfluß wechselnder Greifbedingungen, Materialfehler und andere Störungen wurden berücksichtigt und ausgeglichen. Die Messungen wurden im Betriebe einer keramischen Malerei durchgeführt für Malerarbeiten einfacherer Art und in einer Porzellandreherei für Schablonenarbeit, Hubeldrehen, Fertigmachen und Verputzen. Die bei diesen Betriebsmessungen gefundenen Werte der tatsächlichen mittleren Schwankung wurden in Abb. 3 in Abhängigkeit von der jeweiligen Länge der Grundzeit/Stück aufgetragen und stimmen mit den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche gut überein. Die größere Streuung der einzelnen Punkte ist wohl damit zu erklären, daß hier ja nicht immer die gleiche Arbeit mit veränderlicher Grundzeit, wie es bei den Laboratoriumsversuchen geschah, zugrunde gelegt wurde, sondern daß Arbeiten miteinander in Vergleich gesetzt werden mußten, die voneinander auch etwas in den Geschicklichkeitsanforderungen abwichen. Diese Kontrolle bestätigte die Erkenntnis, daß bei vergleichbarer Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit bei Grundzeiten/Stück von etwa 1 bis 20 Sekunden unter Ausschluß störender äußerer Einflüsse die tatsächliche mittlere Schwankung annähernd linear mit der Länge der Grundzeit wächst, wie die Laboratoriumsversuche es schon ergeben hatten.

Die tatsächliche mittlere Schwankung im Betriebe, die Schwankung der Zeit/Stück (einschließlich Aufgreifen, Hilfsmaterialfertigmachen, Arbeiten, Wegstellen), muß größer sein, als die im Versuch unter Ausschaltung der störenden Einflüsse gefundenen „Minimalwerte“. Sucht man den Störungsgrund hauptsächlich im Wechsel der Greifbedingungen

und in Werkstoffverschiedenheiten, so ist diese Ursache doch als unabhängig von der Länge der Grundzeit anzusehen, denn die Griffe wiederholen sich je Grundzeit und die Werkstoffstörungen werden auch nicht gesetzmäßig von der Grundzeitlänge abhängen können. Folglich muß die tatsächliche mittlere Schwankung infolge von Wechsel der Greifbedingungen und Störungen einen von der Grundzeit unabhängigen Zuwachs erhalten.

Die Gleichung der tatsächlichen mittleren Schwankung wird dann:

$$\text{Tatsächliche mittlere Schwankung (sek/stck)} = 0,1 + Z + 0,045 \cdot T_g$$

d. h.: die Gerade verschiebt sich zu sich selbst parallel senkrecht aufwärts. Die Kurve für die M. V. (%) nimmt dann folgende Form an:

$$\text{M. V. (\%)} = 45 + \frac{10 + 100 \cdot Z}{T_g}$$

Dies ist in Abb. 4 dargestellt.

Die Kurvenschar, d. h. die M. V. (%) der Grundzeit in Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit bei Annahme eines von der Grundzeit unabhängigen Zuwachses, hat unverkennbar Ähnlichkeit mit der Barthschen Zuschlagskurvenschar: Zuschlag (%) in Abhängigkeit von der Summe der Durchschnittsminima für verschiedenen Anteil der Handarbeit an der Gesamtzeit (vgl. Abb. 5). Der größere Anteil Maschinenzeit bei Barth würde hier bei unseren Schwankungskurven einem größeren von der Grundzeit unabhängigen Zuwachs entsprechen. Im zweiten Teile des Aufsatzes wird noch einmal darauf verwiesen werden.

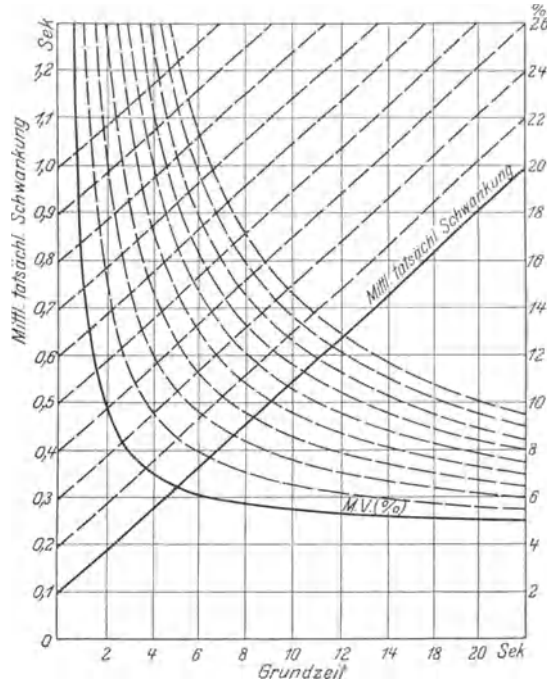


Abb. 4. M. V. (%) der Grundzeit in Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit.

Einfluß eines von der Länge der Grundzeit unabhängigen Zeitzuwachses auf die Schwankungen =  $f$  (Grundzeit).

### Versuche mit intellektueller Arbeit.

Diese Betrachtungen legten nun die Frage nahe, ob diese bei reiner Handarbeit ermittelten tatsächlichen mittleren Schwankungen reine Schwankungen der Geschicklichkeit oder ob es Schwankungen der menschlichen Intensität ganz allgemein wären: Schwankungen der Konzentration, der Disposition, der Impulsgebung oder ähnliches, die sich dann auch bei rein intellektueller Arbeit unter vergleichbaren Bedingungen in ähnlicher oder gleicher Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit erweisen müßten.

Um dies festzustellen, wurden zwei voneinander unabhängige Versuchsreihen angestellt.

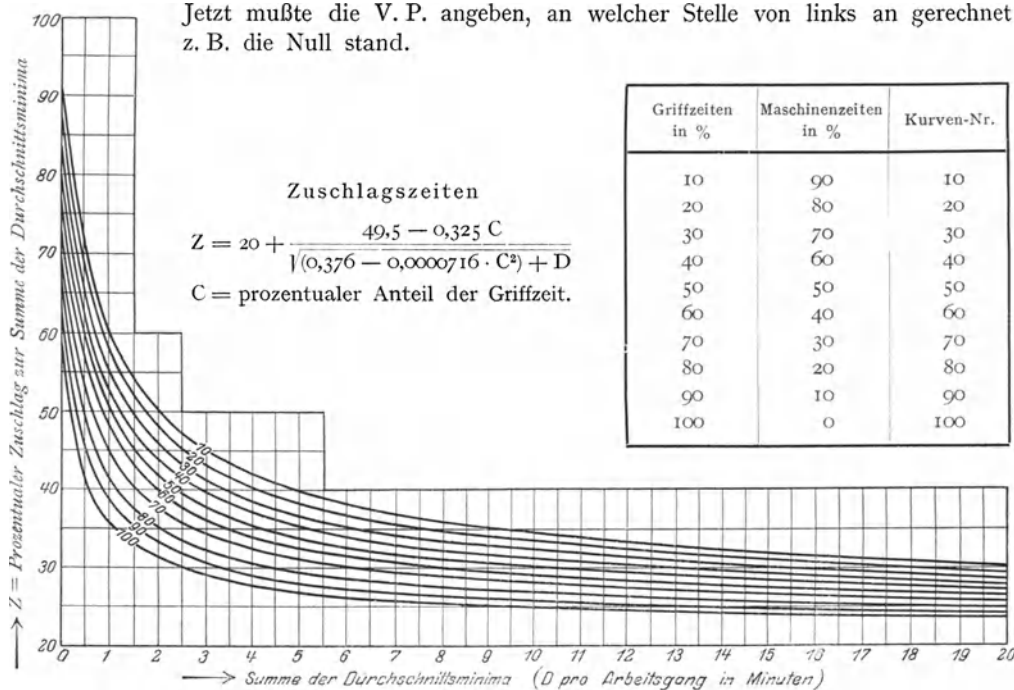
1. Zahlensortieren: Es mußte ein Arbeitsvorgang geschaffen werden, der, wie vorher bei der Handarbeit durch Änderung der Anzahl umzusteckender Splinte, jetzt durch Änderung der Anzahl herauszusortierender Ziffern die gewünschte Veränderlichkeit der Grundzeit ermöglichte, ohne dabei die Arbeitsbedingungen zu stören. Jede Beeinflussung des Ergebnisses etwa durch Handungeschicklichkeit mußte vermieden werden, deswegen wurde das „Werkstück“, hier bestehend aus 21 Ziffern, zu je sieben in drei Reihen übereinander stehend, nur mit dem Auge, dem Blick, „erfaßt“ und das Herausortieren erfolgte nur durch „Ansagen“ der herauszusuchenden Ziffer und ihrer Stellenzahl innerhalb



der siebenstelligen Zahl. Mußte V. P. mehrere verschiedene Ziffern herausortieren, so hatte sie bei der Arbeit allerdings einen „geistigen Werkzeuggriff“, nämlich die Umstellung der Aufmerksamkeit von der einen Ziffer auf die nächste, zu leisten. Hätte die V. P. dagegen nur immer eine Ziffer zwecks Veränderung der Grundzeit aber aus mehreren siebenstelligen Zahlen herausuchen müssen, so wäre die „Umstellung“ zwar fortgefallen, dafür wären aber weitere „geistige Werkstückgriffe“, nämlich das mit dem Blick- Erfassen der vielen siebenstelligen Zahlen hinzugekommen<sup>1</sup>.

Dem Handarbeitsbeispiel des Splintenumsteckens schien folgendes Arbeitsschema am besten zu entsprechen:

Der V. P. wurden drei übereinanderstehende siebenstellige Zahlen dargeboten, welche jede aus den Ziffern 0, 1, 2, 4, 5, 7, 8 in abwechselnder Reihenfolge gebildet waren. Jetzt mußte die V. P. angeben, an welcher Stelle von links an gerechnet z. B. die Null stand.



Beispiel:                    0 2 1 5 4 7 8  
                               1 5 4 7 0 8 2  
                               7 0 2 5 8 1 4.

Dann hatte die V. P. anzusagen:

„Null/Eins, Null/Fünf, Null/Zwei.“

Um eine längere Grundzeit zu erzielen, sollte jetzt z. B. die V. P. herausortieren: die Null, die Eins und die Zwei.

Dann hatte die V. P. anzusagen:

„Null/Eins, Null/Fünf, Null/Zwei, Eins/Drei, Eins/Eins, Eins/Sechs, Zwei/Zwei,  
 Zwei/Sieben, Zwei/Drei.“

<sup>1</sup> Diese „geistigen Werkzeug- und Werkstückgriffe“ sind durchaus nachweisbar und nicht zu vernachlässigen.

Als „Werkstück“ dienten immer 21 Ziffern. Auf einem Papierstreifen, der unter einem Schlitz verschiebbar war, waren 50 siebenstellige Zahlen aufgedruckt. Der Schlitz bot immer drei siebenstellige Zahlen = 21 Ziffern dar, die nach jedem Versuch durch Verschieben des Papierstreifens bequem und schnell verändert werden konnten. Vor Beginn des Versuches wurde der Schlitz verdeckt. Als „Grundzeit“ wurde vom Augenblick des Freigebens des Schlitzes bis zum letzten Worte des im Ansagen der Stellenzahlen bestehenden „Arbeitsganges“ die Zeit wieder wie bei Handarbeitsversuchen mit Hilfe des umlaufenden Zeitzeigers gemessen.

Nach genügender Einübung wurden jedesmal aus 25 Messungen das A. M. der Grundzeit und die tatsächliche mittlere Schwankung der Grundzeit errechnet.

Die Versuche wurden mit Lehrlingen im zweiten Lehrjahr als V. P. ausgeführt (Ad . , Hei . , Vo . , Göp . , Ro . ), die Ergebnisse in der Tafel 2 zusammengestellt und in Abb. 6 aufgezeichnet.

2. Kopfrechnen, Addieren von einstelligen Zahlen.

Die Veränderlichkeit der Grundzeit wurde durch Veränderung der Anzahl der zu addierenden Ziffern erwirkt. Die Ziffern standen in Spalten zu je 10 Ziffern untereinander und waren auf Papierstreifen gedruckt, durch deren seitliches Verschieben bequem und schnell nach jedem Versuch neue Zahlenkombinationen geschaffen

**Tafel 3.** Versuchsergebnisse: Kopfrechnen — Addieren von einstelligen Zahlen hintereinander.

Vpn.: Angehörige der Lohnbuchhaltung, sehr geübt im Kopfrechnen.

Grundzeit Sekunden	Tatsächliche mittlere Schwankung Sekunden
2,78	0,182
3,05	0,264
4,4	0,344
6,24	0,298
6,35	0,428
7,53	0,342
9,70	0,530
9,78	0,476
11,74	0,580
13,00	0,504
13,70	0,670
14,30	0,885
15,58	0,616
17,70	1,060
19,1	0,740
19,8	1,170

**Tafel 2.** Versuchsergebnisse: Zahlensortieren in Mittelwerten.

Vpn.: Lehrlinge, 15—16 Jahre alt, kurze Einübung vor dem Versuch.

Grundzeit Sekunden	Tatsächliche mittlere Schwankung
2,95	0,323
6,08	0,525
9,6	0,754
14,2	1,05
17,1	0,99
21,2	1,09

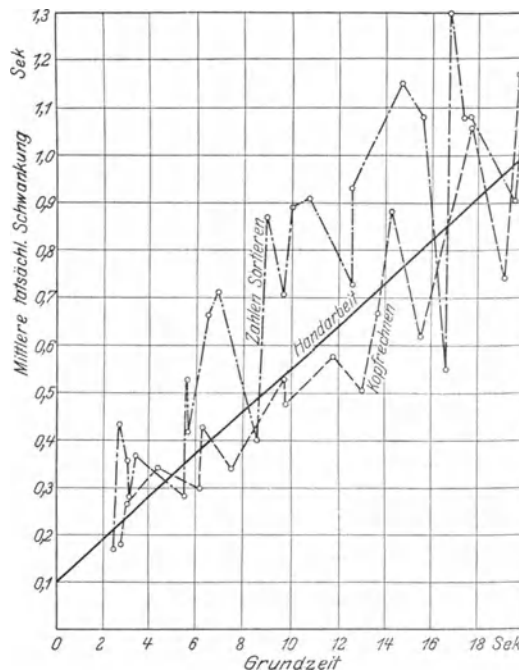


Abb. 6. Mittlere tatsächliche Schwankung in Abhängigkeit von der Grundzeit beim Zahlensortieren und Kopfrechnen.

werden konnten. Als „Grundzeit“ wurde in gleicher Weise wie vorher mit dem Zeitzeiger die Zeit für das Addieren von einer Spalte, zwei Spalten, drei Spalten usw. gemessen.

Als V. P. dienten Angehörige der Lohnbuchhaltung beiderlei Geschlechts, die im Kopfrechnen eine sehr große Übung besaßen, da es sich herausgestellt hatte, daß die für die Ermittlung der mittleren tatsächlichen Schwankung aus nur 25 Versuchswerten nötige Übungskonstanz bei ungeübteren Rechnern nicht erzielt werden konnte.

Die Ergebnisse der Rechenversuche wurden in der Tafel 3 zusammengestellt und in Abb. 6 in Abhängigkeit von der jeweiligen Grundzeit eingezeichnet.

Bei ungeübten Vpn. sind die Schwankungen um ein Vielfaches größer.

### Zusammenstellung, Erörterung und Anwendung der Ergebnisse.

Vergleicht man die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche und der Betriebsmessungen über die mittlere tatsächliche Schwankung bei Handarbeit mit den Ergebnissen der Zahlensortier- sowie Additionsversuche über die Schwankungen bei rein intellektueller Arbeit, so findet man fast vollkommene Übereinstimmung. Daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß man es hier ganz allgemein mit Schwankungen der menschlichen Arbeitsintensität zu tun hat.

Das Ergebnis wurde in die Formel zusammengefaßt:

$$\text{Mittlere tatsächliche Schwankung} = 0,1 + 0,045 \cdot T_{\text{Grundzeit}}.$$

(Minimalwert für störungsfreie mittelschwere Hand- und intellektuelle Arbeit.)

Aus der Struktur der Formel kann man nun den Schluß ziehen, daß die Schwankungen von zwei Ursachen bewirkt werden.

Das konstante Glied [0,1 sek/stck (Schwankung/Stück)] ist damit zu erklären, daß der Arbeitende sich nicht immer mit gleicher Schnelligkeit den Impuls zum Beginn des Arbeitsvorganges erteilen kann, welche Erscheinung Moede den Beharrungswiderstand nennt.

Das von der Länge der Grundzeit abhängige Glied  $[0,045 \cdot T_{\text{Grundzeit}}]$  sei durch folgendes Beispiel erklärt und veranschaulicht

Um einen Arbeitsvorgang von einer Grundeinheit zu erledigen, benötige der Arbeitende bei höchster Intensität  $a$  Sekunden als unteres Extrem, bei niedrigster Intensität  $A$  Sekunden als oberes Extrem. Die möglichen Schwankungen liegen dann zwischen  $a$  und  $A$ , der Schwankungsbereich ist also  $= (A - a)$ . Bei einem Arbeitsvorgang von  $Z$  Grundeinheiten wird danach rein rechnerisch

$$E_u = Z \cdot a$$

$$E_o = Z \cdot A$$

Der Schwankungsbereich wird dann  $= Z \cdot (A - a)$ , d. h. er wächst linear mit der Grundzeit.

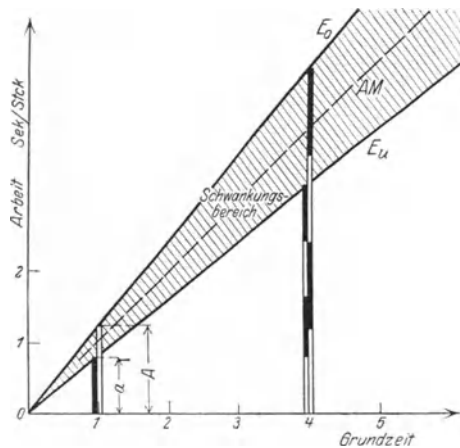


Abb. 7. Schematische Darstellung der Schwankungsbreite.

In Abb. 7 ist dieses Anwachsen des Schwankungsbereiches mit steigender Grundzeit veranschaulicht.

Auf diese Weise läßt sich die in den Laboratoriumsversuchen und im Betriebe nachgewiesene lineare Abhängigkeit der mittleren tatsächlichen Schwankung von der Länge der Grundzeit theoretisch begründen.

Um nun das Zusammenwirken beider die Schwankungen hervorrufender Ursachen zu veranschaulichen, sei es gestattet, ein Vergleichsbeispiel aus dem Sport heranzuziehen, den Lauf. Als Grundzeit wäre anzusehen: Die Zeit vom Ablaufkommando bis zur Erreichung des Zieles. Die Schwankungen des Einsetzens des Arbeitsimpulses wären hier: Das „Ab-

kommen“ beim Ablauf. Die von der Länge der Grundzeit abhängigen Schwankungen finden wir beim Lauf in den Schwankungen der Laufzeiten wieder, mit der Länge der Strecke wachsend. Je kürzer nun die zu durchlaufende Strecke, desto wichtiger der richtige Ablauf, je länger die Strecke, desto geringer wird der Einfluß des Ablaufs.

Dies entspricht genau unserer Formel: Je geringer die Länge der Grundzeit, desto größeren Einfluß hat das Glied  $0,1$ , bei größeren Grundzeiten überwiegt dagegen der Einfluß des Gliedes  $+ 0,045 \cdot T_{\text{Grundzeit}}$ .

Sieht man die aus den Versuchen und Betriebsbeobachtungen gewonnenen Schwankungswerte als untere Grenzwerte menschlicher Arbeitsintensitätsschwankungen an, weil sie ja unter bestmöglichen Arbeitsbedingungen störungsfrei gemessen wurden, so kann man diese Werte als Vergleichsmaßstab bei Betriebsuntersuchungen benutzen.

Für diesen Zweck erscheint die tatsächliche mittlere Schwankung in ihrer linearen Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit weit geeigneter, als die prozentuale Schwankung M. V. (%) in ihrer Abhängigkeit nach der Hyperbelfunktion.

Mißt man nun in einem Betriebe bei vergleichbaren Arbeitsbedingungen die tatsächlichen mittleren Schwankungen für verschiedene Länge der Grundzeit (Zeit/Stück) und trägt sie in einem Kurvenblatt auf, so kann man deutlich erkennen, wie weit man von dem Idealfall der Minimalschwankungen noch entfernt ist, d. h. wie groß die Einwirkung äußerer Einflüsse auf die Gleichförmigkeit des Arbeitens ist. Arbeitet der Mann im Einzelakkord, ohne mit anderen Arbeitern starr gekuppelt zu sein, so werden diese Schwankungen erzeugenden Einflüsse vielleicht nur eine Mechanisierung und Rhythmisierung der Arbeit erschweren. Handelt es sich aber um starre Kupplung mehrerer Arbeiter zu fließender Fertigung, so müssen gerade bei kleinen Teilzeiten (2 bis 20 Sekunden) die Schwankungen auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden, da sie in diesem Falle sofort Zwangstotzeiten erzeugen würden, die die Wirtschaftlichkeit der fließenden Fertigung gefährden.

### Der Zeitzuschlag nach Barth.

Aus dem Umstande, daß in den Betrieben die Arbeitsbedingungen sehr oft von dem Bestfalle der vollkommenen Störungsfreiheit weit entfernt sind, ergibt sich sofort, daß bei der Vorschätzung der Soll-Leistung eines Arbeitsplatzes Störungen und Versäumnisse mit in Rechnung gesetzt werden müssen. Der amerikanische Mathematiker Barth hat dies wohl als Erster erkannt. Die aus den Zeitstudien gewonnenen Zeitwerte dürfen nicht ohne weiteres als Grundlage für die vorauszurechnende Leistung dienen, sondern diese gemessenen Zeitwerte müssen durch Zuschläge gesenkt werden, wobei der Zuschlag alle wesentlichen

leistungsbeeinflussenden Anteile berücksichtigen muß, beispielsweise: Störungen und Versäumnisse, den Anteil der Handarbeits-

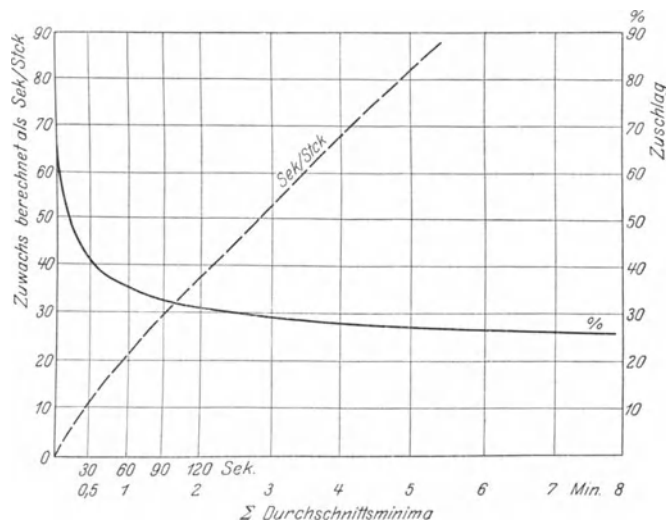


Abb. 8. Barthsche Zuschlagskurve für reine Handarbeit.

zeit an der Gesamtzeit/Stück, psychophysische Einflüsse, Ermüdung, kurz gesagt, eben die Arbeitsbedingungen und den Menschen in seiner Einpassung darein.

Die Ergebnisse aller seiner Beobachtungen hat Barth<sup>1</sup> zusammengefaßt in seiner „Kurve der Zuschlagszeiten“ (Abb. 5).

Für die Untersuchung von reiner Handarbeit kommt aus dem Kurvenblatt die Kurve mit  $C = 100\%$  in Frage, die in Abb. 8 besonders heraus gezeichnet worden ist. Schon

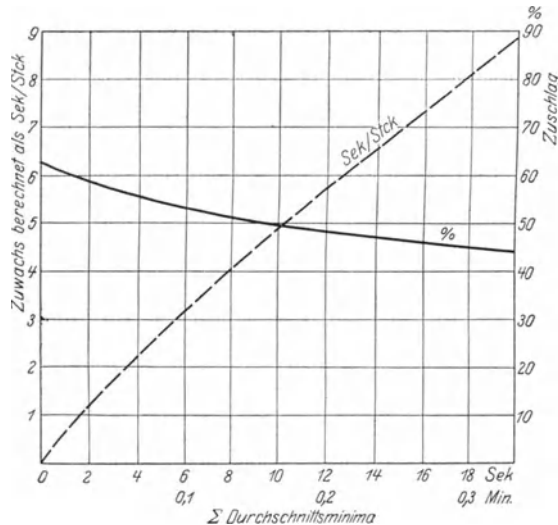


Abb. 9. Barthsche Zuschlagskurve für reine Handarbeit (0 bis 20 sek)

$$Z\% = 20 + \frac{17}{\sqrt{0,16 + D}}$$

Abbiegen der Kurve nach dem Nullpunkt nur durch die mathematische Struktur der Zuschlagsformel bedingt, und daß die Barthsche Kurve für kleine Grundzeiten von 1 bis 20 Sekunden nicht gut anwendbar sei.

### Der menschliche Zuschlag.

Um diesen nachzuprüfen, wurde in verschiedenartigen Betrieben durch Überwachung von Arbeitsplätzen von im Mittel 2 bis 3 Monaten der „Menschliche Zuschlag“ für vergleichbare Handgeschicklichkeitsarbeit, in Abhängigkeit von der Länge der mittleren gestoppten Zeit/Stück ermittelt. Die Messungen und Berechnungen geschahen folgendermaßen:

Da die an den überwachten Arbeitsplätzen herzustellenden Stücke häufig wechselten und damit auch die mittlere gestoppte Zeit/Stück schwankte, so wurde das Mittel aus einer über 10 Wochen dauernden Überwachung genommen als

$$\text{Mittlere gestoppte Zeit/stück} = T_p. \text{ sek/stück.}$$

Die Arbeitsbedingungen der Handgeschicklichkeitsarbeit blieben während der Monate der Untersuchungen konstant vergleichbar.

<sup>1</sup> Merrick: „Time Studies as a Basis for Rate Setting. Moede: „Die psychotechnische Arbeitsstudie“, Prakt. Psychologie Helt 5, Febr. 1920. Moede: „Die Experimentalpsychologie im Dienste des Wirtschaftslebens“, Springer 1919. Michel: „Wie macht man Zeitstudien?“ V.D.I. 1920. Michel: „Zeitstudien“, Betrieb 1919, S. 133. Weber: „Eine psychologische Methode, die Leistungsfähigkeit ermüdeten menschlicher Muskeln zu erhöhen“, Archiv für Anatomie und Physiologie, Leipzig 1914.

Ferner wurde die für ein Stück anteilige Zeit im Arbeitsgang begründeter oder sonst nachweisbarer Versäumnisse während der Zeit der Überwachung gemessen und daraus das Mittel genommen:

- t = sek/stck Anteil Versäumnis für Transporte, Behälterstellen usw.  
 h = sek/stck „ „ „ Zurechtmachen oder Holen des Hilfsmaterials  
 u = sek/stck „ „ „ durch Materialfehler, Ausschub usw.  
 v = sek/stck Anteil Versäumnis durch nachweisbare Unpünktlichkeit oder Störungen usw.  
 (t + h + u + v) = n = nachweisbarer Versäumnisanteil/stck.

Dividiert man die Sekundenzahl der Arbeitswoche durch die Anzahl der in dieser Zeit fertiggestellten Stücke, so erhält man die tatsächlich je Stück benötigte Zeit

$$\text{Mittlere tatsächliche Zeit/stck} = T_t \cdot (\text{sek/stck}).$$

Die mittlere tatsächliche Zeit/stck ist natürlich größer als die mittlere gestoppte Zeit/stck, aber sie ist auch noch größer als die mittlere gestoppte Zeit plus nachweisbarem Versäumnisanteil:

$$T_t > T_p + n.$$

Die Differenz wollen wir den „menschlichen Zuschlag“ = m nennen, denn er kann ja nur daher rühren, daß wir es hier mit arbeitenden Menschen, nicht mit automatischen Maschinen zu tun haben

$$T_t = T_p + n + m.$$

In diesem menschlichen Zuschlag m kommt der Einfluß der äußeren und auch der inneren Arbeitsbedingungen des Menschen deutlich zum Ausdruck. Von außen wirken Beleuchtung, Lüftung, Sauberkeit, Gefahrlosigkeit, Temperatur, Wetter, Rhythmus, Zwangstempo, Gemeinschaft, Abwechslung, Monotonie, Spezialisierung, Mechanisierung usw., von innen Lust und Befriedigung am Schaffen, Verdienstanreiz, Weltanschauung, Gesundheits- und Kräftezustand, häusliche Verhältnisse, Konzentrationsfähigkeit, Disponiertheit, Aufgelegtheit, Einstellung, Eignung, Ermüdung usw. auf den Arbeiter ein und bedingen dadurch Schwankungen der Arbeitsintensität. In diesem Sinne erscheint es berechtigt, die Zuschlagskurven als Schwankungskurven anzusehen, mit denen sie dem Kurvencharakter nach große Ähnlichkeit haben, deren Absolutwerte aber bedeutend niedriger liegen.

Je mehr der arbeitende Mensch sein Arbeitstempo von der zu bedienenden Maschine aufgezwungen bekommt, um so gleichmäßiger wird er arbeiten müssen, um so geringer werden Schwankungen und Zuschläge sein. Untersuchungen an Maschinen, welche dem Arbeiter ein gewisses Zwangstempo vorschrieben, ergaben dort weit geringere Zuschläge, als bei freiem Tempo. In einer bestimmten Zeitspanne mußte das Werkstück fertig bearbeitet sein, sonst wurde es Ausschub, den der Arbeiter bezahlen mußte. Wollte der Arbeiter seine Arbeit unterbrechen, vielleicht um hinauszugehen, so mußte er vorher die zuletzt gearbeiteten Werkstücke weiter verarbeiten, ohne die Maschine neu zu beschicken, wovor sich der Arbeiter wegen des verhältnismäßig großen Zeitverlustes scheute und lieber die Arbeit nicht unterbrach. Inwieweit eine solche Verkettung des Arbeiters mit der Maschine auf den Arbeiter selbst ungünstig einwirkte, wurde objektiv nicht festgestellt. Bemerkenswert erscheint jedoch, daß gerade bei diesen Arbeiten Unzufriedenheit, Abspannung am Schluß der Arbeit und häufiger Arbeiterwechsel beobachtet werden konnte.

In der „fließenden Fertigung“ bei der Arbeit „am Band“ mit Zwangstakt muß ja theoretisch der menschliche Zuschlag gleich Null werden. Die Tatsache aber, daß stets Hilfsleute zum augenblicklichen Einspringen bereitgehalten werden müssen<sup>1</sup>, beweist doch, daß der menschliche Zuschlag zwar herabgedrückt aber nie ganz gleich Null gemacht werden kann.

### Messungen im Betriebe.

Es wurde in verschiedenen Betrieben für annähernd gleiche Anforderungen stellende Handgeschicklichkeitsarbeit (teils Spezialarbeit, Malen, Stempeln, Schablonenarbeiten usw.,

<sup>1</sup> Rieppel: Fordbetriebe und Fordmethoden. Oldenburg-München 1925, S. 17.

teils ganz allgemeine Arbeit wie Verpacken) für Frauen und Männer, im Einzel- oder Gruppenakkord, zu zweien bei freiem Arbeitstempo an Arbeitsplätzen mit verschiedenen Grundzeiten etwa 10 Wochen lang täglich dreimal die Zeit/Stück abgestoppt und daraus das Mittel für jeden Arbeitsplatz, das betreffende  $T_p$ , die mittlere gestoppte Zeit/Stück ermittelt. Ebenso wurden die nachweisbaren Versäumniszeiten für jeden Arbeitsplatz gemessen und aus den Lohnbüchern wurde das  $T_t$ , die mittlere tatsächlich verbrauchte Zeit/Stück errechnet. Der menschliche Zuschlag als Anteil/Stück ergab sich dann:

$$m = T_t - T_p - n \cdot \text{sek./stck.}$$

Als Zuschlag in vom Hundert der mittleren gestoppten Zeit ergibt sich:

$$Z_m (\%) = 100 \cdot \frac{m}{T_p} \%$$

Die Ergebnisse der Arbeitsplatzüberwachungen sind in Tafel 4 zusammengestellt.

**Tafel 4.** Menschlicher Zuschlag in Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit.

Arbeit	Arbeiter-Schaltung	Mittlere gestoppte Zeit/Stck.	m	Z <sub>m</sub>
		Sek./Stck.	Anteil/Stck. Sek./Stck.	Zuschlag vH
Rä. 1	1 Mann + 1 Frau	2,5	2,6	104,00
Hkl. 2	2 Frauen	4,7	2,82	60,00
Vpck. 3	1 Frau	4,9	2,44	50,00
Ma. 4	2 Männer	7,6	2,88	38,00
Ma. 5	2 Männer	8,9	3,29	37,00
Dr. 6	1 Mann	12,00	3,6	30,00
So. 7	1 Frau	12,00	3,00	25,00
Spa. 8	1 Frau	15,00	3,6	24,00
Dr. 9	1 Mann	15,6	3,4	21,8

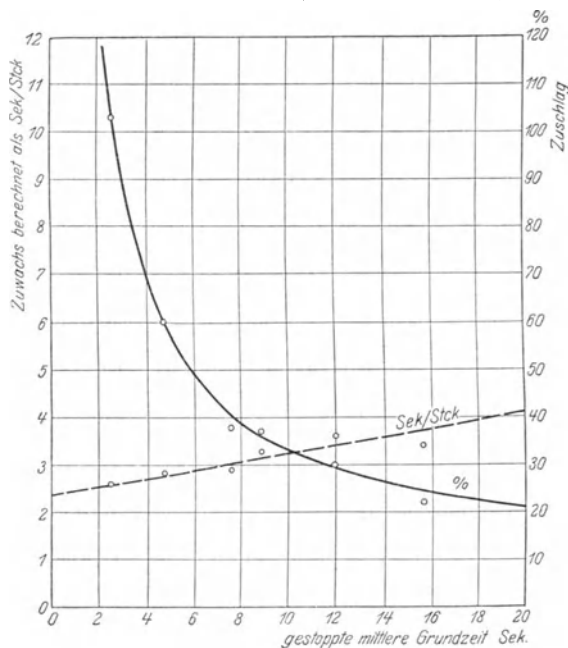


Abb. 10. Zuschläge für Handarbeit bei kleinen Grundzeiten. (Freies Arbeitstempo.)

Aus den Werten wurde Abb. 10 gezeichnet: Zuschläge für Handarbeit bei kleinen Grundzeiten und freiem Arbeitstempo. Vergleicht man Abb. 10 mit Abb. 9, der Barthschen Kurve, so findet man die Vermutung bestätigt, daß die Barthsche Kurve für Teilzeiten unter 0,5 Minuten nicht gut anwendbar ist. Ein Vergleich beider Kurven ist wohl möglich, wenn auch Barth als Abszisse die „Durchschnittsminima“, vorliegende Untersuchung dagegen ganz einfach die mittlere gestoppte Grundzeit benutzt. Da nun Barths „Durchschnittsminima“ ein schärferes Zeitmaß darstellen als einfache Mittelwerte, so ist zu erwarten, daß bei ihm die Zuschläge höher liegen müßten als in der Untersuchung. Dies ist auch für Grundzeiten, die größer als 6 Sekunden sind, der Fall. Aber für ganz kleine

Grundzeiten, unterhalb von 6 Sekunden, ergaben die Untersuchungen ganz grundsätzliche Abweichungen von der Barthschen Kurve: Die Linie des anteiligen Zuwachses/Stück krümmt sich nicht dem Nullpunkt zu für die Grundzeit Null, wie bei Barth, sondern schneidet für die Grundzeit Null die Ordinatenachse etwa im Punkte 2,4 sek/stck. Dies erscheint auch viel einleuchtender, denn ein Grund, daß die Linie durch den Nullpunkt gehen muß, ist arbeitstechnisch kaum vorhanden. Legt man an die Linie des anteiligen Zuwachses/Stück in Abb. 9 etwa im Punkte für das Durchschnittsminimum = 20 Sekunden die Tangente, so würde diese auf der Ordinatenachse ebenfalls ein Stück von etwa 2 sek/stck abschneiden.

Ob die Linie des Zuwachses/Stück durch den Nullpunkt geht oder nicht, ist für den Verlauf der prozentualen Zuschlagskurve von großer Wichtigkeit. Aus Abb. 10 ist ersichtlich, daß der prozentuale Zuschlag die 62,5 %, die die Barthsche Formel als Maximum angibt, bei sehr kleinen Grundzeiten weit überschreiten kann. Zuschlag zur Grundzeit Null =  $\infty$ . Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden ebenfalls in eine Formel gekleidet. Die Linie des anteiligen Zuwachses/Stück konnte in ihrem Verlaufe für die Grundzeiten bis 20 sek/stck als Gerade angesehen werden, welche von der Ordinatenachse das Stück 2,4 sek/stck abschneidet und den Richtungsfaktor von etwa rund 0,09 besitzt.

Die Gleichung des Zuwachses/Stück wird dann:

$$m = 2,4 + 0,09 \cdot T_p \text{ (sek/stck).}$$

Der Zuschlag in Prozenten von  $T_p$  erhält dann folgende Formel:

$$Z_m = 100 \cdot \frac{m}{T_p} = \frac{100 \cdot (2,4 + 0,09 T_p)}{T_p} = \frac{240 + 9 T_p}{T_p}$$

$$Z_m = 9 + \frac{240}{T_p}.$$

Weil die großen Intensitätsschwankungen an den einzelnen verschiedenen Wochentagen ja periodisch jede Woche wiederkehren müssen, wurden in diesen Untersuchungen alle Zuschläge, der Lohnrechnung folgend, aus der Wochenleistung des Arbeiters errechnet.

Versuche, die tatsächlichen Betriebswochenzuschläge durch etwa einstündige Arbeitsversuche im Laboratorium ermitteln zu wollen, schlugen fehl. Auch die Abhängigkeit des menschlichen Zuschlags von der Länge der Grundzeit ließ sich im Laboratoriumsversuch nicht einwandfrei nachweisen, da Fehlermöglichkeit und Schwankungen beim Ermitteln der „Mittleren gestoppten Zeit/stck“ =  $T_p$  größer waren, als der anteilige Zuwachs/stck =  $m$  (sek/stck), der fast nur 10% des Wochenzuschlages betrug.

Die gefundene Zuschlagskurve:

$$Z_m (\%) = 9 + \frac{240}{T_p} \%$$

konnte daher nur im Betriebe durch Stichproben (von einer Woche Dauer) nachgeprüft werden. Es wurde dabei sogar noch für Grundzeiten von bis etwa einer Minute/Stück gute Übereinstimmung mit den Kurvenwerten gefunden. Zeigten sich größere Abweichungen von der Kurve, so lag immer ein nachweisbarer Grund vor (Zwangstempo durch Fesselung an den Arbeitsplatz, zu starke Ermüdung, Absicht u. ä.).

Die gefundene Kurve darf demnach wohl für reine Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit unter normalen Arbeitsbedingungen bei kleinen Grundzeiten als Durchschnitt des menschlichen Zuschlages gelten.

Zur Erörterung der gefundenen Zuschlagskurven sei einmal der vereinfachte Fall angenommen, daß die Zeit für nachweisbare Störungen  $n = \text{Null}$  sei. Dann ist die tatsächlich verbrauchte Zeit/stck  $T_t = \text{der mittleren gestoppten Zeit/stck } T_p + \text{menschlichem Zuwachs/stck } m$ :

$$T_t = T_p + m,$$



für  $m$  den Formelausdruck eingesetzt ergibt:

$$T_t = T_p + 2,4 + 0,09 \cdot T_p = 2,4 + 1,09 \cdot T_p.$$

Das Verhältnis der für die Arbeit zur Verfügung stehenden Zeit zu der ausgenutzten Zeit ist =  $\frac{T_t}{T_p} = \frac{\text{tatsächl. Zeit/stck}}{\text{mittl. gestoppte Zeit/stck}}$

$$\frac{T_t}{T_p} = \frac{2,4 + 1,09 \cdot T_p}{T_p} = 1,09 + \frac{2,4}{T_p}.$$

Nimmt man den Gültigkeitsbereich der aus den Betriebsüberwachungen gewonnenen Zuschlagsformel von Null bis etwa 25 Sekunden Grundzeitdauer an, so wird nach obiger Formel im günstigsten Falle (bei 25 Sekunden Grundzeit) die Arbeitszeit etwa zu 85 % ausgenutzt werden können, bei 15 Sekunden Grundzeit zu 80 %, bei 7 Sekunden Grundzeit nur zu 70 % und bei noch kleineren Grundzeiten fällt die Ausnutzungsmöglichkeit nun sehr rasch ab, bei  $2\frac{1}{2}$  Sekunden Grundzeit ist sie schon auf 50 % gesunken, d. h. zu der mittleren gestoppten Zeit muß ein Zuschlag von 100 % genommen werden!

Eine Erklärung dafür kann man aus dem Aufbau des Formelausdruckes folgern:

$$\frac{T_t}{T_p} = 1,09 + \frac{2,4}{T_p}.$$

Dieser Ausdruck ist immer größer als Eins.  $\frac{T_t}{T_p} = \text{Eins}$  wäre der Idealfall einer 100%igen Arbeitszeitausnutzung.

Das erste, von  $T_p$  unabhängige Glied 1,09 berücksichtigt wohl hauptsächlich, daß der arbeitende Mensch bei freiem Arbeitstempo dann und wann seine Arbeit für kurze Zeit unterbrechen muß (Bedürfnisse, Gespräch mit dem Meister wegen Arbeitsanweisung u. ä.).

Das zweite Glied  $\frac{2,4}{T_p}$  wächst mit sinkender Grundzeit. Je kleiner die Grundzeit, die mittlere gestoppte Zeit/stck  $T_p$ , desto häufiger muß der „Arbeitsimpuls“ wiederkehren, der Antrieb zum Beginn der Arbeit am frischen Werkstück, den der Arbeiter bei freiem Arbeitstempo sich selbst immer wieder geben muß. Da nun hier die Versuchung für den Arbeitenden, eine „Stückpause“ (nach Moede) einzuschalten, nahe liegt, wird der Einfluß dieses Gliedes bei längeren Grundzeiten, also weniger häufig wiederkehrenden Arbeitsimpulsen, geringer werden.

Diese Erklärung der Wirkung des „Arbeitsimpulses“ lehrt ferner, daß es nicht angängig ist, z. B. für einen aus 3 etwa gleichlangen Teilen bestehenden Arbeitsvorgang von 12 Se-

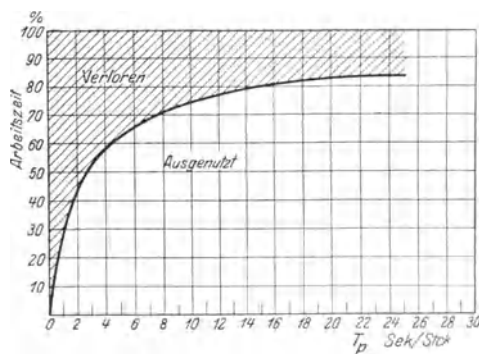


Abb. 11. Maximal ausnutzbare Arbeitszeit bei Fortfall aller Störungen.

kunden Dauer/Stück, der aber vom Arbeiter in einem Arbeitsimpuls, sozusagen „in einem Zuge“ erledigt werden kann, als Grundzeit für die Zuschlagsvorausrechnung eine kleine Teilzeit, hier also etwa 4 Sekunden, ansetzen zu wollen, anstatt wie es richtig wäre, die Zeit der periodischen Wiederkehr des Arbeitsimpulses, hier also 12 sek/stck, der Zuschlagsrechnung zugrunde zu legen. Durch Stichproben im Betriebe konnte die Richtigkeit und Wichtigkeit der Beachtung der Wiederkehr des Arbeitsimpulses für die der Zuschlagsrechnung zugrunde zu legende Grundzeit  $T_p$  nachgewiesen werden.

In Abb. 11 ist die Ausnutzbarkeit der Arbeitszeit bei freiem Arbeitstempo und Handarbeit mittlerer Geschicklichkeit in Abhängigkeit von der Länge der Grundzeit für den Bestfall dargestellt unter der Annahme, daß arbeitstechnische Störungen, Zwangsversäumnisse u. ä. nicht vorhanden sein sollen (also  $n = \text{Null}$ ).

---

Dadurch hat man nun wieder, ähnlich wie bei den Schwankungskurven, ein Mittel zur Untersuchung eines Arbeitsbetriebes auf innere Störungen und Widerstände, die sich sonst nicht ohne weiteres bemerkbar machen und nachweisen lassen. Liegt der in einem Betriebe mit vergleichbarer Handarbeit bei freiem Arbeitstempo ermittelte Zeitzuschlag über dem vorstehend ermittelten menschlichen Zuschlag, so kann man aus der Differenz Schlußfolgerungen ziehen auf Verbesserungsmöglichkeiten und Verbesserungsnotwendigkeiten der Arbeitsbedingungen.

---

## Lebenslauf.

Am 26. Januar 1900 wurde ich als Sohn des evangelischen Gemeindegemeinschaftslehrers Wilhelm Lossagk zu Berlin geboren. Mein Vater starb bereits im Jahre 1908. Ich besuchte das humanistische Lessing-Gymnasium zu Berlin, legte dort Ostern 1917 die Notreifeprüfung ab, war ein Jahr im freiwilligen Vaterländischen landwirtschaftlichen Hilfsdienst tätig und wurde im Juni 1918 zur Nachrichten-Ersatz-Abteilung 3 als Fernsprecher und Blinker eingezogen.

Dezember 1918 entlassen, arbeitete ich zunächst als Praktikant bei den Siemens-Schuckert-Werken und begann Februar 1919 das Studium der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zwischendurch arbeitete ich ein Jahr als Praktikant wieder bei den Siemens-Werken und bestand an der jetzigen Preußischen Hochschule für Leibesübungen, damaligen Landes-Turnanstalt Spandau die staatliche Turnlehrerprüfung. Dann legte ich an der Technischen Hochschule zu Berlin die Diplomvorprüfung mit „Gut“ ab, arbeitete als Werkstudent im Konstruktionsbüro der Siemens-Schuckert-Werke und war ebenda auch als Werkschulturnlehrer tätig.

An der Technischen Hochschule zu Berlin war ich einige Semester Honorarassistent in „Einleitung in den Maschinenbau“ und in „Mechanik“.

Nach Ablegung der Diplom-Hauptprüfung mit „Gut“ (Diplomarbeit im elektrotechnischen Versuchsfeld über Hochspannungsüberschläge und Durchschläge) wurde ich Konstrukteur bei den Siemens-Schuckert-Werken (Bahnapparate). Gleichzeitig war ich Lehrer für Elektrotechnik an einer technischen Abendschule (Dr.-Ing. Werner, Berlin).

Zu Beginn 1925 ging ich als Assistent an das Institut für Industrielle Psychotechnik (Professor Dr. W. Moede) an der Technischen Hochschule zu Berlin, an dem ich jetzt noch tätig bin.