

Technik und
Auswertung
der
Zeitaufnahme

DAS REFA-BUCH

BAND 2

ZEITVORGABE



Zeitaufnahmen kann jedoch die erforderliche Erholungszeit nicht unmittelbar durch Beobachtung ermittelt werden, weil der Arbeitende während kurz-dauernder Zeitaufnahmen Erholungszeiten meist nicht oder nur in geringem Umfange in Anspruch nimmt. Es kann deshalb in derartigen Fällen — sofern arbeitsablaufbedingte Wartezeiten und persönliche Bedürfniszeiten für die Erholung nicht ausreichend sind — die Erholungszeit auch nach Erfahrungswerten der Betriebe bestimmt werden. Man muß sich jedoch darüber klar sein, daß derartige Erfahrungswerte nur annähernd genau sein können. Sie dürfen auch nicht ohne weiteres auf andere Betriebe übertragen werden, sondern müssen vielmehr den besonderen Arbeitsbedingungen der einzelnen Betriebe angepaßt werden¹⁾.

IV. Technik und Auswertung der Zeitaufnahme

A. Voraussetzungen für die Durchführung einer Zeitaufnahme

Vor Beginn einer Zeitaufnahme, die der Ermittlung einer Vorgabezeit dienen soll, muß der Arbeitsvorgang in technischer und organisatorischer Hinsicht in allen Einzelheiten klaggestellt und geordnet sein. Er muß vor allem von störenden und hemmenden Einflüssen befreit sein. Am Arbeitsplatz müssen z. B. die Werkstücke, die Werkzeuge und sonstigen Hilfsmittel leicht und sicher überblickt und gegriffen werden können. Die Ausführungsweise der Arbeit soll so zweckmäßig sein, wie es die verfügbaren Mittel gestatten, und vom Arbeiter nach ausreichender Übung, Einarbeitung und Gewöhnung beherrscht werden. Alle diese Voraussetzungen einer einwandfreien Vorgabe zu erfüllen, ist Aufgabe der *Arbeitsgestaltung* und der *Arbeitsunterweisung*²⁾, die der Vorgabezeitmittlung möglichst vorausgegangen sein sollen. Es muß jedoch Gewähr vorhanden sein, daß die bei der Zeitaufnahme vorhandenen Arbeitsbedingungen auch tatsächlich bestehen bleiben.

Die Vorgabezeit ist ein technisch-wirtschaftliches Maß für eine Arbeit, die in einer ganz bestimmten Weise ausgeführt wird. *Ändert* sich die Arbeits-

¹⁾ In den nachfolgend aufgeführten privaten Veröffentlichungen werden Angaben über Erfahrungswerte in der Anwendung von Erholungszuschlägen gemacht. Der REFA kann jedoch für die Richtigkeit der in diesen Veröffentlichungen genannten Zuschläge keine Gewähr übernehmen.

Zusammenstellung nach dem Jahr des Erscheinens:
Tillmann, H.: Eine Kurve für die Berechnung des Ermüdungszuschlages bei Handarbeiten. *Industr. Psychotechnik*, Bd. 9 (1930), S. 87/92.

Untersch, W.: Das Bedaux-System. Dissert. T. H. Aachen 1934.
Kerkhoven, C. L. M.: Het Tempo van Arbeidsverrichtingen in de Massaproductie. Delft: Waltmann 1939.
Rehau, E.: Das Bedaux-System. Würzburg-Aumühle: Triltsch 1939.
Feraillat, P. F.: Arbeitsstudien in der Eisenindustrie. Schweizerische Technische Zeitschrift, Bern 1947, S. 647/690.

Behr, H. und H. Stevens: Unterlagen und Anleitungen für die analytische Arbeitsbewertung (als Hilfsmittel für die Leistungsbeurteilung). Z. Werkstatt und Betrieb Bd. 81 (1948), S. 27/69 und 89/97. Auch als Sonderdruck im Hanser Verlag München 1948 erschienen.

Payne, M. A.: The Fatigue Allowance in Industrial Time Study. 13777 Euclid Ave., E. Cleveland 12, Ohio. 66 S. 1940. Diese kleine Schrift bietet nach Pregrave, dem bekannten amerikanischen Arbeitsstudien-Fachmann, eine vorzügliche Übersicht über Theorie und Praxis der Erholungszuschläge in USA. Das REFA-Institut wird im Frühjahr 1952 eine deutsche Übersetzung herausgeben.

Böhr, H.: Probleme der Vorgabezeit. Untersuchungen über die Fragen der Leistungstrennung, des Leistungsgrades und des Erholungszuschlages. München: Carl Hanser Verlag 1950.

Rehrtsch, P.: Der Erholungszuschlag in der Vorgabezeit. *Gießerei, Zeitschrift für das gesamte Gießereiwesen*. Gießerei-Verlag G.m.b.H. Düsseldorf. Bd. 38 (1951).

Vom gewerkschaftlichen Standpunkt aus wird die Frage des Erholungszuschlages in folgenden Schriften behandelt:

Leistungs- und Arbeitsbewertung. Von Peter Keller. Köln: Bund-Verlag 1950.

Gewerkschaften und Produktivität. Bericht einer Gruppe belgischer Gewerkschaftsfunktionäre. Übersetzt von Wirtschaftswissenschaftlichen Institut der Gewerkschaften, Köln. Im Band-Verlag Köln 1951.

Informationsdienst des „Arbeitskreises für Arbeitsstudien des DGB“ (Unterausschuß des Lohnpolitischen Ausschusses). Erscheint seit 1950 in Düsseldorf beim DGB in etwa monatlicher Folge.

²⁾ Vgl. Band 1 des REFA-Buches „Arbeitsgestaltung“ und Band 4 „Arbeitsunterweisung“.

ausführung, so entfallen damit auch die Voraussetzungen für die Richtigkeit und die Gültigkeit der Vorgabezeit. Es muß also eine neue Vorgabezeit ermittelt werden.

Der Zeitstudienmann soll sich bemühen, im Betriebe stets sachlich, neutral und gerecht zu sein. Fragen, Einwände und Anregungen des Arbeiters sollte er stets sorgfältig prüfen und eingehend beantworten. Er soll nicht „spionieren“, sondern untersuchen und aufklären, beraten und helfen. Nur so kann er sich das nötige Vertrauen im Betriebe erwerben. Zeitaufnahmen sind deshalb stets mit Wissen des Arbeiters und nicht etwa „heimlich“ durchzuführen.

Während der Zeitaufnahme soll der Zeitstudienmann den Arbeitsverlauf weder durch Fragen an den Arbeiter noch durch irgendwelche anderen Eingriffe beeinflussen. Der Arbeiter soll während der Aufnahme möglichst ungehemmt arbeiten können. Der Zeitstudienmann muß sich allerdings klar sein, daß seine Anwesenheit und Tätigkeit einen Einfluß auf die freie Haltung und Unbefangenheit des beobachteten Arbeiters ausüben kann. Er sollte deshalb alles tun, um eine derartige Beeinflussung zu vermeiden.

B. Werkzeuge und Hilfsmittel der Zeitaufnahme

Für die Zeitaufnahme am Ort der zu untersuchenden Arbeit braucht der Zeitstudienmann ein Zeitmeßgerät, einen Beobachtungsbogen, eine Schreibunterlage und einen Schreibstift. Nur in besonderen Fällen braucht er noch andere Hilfsmittel, etwa ein Längenmaß, einen Stückzähler u. ä.

Als Zeitmeßgerät kann entweder eine Stoppuhr oder ein schreibendes Gerät verwendet werden. Für das Messen längerer Zeiten genügt oft auch eine gewöhn-



Bild 10. Stoppuhr mit gut lesbarem Zifferblatt

4 Reia-Buch



Bild 11. Arbeitsstudienmann mit einer Kienzle-Arbeits-schauhr (nach Poppelreuter)

liche Taschenuhr. Jeder Zeitstudienmann sollte sich zunächst mit der Handhabung der Stoppuhr völlig vertraut machen, da das Arbeiten mit der Stoppuhr den *Sinn* für kurze und kürzeste Zeiten schärft und die Anwendung schreibender Zeitmeßgeräte auch nicht in allen Fällen zweckmäßig ist. Die nach den Richtlinien des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF) hergestellten Stoppuhren mit Dezimalteilung ($\frac{1}{100}$ Minuten) haben sich wegen ihres vorbildlichen Zifferblattes, das ein schnelles und sicheres Ablesen der Zeiten wesentlich erleichtert (vgl. Bild 10), in der Praxis bewährt.

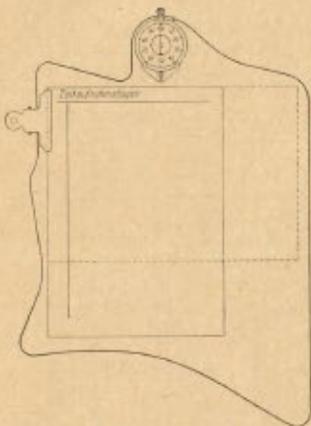


Bild 12. Eine zweckmäßige Schreibunterlage für Zeitaufnahmen, an der auch die Stoppuhr befestigt ist

Die Schreibunterlage soll ein leichtes und sicheres Eintragen der Beobachtungsergebnisse auf dem Beobachtungsblatt ermöglichen. Es ist zweckmäßig, an der Schreibunterlage auch die Stoppuhr zu befestigen (vgl. Bild 12).

C. Beobachtung und Niederschrift

Die Zeitaufnahme am Platz der zu beobachtenden und zu messenden Arbeit hat den Zweck, eine genügende Anzahl von Zeitmessungen und Leistungsgradschätzungen sowie ein genaues Bild über alle Einzelheiten und Besonderheiten des Arbeitsverlaufs zu erbringen. Jede Zeitaufnahme ist somit zugleich eine Arbeits- und Leistungsuntersuchung.

Das Beobachten des Arbeits- und Leistungsverlaufs stellt hohe Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit und die Wendigkeit des Beobachters. Jede Phase des zu beobachtenden Vorganges erfordert eine schnelle geistige Aufnahme des optisch Erlebten, während — besonders bei Teilvorgängen von kurzer Dauer — unmittelbar darauf schon die nächste Phase ebenso konzen-

¹⁾ z. B. Feiseler-Diagnostiker; Poppelvater-Arbeitschauuhr.

schreibende Zeitmeßgeräte¹⁾ nehmen dem Zeitstudienmann das Ablesen der Stoppuhr und das Niederschreiben der gemessenen Zeiten ab und lassen ihm während der Zeitaufnahme mehr Zeit und Ruhe für das Beobachten des Arbeitsverlaufs und das Schätzen des Leistungsgrades, was zweifellos als vorteilhaft angesehen werden muß.

Der Beobachtungsbogen dient zur Niederschrift der gemessenen Zeiten (sofern nicht ein schreibendes Zeitmeßgerät verwendet wird), zur Beschreibung der einzelnen Teilvorgänge, Zeitverluste usw., zur Eintragung der geschätzten Leistungsgrade und aller sonstigen Daten der Zeitaufnahme, wie des Namens des Arbeiters, des Tages und der Uhrzeit der Aufnahme usw. Da der Zeitstudienmann sich bei der Zeitaufnahme in erster Linie auf die Beobachtung des Arbeitsablaufs konzentrieren muß, soll der Beobachtungsbogen so *einfach* und *übersichtlich* wie möglich sein. In Abschnitt M werden Beispiele einfacher und übersichtlicher Beobachtungsbogen gezeigt.

triert erfaßt werden muß, so daß nicht viel Zeit zur Verarbeitung des Aufgenommenen bleibt. Der Beobachter muß demzufolge alle Beobachtungsvorgänge zunächst *aufspeichern* und erst in der *Auswertung* verarbeiten. Hierzu dient ihm die Niederschrift aller beobachteten Tatsachen auf dem Beobachtungsbogen.

Die *Ausdrucksweise* des Zeitstudienmannes in der Niederschrift muß einerseits *äußerst knapp*, andererseits aber auch *hinreichend aufschlußreich* sein. In den einzelnen Betrieben ständig wiederkehrende Begriffe und Ausdrücke sollten besondere Kurzzeichen erhalten, die im Gedächtnis leicht haften, z. B. Kasten her = Kh, Kasten weg = Kw, Arbeitsgegenstand her = Ah, Arbeitsgegenstand weg = Aw. Auch für bestimmte Erzeugnisse, Werkstoffe, Geräte usw. lassen sich in jedem Betrieb sinnvolle Kürzungen festlegen, die dem Zeitstudienmann bald geläufig sind. In manchen Fällen sind auch Kennzeichen (Symbole) in einfacher zeichnerischer Darstellung nützlich (siehe Bild 13). Nur darf die Gesamtzahl der Kurzzeichen nicht zu groß sein, um das Gedächtnis des Zeitstudienmannes nicht zu überlasten und Verwechslungen zu verhüten.

Wenn die wechselnde Fülle und die Schnelligkeit des Arbeitsverlaufs es nicht gestatten, alle wichtigen Einzelheiten der Beobachtung sofort niederzuschreiben, muß der Zeitstudienmann unmittelbar *nach* Abschluß der eigentlichen Aufnahme die notwendigen Ergänzungen vornehmen. Auch die Einfügung kleiner Skizzen in die Niederschrift (auch auf der Rückseite des Aufnahmebogens oder auf besonderem Blatt) kann oft die Darstellung des Arbeitsverlaufs wesentlich verbessern. *Niemals sollte sich der Zeitstudienmann zum Festhalten von Einzelheiten seiner Beobachtungen auf sein Gedächtnis verlassen.* Die Auswertung mancher Zeitsstudie ist nur daran gescheitert, daß der Zeitstudienmann z. B. bei „Außenseiter“-Zeiten keinen ausreichenden Vermerk über die Ursache in der Niederschrift gemacht hatte, weil er seinem Erinnerungsvermögen zu viel zutraute.

Bei jeder Zeitaufnahme sollte die Uhrzeit des Beginnens und der Beendigung der Aufnahme auf dem Beobachtungsbogen notiert werden.

Stellung des Arbeiters	Symbol
stehend	
sitzend	⌒
kniesend	⌒
gebogen	⌒
gehend	⌒

Bild 13. Symbole zur Ersparung von Schreibarbeit bei Zeitaufnahmen

D. Handhabung der Stoppuhr

Bei Anwendung des *Fortschrittszeit*-Verfahrens läuft die Stoppuhr während der ganzen Zeitaufnahme ununterbrochen weiter. Der Zeitstudienmann liest den Stand der Uhrzeit jeweils bei laufendem Zeiger ab und notiert ihn auf dem Beobachtungsbogen. Die Einzelzeiten werden erst bei der Auswertung der Zeitaufnahme aus dem Unterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ablesungen errechnet. Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß auf alle Fälle die Gesamtzeit der Aufnahme vollständig erfaßt wird. Die Summe der aus der Differenz zweier Ablesungen ermittelten Einzelzeiten stimmt stets mit der Gesamtzeit der Auf-

nahme überein. Dagegen ist nicht gesichert, daß stets im richtigen Augenblick abgelesen wird. Ungenaue Ablesungen können vielmehr zu großen Streuungen der Einzelzeiten führen, die die Richtigkeit der Auswertung unter Umständen beeinträchtigen. Die Handhabung der Stoppuhr muß deshalb ebenso wie die Anwendung eines jeden andern Werkzeugs *geübt* werden. Der Neuling sollte einige Tage ausschließlich das Messen von Zeiten „trainieren“, indem er zunächst noch auf Leistungsgradschätzungen und feinere Beobachtungen des Arbeitsverlaufs verzichtet und nur das Ablesen und das Notieren der *Zeiten* übt.

Beim *Einzelzeit*-Verfahren wird der Uhrzeiger unmittelbar nach jeder Ablesung auf Null zurückgestoppt; von hier aus läuft er sofort wieder bis zum nächsten Ablesen und Zurückstoppen weiter. Dieses Verfahren hat den Vorzug, daß ein Errechnen der Einzelzeiten nicht erforderlich ist. Dagegen hat es den Nachteil, daß es nicht ohne weiteres den Nachweis der vollständigen Erfassung aller Zeiten liefert. Eine Kontrolle läßt sich jedoch durchführen, wenn man die Summe der gestoppten Zeiten mit der durch gesonderte Uhrzeitablesung (z. B. an der Armbanduhr oder an der Werkstattuhr) ermittelten Gesamtdauer der Aufnahme vergleicht.

Die Genauigkeit des Ablesens der einzelnen Zeiten kann durch Anwendung einer Stoppuhr mit zwei Zeigern nach AWF 2 erleichtert werden. Diese Uhr hat links und rechts neben der Krone je einen Druckstift. Mit dem rechten Stift wird der Doppelzeiger in Gang gesetzt und gestoppt. Mit dem linken Druckstift kann ein Zeiger gestoppt werden, während der andere weiterläuft, so daß bei ruhendem Zeiger abgelesen werden kann. Durch einen zweiten Druck auf den linken Stift springt der ruhende Zeiger dem weitergelaufenen Zeiger nach und läuft mit diesem weiter³⁾.

Die wechselnde Bedienung von *zwei* Stoppuhren kann nur dann vertreten werden, wenn das Anhalten der einen Uhr mit dem Ingangsetzen der andern Uhr dadurch zeitlich genau übereinstimmend erfolgt, daß die Bedienungselemente beider Uhren mechanisch miteinander verbunden sind.

E. Anwendung schreibender Zeitmeßgeräte⁴⁾

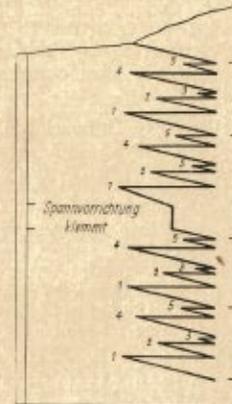
Schreibende Zeitmeßgeräte werden entweder von Hand (Knopf- oder Hebelbetätigung) oder automatisch ausgelöst, indem das Meßgerät z. B. mit der Maschine gekoppelt wird. Für Zeitaufnahmen bei menschlicher Arbeit ist meist nur Handbetätigung anwendbar, da eine Kopplung der menschlichen Arbeitsbewegungen mit dem Zeitmeßgerät nicht möglich oder mit zu großen Umständen verbunden ist. Handbetätigung ist auch deshalb oft erforderlich, um je nach Art und Unterteilung der zu untersuchenden Arbeit die verschiedenen Darstellungsmöglichkeiten auszunutzen, die das Zeitmeßgerät bietet. Die richtige Auswahl der Darstellungsform erbringt erst den vollen Nutzen der schreibenden Meßgeräte. Diese haben dadurch nicht nur den Vorteil, daß sie dem Zeitstudienmann eine stärkere Konzentration auf den zu beobachtenden Arbeits- und Leistungsverlauf ermöglichen, sondern sie liefern durch ihre Schaubilder auch einen Teil der Auswertung. Das vom Zeitmeßgerät gelieferte

³⁾ Näheres enthalten die „Richtlinien für die Ausgestaltung von Industriestoppuhren“ AWF (Benth-Vertrieb).
⁴⁾ Eine kurze systematische Darstellung der schreibenden Zeitmeßgeräte bringt A. Winkel in: „Arbeits- und Zeitstudien in der Betriebspraxis“ — Carl Hanser Verlag München 1949.

Bild einer Aufnahme ist bereits eine klare und aufschlußreiche Darstellung des gesamten Arbeitsverlaufs (vgl. Bild 14), das bei Anwendung einer Stoppuhr erst durch Aufzeichnen von Hand gewonnen werden könnte. Das Leistungsgradschätzen wird durch Anwendung eines schreibenden Zeitmeßgerätes allerdings nicht entbehrlich.

Die wesentlichen Vorteile der schreibenden oder — richtiger ausgedrückt — der „zeichnenden“ Meßgeräte werden auch nicht durch die geringen Nachteile größeren Gewichtes und höherer Anschaffungskosten aufgehoben. Gerade dadurch, daß die schreibenden Zeitmeßgeräte die Gliederung eines Arbeitsverlaufs unmittelbar bildhaft anschaulich machen, lassen sie den Zeitstudienmann in vielen Fällen besser in den zeitlichen Aufbau eines Arbeitsvorganges eindringen als beim Eintragen langer Reihen gestoppter Zeiten in ein Formblatt.

Für die gleichzeitige Erfassung mehrerer Vorgänge gibt es „Mehrfachschreiber“, insbesondere z. B. für Aufnahmen bei Mehrplatzarbeit. Automatische Zeitmeßgeräte dienen vor allem der Betriebs- und Leistungsüberwachung. Sie sind z. B. besonders angebracht, wenn man die Nutzung wertvoller Maschinen aus Gründen der Auftrags- und Terminplanung, der Kostenerfassung oder Kostenkontrolle laufend feststellen will.



F. Wirtschaftliche Beobachtungsdauer

Eine lange Beobachtungsdauer ist zwar niemals der Auswertung zum Schaden, sie ist aber unwirtschaftlich, wenn schon eine weniger lange Beobachtungsdauer zu gleichen oder annähernd gleichen Ergebnissen führt. Die Beobachtungsdauer muß erheblich verlängert werden, wenn die Arbeitszeiten aus Gründen, die mit der Arbeit oder den näheren Arbeitsumständen zusammenhängen, außergewöhnlich stark schwanken. In diesen Fällen kann die Auswertung nur dann richtig werden, wenn die Zahl der Einzelmessungen so groß ist, daß in ihr alle Streuungseinflüsse häufig genug vorkommen.

Bild 14. Arbeitsschaubild für das Bohren eines Lagerflansches
 1. Einspannen, 2. Loch bohren 10 mm Ø, 3. Bohrvorrichtung weiterschieben, 4. Löcher bohren 4 x 5,8 mm Ø, 5. Ausspannen und ablegen

Ein Beobachter kann in der Regel gleichzeitig nur *einen* Arbeiter in einer Zeitaufnahme mit laufender Leistungsgradschätzung ordnungsgemäß erfassen. Wenn mehrere Arbeiter in einer Gruppe Hand in Hand arbeiten, also in Abhängigkeit voneinander, ist eine genügend sorgfältige Zeitstudie meist nur möglich, wenn auf jeden einzelnen Arbeiter ein Beobachter kommt. Nur wenn Leistungsgradschätzungen nicht erforderlich sind, wie bei Zeitaufnahmen zur Feststellung eines Istzustandes, können — besonders mit Hilfe eines schreibenden Zeitmeßgerätes — mehrere Vorgänge gleichzeitig beobachtet werden.

G. Unterteilung des Arbeitsvorganges in Teilvorgänge

Eine Arbeit, die sich aus mehreren verschiedenartigen Arbeitsverrichtungen zusammensetzt (mehrartige Arbeit), ist bei der Beobachtung in *Teilvorgänge* zu unterteilen, um

- die Zeiten derjenigen Arbeitsverrichtungen voneinander zu trennen, deren Zeitbedarf von verschiedenen Einflußgrößen abhängt,
- die verschiedenen Zeitarten, wie Haupt- und Nebenzeiten, beeinflussbare und unbeeinflussbare Zeiten, Bearbeitungs- und Zwischenzeiten, Tätigkeits- und Wartezeiten usw. (vgl. Hauptabschnitt I) getrennt zu erfassen,
- die bei verschiedenen Teilvorgängen oft unterschiedliche menschliche Leistung auch entsprechend beurteilen zu können,
- den etwa erforderlichen Erholungszuschlag nach der unterschiedlichen Schwere oder ermüdenden Wirkung der einzelnen Teilvorgänge zu bemessen,
- etwaige Unterschiede in der Arbeitsweise bei verschiedenen Arbeitern feststellen und untersuchen zu können,
- die kostenwirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Teilvorgänge und damit gegebenenfalls die Rangfolge für eine weitere Rationalisierung der einzelnen Teilvorgänge zu erkennen,
- bei späteren Nachprüfungen der Vorgabezeit etwaige Änderungen und Mängel in der Ausführung der einzelnen Teilvorgänge durch Vergleichen der früher ermittelten Zeiten mit den Zeiten einer neuen Aufnahme leichter feststellen zu können,
- die Normalzeiten der einzelnen Teilvorgänge gegebenenfalls auch für den Aufbau von Vorgabezeiten für andere Arbeitsvorgänge oder Arbeitsgegenstände verwenden zu können, also neue Zeitaufnahmen nach Möglichkeit zu ersparen,
- den Zeitstudienmann zwangsläufig zu einem möglichst sorgfältigen Beobachten des Arbeits- und Leistungsverlaufs anzuhalten.

Die Unterteilung der Arbeiten in Teilvorgänge darf jedoch *nicht übertrieben* werden. Bei sehr kurzen Zeiten — etwa unter 0,10 min — wird der Meßfehler beim Stoppen der Zeiten meist untragbar groß.

Da besonders bei Handarbeit die einzelnen Griffe häufig kaum sichtbar und schnell ineinander übergehen, ist eine „Schwelle“ des Übergangs nicht immer klar zu erkennen. Der Zeitstudienmann muß deshalb die Arbeit so teilen, daß die einzelnen Messungen sicher vorgenommen werden können. Nützlich ist es z. B., akustische Wirkungen an den Schwellen auszunutzen. So ist das hörbare Weglegen eines Formdeckels, eines Werkzeuges, eines Förderkastens usw. meist ein guter Trennpunkt für zwei aufeinanderfolgende Messungen. Auf jeden Fall muß sich der Zeitstudienmann die einmal gewählten Meßpunkte genau merken und sich während der ganzen Zeitaufnahme einheitlich daran halten.

Während einer Zeitaufnahme sollten grundsätzlich *alle* vorkommenden Zeiten erfaßt werden, also auch etwaige Störungen, Gespräche und außer-

gewöhnliche Verzögerungen. Solche Zeiten dürfen erst nach kritischer Stellungnahme in der Auswertung gestrichen werden, wenn sie nicht innerhalb der Vorgabezeit zu erfassen sind. *Die Niederschrift der Zeitaufnahme soll stets ein naturgetreues Bild der beobachteten Wirklichkeit, des Istzustandes, darstellen.*

H. Kritisches Ordnen der aufgenommenen Istzeiten

Zweck der Auswertung ist, die während der Zeitaufnahme gemessenen Istzeiten und geschätzten Leistungsgrade kritisch zu ordnen, die beeinflussbaren Istzeiten oder Tätigkeitszeiten des Arbeiters in Normalzeiten umzuwandeln und alle Teilzeiten zu einer richtigen Vorgabezeit zusammenzustellen.

Durch kritisches Ordnen der aufgenommenen Istzeiten soll festgestellt werden, ob das Gesamtbild der Zeiten auf eine praktisch ausreichende Ordnungsmäßigkeit und Gleichförmigkeit des Arbeitsverlaufs schließen läßt oder ob etwa Zeiten vorgekommen sind, die bei *normalen* Voraussetzungen und Bedingungen des Arbeitsverlaufs zu vermeiden und deshalb aus der weiteren Auswertung wegzulassen sind.

Zur kritischen Beurteilung einer Reihe von Istzeiten einer Arbeit eignen sich besonders folgende Formen der *graphischen* Darstellung:

- die *zeitliche* Folge der einzelnen Zeiten,
- die *Rangfolge* der einzelnen Zeiten, bei der die Zeiten nach ihrer Länge geordnet werden,
- die *Häufigkeit*, mit der die einzelnen Zeiten vorkommen.

Die *Darstellung der zeitlichen Folge* der angefallenen Istzeiten macht besonders solche Einflüsse auf die Arbeitszeit bemerkbar, die sich in ihrer Stärke nach und nach vermindern und schließlich ganz aufhören, wie z. B. den Einfluß der Übung nach einem Arbeitswechsel (vgl. Bild 15). Da aber die Normal-

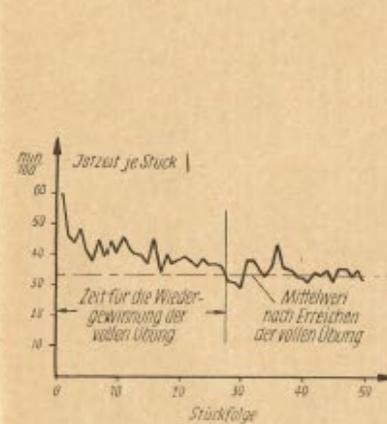


Bild 15. Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines Teilvorganges



Bild 16. Darstellung der Zeiten eines Teilvorganges nach der Größe (Rangfolge)

leistung volle Übung voraussetzt, sind diejenigen Istzeiten aus der weiteren Auswertung fortzulassen, die noch unter dem Einfluß der noch nicht wieder erreichten vollen Übung stehen.

Die *Aufstellung nach der Rangfolge*, d. h. nach der Länge der einzelnen Zeiten, lenkt die Aufmerksamkeit in erster Linie auf Zeiten, die als *Extremwerte* aus der Reihe der Zeiten hervorrage(n) (vgl. Bild 16). Naturgemäß sind bei Zeitstudien *extrem lange* Zeiten häufiger als *extrem kurze*, weil Störungen und Hemmungen im Arbeitsverlauf leichter auftreten als außergewöhnlich günstige Einflüsse. Extrem lange Zeiten dürfen jedoch nur insoweit der weiteren Auswertung entzogen werden, wie sie durch entsprechende betriebliche Maßnahmen oder durch den Arbeiter auch wirklich ausgeschaltet werden können. Wenn z. B. beim Fräsen von Holzabsätzen ein gewisser Prozentsatz von Absätzen dadurch besonders lange Zeiten erfordert, daß harte Stellen im Holz eine vorsichtiger Bearbeitung notwendig machen, müssen diese Zeiten entsprechend ihrem „normalen“ Vorkommen im Aufbau der Vorgabezeit berücksichtigt werden. Wenn Extremwerte hingegen nur *gelegentlich* vorkommen, in der Zeitaufnahme aber zufällig enthalten sind, sind sie für die Auswertung zu streichen und dem Arbeiter von Fall zu Fall zu vergüten. Voraussetzung für die Entlohnung ist jedoch, daß der Arbeiter die außergewöhnlich langen Zeiten nicht vermeiden kann.

Das *Häufigkeitsbild* einer Reihe von Istzeiten ist vor allem geeignet, die innere Geschlossenheit und die Zügigkeit des Arbeitsverlaufs erkennen zu lassen. Im Regelfall formen die Istzeiten einer menschlichen Arbeit eine unsymmetrische Häufigkeitskurve, bei welcher der am häufigsten vorkommende Wert links vom mittleren Wert, also den kürzeren Werten zu liegt (vgl. Bild 17). Diese Tatsache kann damit erklärt werden, daß der Arbeitende zwar einem

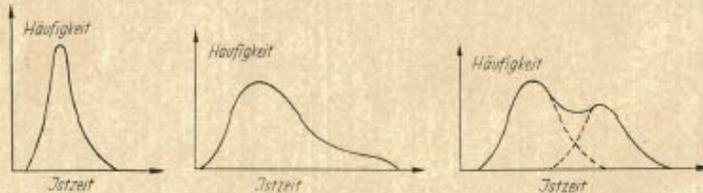


Bild 17. Typisches Häufigkeitsbild der Zeiten einer menschlichen Arbeit

Bild 18. Beispiel einer breiten Streuung der Zeiten einer Arbeit

Bild 19. Überlagerung von zwei Häufigkeitskurven bei zwei verschiedenartigen Einflüssen auf eine Arbeit

Bestwert zustrebt, diesen aber infolge mancherlei hemmender Einflüsse in vielen Fällen nicht erreichen kann. Bei Arbeiten mit stärkeren Hemmungen sachlicher oder technischer Art kann sich die Streuung der rechts vom Maximum liegenden Zeiten erheblich verbreitern (vgl. Bild 18). Ferner gibt es Fälle, in denen die hemmenden Einflüsse so oft auftreten, daß sie ein zweites Maximum der Häufigkeitskurve hervorrufen. Es entsteht also eine Überlagerung von zwei Häufigkeitskurven verschiedener Arbeitsbedingungen (vgl. Bild 19). Der Zeitstudienmann muß bei der Untersuchung von Häufigkeitsdarstellungen zu erkennen suchen, ob etwaige unregelmäßige Formen des Häufigkeitsbildes

unabänderlich sind oder ob die Hemmungen im Arbeitsverlauf durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen sind und deshalb in der Vorgabezeit nicht berücksichtigt zu werden brauchen.

Ein weiteres Mittel der kritischen Untersuchung der aufgenommenen Istzeiten ist die rechnerische Ermittlung der *Streuung* der Zeiten, für die insbesondere folgende Berechnungsarten in Betracht kommen:

1. die relative mittlere Variation der Zeiten,
2. die relative Streubreite der Zeiten,
3. die relative Abweichung des Mittelwertes von der kürzesten Zeit.

Die *relative mittlere Variation* zeigt die mittlere prozentuale Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert. Sie wird auf folgende Weise berechnet:

$$\text{Mittelwert} = \frac{\text{Summe der Einzelwerte}}{\text{Anzahl der Werte}}$$

$$\text{Einzelabweichung} = \text{Einzelwert} - \text{Mittelwert}$$

$$\text{Mittlere Einzelabweichung} = \frac{\text{Summe der Einzelabweichungen}}{\text{Anzahl der Einzelabweichungen}}$$

$$\text{Relative mittlere Variation} = \frac{\text{Mittlere Einzelabweichung}}{\text{Mittelwert}} \cdot 100 [\%]$$

Beispiel:

Einzelwerte 10, 12, 8, 14, 10, 9, 11, 8, 7, 11, 10

Summe der Einzelwerte = 110

Anzahl der Einzelwerte = 11

$$\text{Mittelwert} = \frac{110}{11} = 10$$

Einzelabweichungen = 0, 2, 2, 4, 0, 1, 1, 2, 3, 1, 0

Summe der Einzelabweichungen = 16

Anzahl der Einzelabweichungen = 11

$$\text{Mittlere Einzelabweichung} = \frac{16}{11} = 1,46$$

$$\text{Relative mittlere Variation} = \frac{1,46}{10} \cdot 100 = 14,6\%$$

Die *relative Streubreite* gibt die prozentuale Abweichung des größten Wertes vom kleinsten Wert an. Es gilt also folgende Formel:

$$\text{Relative Streubreite} = \frac{\text{Größter Wert} - \text{Kleinsten Wert}}{\text{Kleinsten Wert}} \cdot 100 [\%]$$

Beispiel:

Der größte Wert im vorigen Beispiel beträgt 14, der kleinste 7.

$$\text{Relative Streubreite} = \frac{14-7}{7} \cdot 100 = 100\%$$

Die *relative Abweichung des Mittelwertes von der kürzesten Zeit* gibt an, um wieviel % der Mittelwert über dem kleinsten Wert liegt. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Relative Abweichung des Mittelwertes vom kleinsten Wert} = \frac{\text{Mittelwert} - \text{Kleinsten Wert}}{\text{Kleinsten Wert}} \cdot 100 [\%]$$

Beispiel:

Im vorletzten Beispiel ist der Mittelwert = 10, der kleinste Wert = 7.

Relative Abweichung des Mittelwertes

$$\text{vom kleinsten Wert} = \frac{10-7}{7} \cdot 100 = 43\%$$

Eine große Streuung, wie sie z. B. in obigen Beispielen zum Ausdruck kommt, läßt stets auf Unregelmäßigkeiten in den sachlichen und technischen Arbeitsbedingungen oder im Verlauf der menschlichen Leistung schließen. Sie sollte daher Anlaß zu eingehender Untersuchung der Zusammenhänge geben.

Wenn die Streuung der aufgenommenen Istzeiten darauf schließen läßt, daß die Arbeit technisch oder organisatorisch noch nicht akkordreif ist oder vom Arbeiter noch nicht ausreichend beherrscht wird, ist die Aufnahme für die weitere Auswertung zu verwerfen und nach Beseitigung der Mängel von neuem durchzuführen. In diesen Fällen kann eine richtige Vorgabezeit durch Streichen einzelner Zeiten nicht ermittelt werden. Eine graphische oder rechnerische Untersuchung der Istzeiten wird dagegen entbehrlich, wenn der Zeitstudienmann bereits bei der Zeitaufnahme erkannt hat, daß der Arbeitsvorgang in jeder Beziehung einwandfrei und eingelaufen ist.

I. Umwandlung der beeinflussbaren Istzeiten in Normalzeiten

Der zweite Schritt der Auswertung besteht darin, die beeinflussbaren Istzeiten oder die Tätigkeitszeiten des Arbeiters in *Normalzeiten* umzuwandeln. Die dabei auftretenden grundsätzlichen Fragen sind in Abschnitt II D bereits behandelt.

Sofern der Arbeitsvorgang in mehreren Teilvorgängen aufgenommen ist, muß für jeden Teilvorgang menschlicher Arbeit eine Normalzeit ermittelt werden, einerlei ob der Leistungsgrad einmal oder mehrmals geschätzt worden ist. Der dabei auszuführende Rechenvorgang ergibt sich je nachdem, ob der Leistungsgrad während der Zeitaufnahme

- nur ein einziges Mal als mittlerer Wert,
- für jeden Teilvorgang einmal als mittlerer Wert,
- für jede gemessene Zeit,
- für mehrere Zeiten des gleichen Teilvorganges,
- für jede gemessene Zeit mehrere Male

geschätzt und notiert worden ist, aus folgenden Gleichungen:

Fall a:

$$\text{Normalzeit des Teilvorganges} = \frac{\text{Summe der Istzeiten}}{\text{Anzahl der Istzeiten}} \times \frac{\text{Leistungsgrad}}{100}$$

Fall b:

Wie im Falle a, jedoch ist bei jedem Teilvorgang nicht der gleiche, sondern der für den jeweiligen Teilvorgang geschätzte Leistungsgrad einzusetzen.

Fall c bis e:

$$\text{Normalzeit des Teilvorganges} = \frac{\text{Summe der Istzeiten}}{\text{Anzahl der Istzeiten}} \times \frac{\text{Summe der Leistungsgrade}}{\text{Anzahl der Leistungsgrade}} \times \frac{1}{100}$$

K. Die Wahl der Einheit für die Vorgabezeit

Jede Vorgabezeit muß auf eine bestimmte Größe oder „Einheit“ bezogen werden, z. B. auf 1 Stück, 100 Stück oder 1000 Stück; auf 1 Meter, 1 Kilogramm, 1 Tonne, 1 Liter, 1 Hektoliter, 1 Kubikmeter oder ein Vielfaches davon. Rüstzeiten werden grundsätzlich auf einen Auftrag oder Teilauftrag bezogen.

In manchen Fällen — besonders bei häufigem Auftragswechsel — ist es zweckmäßig, auch die Ausführungszeit auf den Auftrag zu beziehen, d. h. auf dem Auftragsschein anzugeben, welche Vorgabezeit der Arbeiter für das Rüsten und für die Ausführung des gesamten Auftrages entsprechend der Anzahl Einheiten des Auftrages erhält.

Manche Arbeiten können auch auf „1 Schicht“ oder „1 Woche“ bezogen werden; z. B. das Herrichten und das Abräumen des Arbeitsplatzes am Anfang und am Ende der Schicht oder das gründliche Reinigen der Maschinen am Wochenende, wenn diese Arbeiten nicht innerhalb der sachlich bedingten Verteilzeit erfaßt werden sollen.

Bei der Wahl der Einheit ist besonders auf eine einwandfreie Möglichkeit der Erfassung und der Verrechnung der bearbeiteten Mengen zu achten. Wenn man z. B. die Vorgabezeit für das Verladen von Steinen in Loren auf je „1 Lore“ bezieht, muß man auch dabei angeben, welche Menge an Steinen eine Lore enthalten soll. Nicht ordnungsgemäß gefüllte Lore dürfen dann nur teilweise (z. B. nach Schätzung der Füllung nur mit 0,8) verrechnet werden. Genauer würde die Verrechnung werden, wenn man die Steine wiegen und die Vorgabezeit entsprechend auf „1 Tonne“ beziehen könnte (Nettogewicht = Bruttogewicht der Lore — Taragewicht der Lore).

L. Das Vorkommen der Teilvorgänge je Einheit

Wenn die Vorgabezeit beispielsweise auf „1 Stück“ bezogen wird und die Zeiten ebenfalls jeweils für 1 Stück gemessen sind, braucht die Zeit eines Teilvorganges nicht erst auf die „Einheit“ umgerechnet zu werden. In diesem Falle ist das Vorkommen je Einheit = 1. Die Verhältnisse liegen jedoch nicht immer so einfach, so daß häufig erst die je Teilvorgang ermittelte Zeit entsprechend ihrem Vorkommen auf die Einheit umgerechnet werden muß.

Beispiel:

Beim Entgraten von gepreßten Gummisohlen einer bestimmten Größe muß die Arbeiterin jeweils einen Kasten mit 25 Paar entgrateten Sohlen auf einer Transportpritsche abstellen und dabei gleichzeitig den nächsten Kasten mit Sohlen zur Bearbeitung auf ihren Arbeitsplatz stellen. Für diese Arbeit ergab die Zeitaufnahme eine mittlere Normalzeit von 0,30 min. Da die Vorgabezeit auf 100 Paar Sohlen bezogen werden soll, so ist das Vorkommen des Teilvorganges „Kasten weg und her“ = $100 : 25 = 4$. Die Normalzeitzeit beträgt somit $4 \cdot 0,30 = 1,20$ min/100 Paar.

M. Zeitaufnahmebogen

Die in Bild 20 bis 25 wiedergegebenen drei Formen von Zeitaufnahmebogen Z 1 bis Z 3 berücksichtigen die Anforderungen der meisten Wirtschafts- und Fertigungszweige, so daß sich die Entwicklung von besonderen Bogen weitgehend erübrigt.

Die Vorderseite ist bei allen drei Formen einheitlich, während die Rückseiten jeweils verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten angepaßt sind.

Für das Ausfüllen der Vorderseite werden folgende Erläuterungen gegeben:

Unter „*Auftrag* . . .“ können je nach Art und Organisation des Betriebes Auftrags-Nr., Order, Kommission, Auftragsgröße, vorgegebene Menge, monatliche Stückzahl u. dgl. angegeben werden.

Unter „*Arbeitsgegenstand* . . .“ ist der Gegenstand der Bearbeitung oder der Verarbeitung durch Benennung, Zeichnungs-, Modell-, Sachnummer, Type, Baugruppe u. dgl. zu bezeichnen.

Unter „*Werkstoff* . . .“ ist erforderlichenfalls neben Art und Normbezeichnung bei größeren Teilen auch Rohmaß und Gewicht anzugeben.

Unter „*Arbeitsvorgang*“ ist die auszuführende Arbeit in betriebsüblicher Weise möglichst kurz und treffend zu vermerken.

Unter „*Arbeitsunterlagen* . . .“ ist anzugeben, welche schriftlichen oder zeichnerischen Anweisungen der Arbeiter für die Ausführung der ihm übertragenen Arbeit verwenden soll.

Unter „*Betriebsmittel* . . .“ sind die benutzten Betriebs- und Arbeitsmittel einzutragen, entweder wörtlich oder in Form von Kurzzeichen oder Inventarnummern. Auch Angaben über Maschineneinstellung, Vorschub, Drehzahl usw. können hier gemacht werden, wenn es nicht zweckmäßiger erscheint, derartige Daten bei der Beschreibung der einzelnen Teilvorgänge anzugeben. Handelt es sich in einem Betrieb immer um gleichartige Angaben, so kann die Ausfüllung dieses Feldes durch entsprechenden Stempelaufdruck vereinfacht werden.

Unter „*Betriebsabteilung* . . .“ ist die Bezeichnung oder das Kurzzeichen des Werkes, des Betriebes, der Abteilung, der Werkstatt, der Kostenstelle, der Baustelle, des Bauabschnittes, des Verantwortungsbereiches des zuständigen Vorgesetzten od. dgl. einzutragen.

Unter „*Arbeiter* . . .“ ist zu vermerken, welche Person oder Personen die beobachtete Arbeit ausgeführt haben.

Unter „*Bescheinigung einwandfreier Arbeitsgüte*“ soll eine neutrale Prüfstelle oder der Vorgesetzte des Arbeiters durch Unterschrift bescheinigen, daß die während der Zeitaufnahme ausgeführte Arbeit die vorgeschriebene Güte hat.

Unter „*Aufgenommen* . . .“ trägt der Arbeitsstudienmann Datum und Uhrzeit der Zeitaufnahme sowie seinen Namen ein.

Unter „*Besondere Arbeitsbedingungen*“ sind nur dann Angaben zu machen, wenn der Arbeiter bei Ausführung seiner Arbeit durch Hitze, Kälte, Rauch, Öl, Fett, Staub, Schmutz, Nässe, Gase, Lärm, Blendung, Erschütterung oder durch Unfallgefährdung behindert oder belästigt wird. Es können hier aber auch Vermerke für die Durchführung einer Arbeitsbewertung gemacht werden, wenn die Arbeitsbewertung nicht auf besonderen Formblättern vorgenommen werden soll. Gegebenenfalls kann man die Ausfüllung dieses Feldes auch durch Stempelaufdruck den Erfordernissen des Betriebes anpassen.

Die Rückseiten der Bogen dienen der eigentlichen Zeitaufnahme und ihrer Auswertung.

Form Z 1 (30 Zeilen für Unterteilung des Arbeitsvorganges in Teilvorgänge; je Teilvorgang 1 Zeitwert) ist für Aufnahmen zu verwenden, bei denen Art und Folge der Teilvorgänge nicht vorausbestimmbar sind, also erst im Verlauf der Zeitaufnahme erkannt werden können.

Form Z 2 (20 Zeilen für Unterteilung des Arbeitsvorganges in Teilvorgänge; je Teilvorgang 5 Zeitwerte) ist für Aufnahmen von Arbeitsvorgängen mit einer größeren Anzahl verschiedener Teilvorgänge und wenigen Wiederholungen zu verwenden.

Form Z 3 (12 Zeilen für Unterteilung des Arbeitsvorganges in Teilvorgänge; je Teilvorgang 20 Zeitwerte) ist zu verwenden für Aufnahmen von Arbeitsvorgängen mit geringerer Anzahl verschiedener Teilvorgänge, die in häufiger Wiederholung aufgenommen werden sollen.

Bei Form Z 2 und Z 3 ist außer den beiden Zeilen für Einzel- und Fortschrittszeiten eine 3. Zeile vorgesehen für Vermerke von Vorfällen, die nicht zum planmäßigen Ablauf gehören. Diese Zeile kann auch für mehrfache Eintragungen des Leistungsgrades oder für andere Angaben benutzt werden (z. B. auch für Mengenangaben, wenn die gemessenen Zeiten nicht stets für die gleiche Menge gelten).

N. Verteilzeitstudie

Verteilzeitstudien werden zur Ermittlung des Verteilzeitprozentsatzes durchgeführt, über dessen Inhalt und Aufbau in Abschnitt I C in grundsätzlicher Hinsicht alle näheren Ausführungen enthalten sind.

Die Bilder 26 bis 29 zeigen ein praktisches Beispiel einer Verteilzeitstudie für den Arbeitsvorgang „Kontakte prägen“.

Für die Durchführung einer Verteilzeitstudie werden folgende Erläuterungen gegeben:

1. Die Arbeit, für die ein Verteilzeitprozentsatz ermittelt werden soll, wird möglichst eine Woche lang und — wenn angängig — bei verschiedenen Arbeitern beobachtet. In den Aufnahmebogen V 1 sind alle Vorgänge in ihrem chronologischen Ablauf während einer Schicht einzutragen. Wichtig ist hierbei, daß auch alle Unterbrechungen und Störungen der Arbeit genau erfaßt werden. Grundzeiten (auch Rüstgrundzeiten) sind in Tätigkeitszeiten und Wartezeiten unterteilt aufzunehmen. Die Wartezeiten werden gegebenenfalls zur richtigen Beurteilung der Erholungsmöglichkeiten des Arbeiters benötigt.

2. Die auf dem Aufnahmebogen ausgerechneten Einzelzeiten sind in der Spalte „Zeitart“ zu „kontieren“, d. h. mit den Kennzeichen zu versehen, die auf dem Ergebnisbogen V 4 angegeben sind.

3. Die Einzelzeiten werden — nunmehr sortiert nach Zeitarten — auf den Sortierbogen V 2 übertragen. Dabei ist auch die laufende Nummer der aufgenommenen Zeiten zu übernehmen, um jederzeit prüfen zu können, ob alle Zeiten richtig je Zeitart erfaßt worden sind.

4. Die Summe je Zeitart ist von allen Sortierbogen V 2 auf einen Zusammenstellungsbogen V 3 in der Reihenfolge der Wochentage zu übertragen.

5. Es ist zu prüfen, ob die je Zeitart erfaßten Zeiten entsprechend der bestehenden Organisation und technischen Ausrüstung erforderlich und angemessen sind. Zeiten für unnötige Arbeiten oder vermeidbares Warten sind zu streichen. Für Erklärungen hierzu ist das untere Feld auf der Rückseite des Ergebnisbogens V 4 zu benutzen.

REFA - Zeitaufnahmebogen			Nr. oder Anlagennummer	Blatt-Nr.	
			1301	1	
Auftrag, loc.Nr., Straße					
Arbeitsgegenstand, Baugruben, Teilzeichnung, Hersteller, Bauart, Zeichnung, Modell, Zeich.Nr.					
Zentrifugalpumpe 80 l.W. System BASF					
Werkstoff, Norm, Gewicht					
Arbeitsvorgang					
Ausmündern und Seile reinigen					
Arbeitsunterlagen, Plan, Zeichnung, Muster, Rezip, Vorstudie, dgl.					
Nr.	Rüstzeiten Teilvorgang	Grund- u. Fortschrittzeit	Zeit pro %	Normalzeit	Betriebsmittel, Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Maßnahme, Geräte und andere Arbeitsmittel
	Arbeitsplatz herrichten:				Schwankkran, Abzugsvorrichtungen, Hammer, Schraubenzieher, Schraubenschlüssel, Stahlbürste, Pinsel und Lappen.
1	2 Holzbocke und Auflagebretter herbeiholen, Arbeitspritsche aus 2 Holzböcken und Brettern aufbauen.	5.00 5.00	100	5.00	
	Anschluss an Nr. 40, Rückseite				
	Arbeitsplatz abräumen:				keine
2	Arbeitspritsche abbauen, Bocke und Bretter wegräumen.	4.00 112.00	100	4.00	Betriebsabteilung, Kanalarbeiter, Betriebschlosserei
					Arbeiter, Name, Dienst-Nr.
					Franger
					Aufgeschritten am 4.7.1951 um 7 ⁰⁰ Uhr bis 8 ⁵² Uhr
					durch Gehrman
					Bezeichnung einwandfreier Arbeitsgänge
					Schmitt
Rüstgrundzeit		t _g		9.00	
Rüstverteilzeit (12 % von t _g)		t _v		1.08	
Rüstzeit in min		t		10.10	

Bild 20. REFA-Zeitaufnahmebogen Form Z 1, Vorderseite

Nr.	Teilvorgang	Grund- u. Fortschrittzeit	Zeit pro %	Normalzeit	Zeitwert
Anschluss an Nr. 1, Vorderseite					
1	Pumpe 200 kg mit Schwankkran hochziehen u. auf Pritsche absetzen	3.00 4.00	100	3.00	t _g
2	Pumpendeckel losschrauben (8 Muttern 1/2")	12.00	100	4.00	"
3	Pumpendeckel mit 4 Druckschrauben 1/2" abdichten u. ablegen	5.00 17.00	105	5.25	"
4	Vorschlusskappe am linken Lager losschrauben u. ablegen (4 Muttern 10M)	1.20 18.20	110	1.32	"
5	Vorschlusskappe am rechten Lager losschrauben u. ablegen (6 Muttern 10M)	1.80 20.00	110	1.98	"
6	Linken Lagerdeckel losschrauben (4 Muttern 3/4" u. 4 Gegenmutter)	2.80 21.60	110	2.36	"
7	Linken Lagerdeckel (5 kg) abheben und weglegen	0.20 21.80	110	0.22	"
8	Rechten Lagerdeckel losschrauben (4 Muttern 3/4" u. 4 Gegenmutter)	2.00 23.80	110	2.20	"
9	Rechten Lagerdeckel (5 kg) abheben und weglegen	0.20 24.00	110	0.22	"
10	Stellschraube an Kupplungshälfte m. Schraubenzieher losschrauben u. ablegen	0.20 25.20	120	0.24	"
11	Kupplungshälfte von Pumpenwelle mit Abzugsvorrichtung abziehen u. weglegen	1.30 26.50	120	4.56	"
12	Einzelteile aus Pumpenwelle herausnehmen und ablegen	0.20 26.70	120	0.24	"
13	Halteschrot M6 an Gew. Stellung für Kugelmutterlager losschrauben u. ablegen	0.10 26.80	120	0.12	"
14	Gew. Stellung von Pumpenwelle (Gew.-länge 30 mm) mit Haken Schlüssel losschrauben, ständig nachfassen, da nur 1/6 Umdr. möglich ist	3.00 29.80	120	2.40	"
15	Lohnangelegenheit mit Meister besprochen	0.60 30.40	/	/	t _v
16	Geteilte Stopfbüchse an Pumpengehäuse losschrauben (2 Muttern 1/2") sowie zugl.	1.50 31.90	120	1.80	t _g
17	Geteilte Stopfbüchse m. Schraubenzieher abdichten, herausnehmen, ablegen	0.80 32.70	120	0.96	"
32	Kompositionslagerhälfte aus v. Lagerunterteil austauschen u. weglegen (10 kg)	1.30 34.00	110	2.53	"
33	Zu reinigende Einzelteile zusammenstellen	3.00 60.95	100	3.00	"
34	Auf Benzol warten	4.30 65.25	/	4.30	t _w
35	Reinigungsbehälter m. Benzol füllen (im Serienfort f. 3 Pumpen aust.)	2.50 67.75	100	2.50	t _g
36	Sämt. Pumpenteile in Behälter einlegen, reinigen, herausnehmen u. auflegen	20.00 87.75	100	20.00	"
37	Lagersupport mit Benzol reinigen	3.00 90.75	100	3.00	"
38	Reparaturbedürftige Einzelteile feststellen u. mit Meister besprechen	4.00 94.75	100	4.00	"
39	Korb holen, gute Einzelteile ohne Pumpengehäuse in Korb einlegen, wegstellen	4.25 99.00	100	4.25	"
40	Reparaturbedürftige Einzelteile wie Welle, Kegel, Lager etc. m. Transportkasten legen und zur Werkstatt transportieren	9.00 108.00	100	9.00	"
Sperrungen					
		Zeiten			
		t _g 106.44			
		t _w 4.30			
		Grundzeit		110.74	%
		Verteilzeit (12% von t _g)		13.20	"
		Zeit je Einheit in min		124.00	"
		Einheit		1 Pumpe	

Bild 21. REFA-Zeitaufnahmebogen Form Z 1, Rückseite

REFA - Zeitaufnahmebogen				Nr. oder Abkürzungszeichen	Blatt-Nr.
				06041 - 16	1
				Auftrag, loc.-Nr., Angabe	
				46 021 038	
Arbeitsgegenstand, Fertiger, Teilname, Einzelteil (Benennung, Zeichnungs-, Maßstab, Zeich.-Nr.)				Läuferwelle zur horizontalen Synchronmaschine, Type 480, 02102 - 6618	
Werkstoff, Rohmaterial, Größe				St. 50.11 380 ϕ /260 ϕ x 2325 650 kg	
Arbeitsvorgang				Fräsen der Tangentialnuten	
Arbeitsunterlagen, Plan, Zeichnung, Muster, Skizze, Vorzeichnung, etc.				Fertigungsanweisung FA 01 - 13	
Betriebsmittel, Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Meßmittel, Geräte und andere Arbeitsmittel				Ständerfräsmaschine, Schlagfräskopf 120 ϕ mit 4 Lambdastählen A ⁺ , Spannbocke, Teilscheiben, Walzenfräser	
Besondere Arbeitsbedingungen				keine	
Betriebsabteilung, Kategorie				Abb. 5, Fräseerei	
Arbeiter, Name, Stamm-Nr.				05/034 Grundmann	
Augenommen am 21.6.51 von 6 ⁴⁰ Uhr bis 15 ³⁵ Uhr am 22.6.51 von 6 ⁴⁰ Uhr bis 11 ²⁷ Uhr durch Barthney				Beschädigung einwandfreier Arbeitstage Revision Abb. 5 Myranow	
Ruhgrundzeit	h	m	s	101,0	
Rülvorteilzeit 1/15 (1/2 von 1/3)	h	m	s	45,15	
Rüstzeit h	h	m	s	120,0	

Bild 22. REFA-Zeitaufnahmebogen Form Z 2, Vorderseite

Nr.	Teilvorgang	Techn. Daten	Einzel- u. Fortschrittszeiten in 1/10 min					Summe Zeit in min	Einheit	Lohn grat 1/3	Normal zeit	Zeit 1/15
			1	2	3	4	5					
1	Anschluß an Rüstzeit Nr. 8 Welle einspannen		5,0 88,0	5,3 177,3	4,9 149,7	5,1 153,9	20,3 610,8	4	5,08	120	6,10	1 ₁₅
2	Spannbockern setzen, anheften, spannen		3,8 49,8	3,7 128,5	3,8 149,8	4,2 138,6	15,4 466,7	4	3,85		4,63	
3	Zwinge spannen		1,2 43,0	1,3 128,2	1,5 149,7	1,2 149,7	5,2 466,6	4	1,30		1,50	
4	Schelle spannen		1,0 44,0	1,1 128,2	1,1 149,7	1,1 149,7	4,1 466,6	4	1,03		1,20	
5	Teilscheibe aufsetzen		2,3 49,8	2,4 128,5	2,3 149,7	2,2 149,7	9,4 466,6	4	2,35		2,82	
6	Nach Reib ausrichten		2,2 208,8	2,2 388,6	2,0 149,7	2,1 149,7	8,5 506,8	4	2,13	140	2,31	
7	Stahl nach Lehre anstellen		1,8 170,0	1,7 128,5	1,6 149,7	1,6 149,7	6,9 466,6	4	1,73	120	2,08	
8	Kontrollreiß für Unten- anlauf vorzeichnen		3,4 113,2	3,3 128,5	3,2 149,7	3,3 149,7	13,2 466,6	4	3,30		3,96	
9	Maschine in Arbeitsstellung lehren		1,5 418,2	1,7 249,7	1,6 149,7	1,4 149,7	6,2 466,6	4	1,55		1,86	
10	1. Schnitt anstellen		1,2 418,2	1,1 249,7	1,1 149,7	1,1 149,7	3,8 466,6	4	1,15		1,41	
			3									
65	4. Schnitt	a = 1 mm v ₁ = 150 /min s = 1,08 mm	6,2 201,6	6,2 441,6	5,3 173,0	6,2 201,6	24,9 614,4	4	6,23		6,23	1 ₁₅
66	Fräskopf aus-, Walzenfräser einbauen		2,3 243,2	2,3 494,2	1,7 149,7	2,2 149,7	9,4 557,2	4	2,35	110	2,97	1 ₁₅
67	5. Schnitt anstellen		2,8 243,2	2,7 494,2	2,8 149,7	2,6 149,7	10,6 506,8	4	2,65	120	3,18	
68	5. Schnitt	a = 0,6 mm v ₁ = 115 /min s = 0,65 mm	10,8 158,6	10,8 417,5	10,9 149,7	10,9 149,7	43,4 676,5	4	10,85		10,85	1 ₁₅
69	Walzenfräser ausbauen		1,5 164,7	1,4 418,2	1,3 149,7	1,3 149,7	5,7 506,8	4	1,43	120	1,72	1 ₁₅
70	Maschine in Arbeitsstellung fahren		1,4 263,1	1,2 420,2	1,2 149,7	1,4 149,7	5,4 506,8	4	1,35		1,62	
71	Spannbock u. Zwinge lösen		2,4 263,1	2,0 420,2	2,1 149,7	2,2 149,7	8,4 506,8	4	2,10		2,52	
72	Welle abspannen		6,8 232,0	6,8 439,0	5,7 149,7	6,8 149,7	26,8 614,4	4	6,70	110	7,37	
	Anschluß: Rüstzeit Nr. 9											
Vorteil		Beginn	Ende	Dauer	Zeitarten		Grundzeit	1827,1				
1	Frühstückspause	9,0	10,5	10,0	1 ₁₅	7 ₃₀		Vorteilzeit (1/15 von 1/3)				
2	Rückspende mit Meister	25,5	26,0	2,5	1 ₁₅	108,0		Zeit je Einheit in min				
3	Mittagspause	30,0	33,5	30,0			21,0					
4	Auf Kran warten	74,1	77,4	3,3				Einheit 1 Welle				
5	Frühstückspause	95,0	105,0	10,0								

Nachdruck verboten (2.52) Copyright 1952 by Verband für Arbeitsstudien - REFA - E.V. Darmstadt

Form Z 2

Bild 23. REFA-Zeitaufnahmebogen Form Z 2, Rückseite

6. Bei Errechnung des Mittelwertes je Zeitart ist darauf zu achten, den richtigen Divisor einzusetzen.

Beispiele: Zeiten für gelegentlichen Werkzeugwechsel, Zeitart 11, sind im gezeigten Beispiel im Laufe einer Woche nur an drei Tagen angefallen. Die Zeitsumme ist aber auf 6 Tage zu beziehen, um den richtigen Mittelwert je Tag zu erhalten.

Anders bei den Zeiten für sonstige persönliche Verrichtungen, Zeitart 34: Obwohl am Sonnabend keine Zeit hierfür verbraucht worden ist, muß jedem Arbeiter täglich eine angemessene Zeit für sonstige persönliche Verrichtungen zugerechnet werden. Die Zeitsumme ist also nur auf die Anzahl Tage zu beziehen, an denen sonstige persönliche Verrichtungen aufgetreten sind.

7. Die errechneten Mittelwerte sind kritisch zu überprüfen und in der als notwendig erkannten Höhe als Tages- und als Wochenwert festzusetzen. Hierbei sind zu hoch oder nicht ausreichend erscheinende Zeiten durch Vergleichen mit Erfahrungswerten — gegebenenfalls auch durch Schätzen — zu berichtigen.

(Vgl. im Beispiel die Auswertung der Zeitarten 2, 14, 32, 33, 34).

8. Die festgesetzten Wochenwerte werden auf die Vorderseite des Ergebnisbogens V 4 übertragen und zusammengefaßt.

9. Bei Berechnung der Verteilzeitprozentanteile z_s , z_{op} , z_{ap} ist es zweckmäßig, die in der Verteilzeitstudie erfaßten Verteilzeiten nicht prozentual auf die in der Aufnahme erfaßten Grundzeiten zu beziehen, sondern vielmehr die Bezugsgröße der Grundzeiten von der angesetzten Schicht her zu errechnen. Die für diese Berechnungsweise gültigen Gleichungen sind auf der Rückseite des Ergebnisbogens V 4 (Bild 29 b) zu ersehen.

Bei Berechnung des sachlich bedingten Verteilzeitprozentsatzes z_s ergibt sich die als Bezugsgröße dienende Grundzeit dadurch, daß von der angesetzten Schichtzeit je Woche Sch die festgestellte gesamte Verteilzeit V und die gegebenenfalls aufgetretenen von Fall zu Fall abzugelenden Zeiten F abgesetzt werden. Etwa aufgetretene nicht abzugelende Zeiten N werden also in diesem Falle als zur Grundzeit gehörig angesehen, weil der Arbeiter diese Zeiten in der Regel ohne weiteres durch Grundzeiten ausfüllen kann.

Bei Berechnung des arbeitsunabhängigen persönlichen Verteilzeitprozentsatzes z_{op} ergibt sich die als Bezugsgröße dienende Grundzeit dadurch, daß von der angesetzten Schichtzeit je Woche Sch lediglich die festgestellte gesamte Verteilzeit V abgesetzt wird. In diesem Falle werden also gegebenenfalls aufgetretene von Fall zu Fall abzugelende Zeiten F und nicht abzugelende Zeiten N als Grundzeiten betrachtet, weil sie normalerweise durch Grundzeiten ausgefüllt sein würden, ohne daß dadurch die Summe der arbeitsunabhängigen persönlichen Verteilzeiten je Schicht und je Woche größer wird.

Bei Berechnung des arbeitsabhängigen persönlichen Verteilzeitprozentsatzes z_{ap} ergibt sich die als Bezugsgröße dienende Grundzeit dadurch, daß von der angesetzten Schichtzeit je Woche Sch die festgestellte gesamte Verteilzeit V und die gegebenenfalls aufgetretenen von Fall zu Fall abzugelenden Zeiten F und die nicht abzugelenden Zeiten N abgesetzt werden. In diesem Falle werden also die arbeitsabhängigen persönlichen Verteilzeiten auf die tatsächlich aufgetretenen Grundzeiten bezogen, weil sich die Zeiten für Erholung des Arbeiters grundsätzlich auch nur aus tatsächlichen Grundzeiten ergeben können.

Der gesamte Verteilzeitprozentsatz z ergibt sich durch Addition der einzelnen Verteilzeitprozentsätze z_s , z_{op} und gegebenenfalls auch z_{ap} . Bei Anwendung der Verteilzeitprozentsätze zur Ermittlung von Vorgabezeiten je Einheit oder von Rüstzeiten sind selbstverständlich nur die reinen Grundzeiten als Bezugsgröße zu verwenden. Es werden also lediglich für die Berechnung der Verteilzeitprozentsätze gegebenenfalls verschieden lange Grundzeiten als Bezugsgrößen verwendet.

10. Bei Verteilzeitstudien ist ein Schätzen des Leistungsgrades grundsätzlich nicht erforderlich, weil es hier nicht um die Feststellung der absoluten Höhe von Zeiten, sondern lediglich um die Feststellung des prozentualen Verhältnisses bestimmter Zeiten — nämlich der Verteilzeiten — zur Summe der Grundzeiten geht. Es ist nicht anzunehmen, daß der Leistungsgrad bei den Verteilzeiten im Mittel auf einer wesentlich anderen Höhe liegt als bei den Grundzeiten.

11. Wenn es die Eigenart des Betriebes erfordert, können die einzelnen Zeitarten der sachlich bedingten Verteilzeit auch anders gegliedert und bezeichnet werden als in Bild 29 a angegeben ist.

12. Nach Abschnitt I A berücksichtigt die Verteilzeit diejenigen Zeiten, die wegen unregelmäßigen Auftretens nicht bei jeder Zeitaufnahme oder Zeitberechnung ordnungsgemäß erfaßt werden können und deshalb mit Hilfe des Verteilzeitprozentsatzes der Grundzeit zugeschlagen werden. Erforderlich ist jedoch, daß der Verteilzeitprozentsatz jeweils nur für eine bestimmte, gleichartige Arbeit und nicht etwa für verschiedenartige Arbeitsvorgänge oder gar für ganze Betriebsabteilungen ermittelt wird.

13. Zu beachten ist ferner, daß manche auf Formblatt V 4 (Bild 29 a) angegebenen Verteilzeitarten in bestimmten Fällen auch als Rüstgrund- oder als Nebenzeiten betrachtet werden können. Wichtig ist letzten Endes nicht so sehr, ob die Zeiten einzelner Verrichtungen in der Verteilzeit oder in der Grundzeit erfaßt werden, sondern daß sie vielmehr überhaupt in der Vorgabezeit berücksichtigt sind.

V. Zeitermittlung durch Rechnen und Zeichnen

A. Allgemeines

Die Durchführung von Zeitstudien erfordert für Aufnahme und Auswertung der Zeiten sowie für das Leistungsgradschätzen und für sonstige notwendige Feststellungen einen nicht unerheblichen Aufwand. Im Interesse der Wirtschaftlichkeit ist deshalb dringend zu raten, die mit Hilfe von Zeitstudien ermittelten Zeiten der einzelnen Teilvorgänge nicht nur für die Zeitvorgabe des jeweils beobachteten Arbeitsvorganges an einem bestimmten Arbeitsgegenstand, sondern auch für gleiche oder ähnliche Arbeiten an anderen Gegenständen oder an gleichen Gegenständen verschiedener Größe o. ä. zu verwerten. Diese Forderung gilt besonders für die Einzelfertigung oder die Ausführung ständig wechselnder kleiner Aufträge, weil hierfür die Durchführung von Zeitstudien für jeden einzelnen Fall wirtschaftlich nicht zu vertreten sein würde. Sie gilt aber auch für die *Vorausbestimmung* von Vorgabezeiten bei Planung einer neuen Fertigung, die ja meist von vornherein auf eine ganz bestimmte, nicht zu überschreitende Höhe der anfallenden Selbstkosten hinsteuern muß und nicht einfach „hinnehmen“ darf, was das gewählte Verfahren nachher

 Verteilzeitermittlung Aufnahmebogen			Nr. der Anlagenzeichnung F/Fg 52	Blatt-Nr. 1
Nr.	Vorgang	Einzel- u. Fortschrittszeiten in Min.	Zeitart	Arbeitsvorgang
	Schichtbeginn			Kontakte prägen
1	Arbeitsplatz vorbereiten	23,6 23,6	1	Betriebsmittel, Maschinen, Werkzeuge, Vorrichtungen, Material, Geräte und andere Arbeitsmittel
2	Kontakte prägen	30,2 108,0	St	Handwindelmaschine Gr. 1
3	Gespräch mit Meister (allg. Art)	5,7 416,7	31	Pinzetten
4	Kontakte prägen	11,6 228,3	St	
5	Kurze Entspannung	3,1 231,4	Vap	
6	Kontakte prägen	88,6 300,0	St	
7	Kontakte prägen	7,1 7,1	St	
8	Gespräch mit Einrichter	3,7 12,8	9	
9	Kontakte prägen	19,2 208,0	St	
10	Kurze Entspannung	3,7 212,7	Vap	Besondere Arbeitsbedingungen
11	Kontakte prägen	59,1 271,8	St	sehr kleine Teile, besondere Beanspruchung der Augen
12	Kontakt bekommt in Vorrichtung	2,1 271,7	7	
13	Kontakte prägen	20,9 300,0	St	Betriebsabteilung, Kennzettel
14	Kontakte prägen	84,8 67,3	St	Fg. Mont. III
15	Aus der Vorrichtung gefallene Kontakte auflesen	8,6 7,2	8	Arbeiter, Name, Sozial-Nr.
16	Kontakte prägen	138,7 211,9	St	Hr. Hachenberg
17	Kurze Entspannung	3,5 215,4	Vap	Aufgenommen am 11. 1. 52
18	Kontakte prägen	60,9 281,3	St	Wiederholung von 7 ¹⁰ Uhr bis 16 ²⁵ Uhr von Joch
19	See holen	17,7 300,0	34	Bemerkungen
20	See holen	6,7 6,7	34	Nr. 6/7: 1 Umlauf des Minutenzeigers der Stoppuhr = 30 min
21	Kontakte prägen	43,3 50,0	St	Nr. 36/37/38/39 sind Rüstgrundzeiten
22	Frühstückspause 8 ⁴⁵ g ⁰⁰	15,0 200,0	P	
23	Hande abwaschen u. wegstellen	33,7 233,7	N	
24	Kontakte prägen	8,3 300,0	St	
25	Kontakte prägen	16,2 169,4	St	
26	Kurze Entspannung	12,4 179,2	Vap	
27	Kontakte prägen	7,3 253,1	St	
28	Bedürfnis	26,3 278,4	33	
29	Kontakte prägen	21,6 300,0	St	
30	Kontakte prägen	24,7 24,7	St	

Form V 1

Bild 26 a. REFA-Verteilzeitermittlung, Aufnahmebogen V 1, Vorderseite

Nr.	Vorgang	Einzel- u. Fortschrittszeiten in Min.	Zeitart	Nr.	Vorgang	Einzel- u. Fortschrittszeiten in Min.	Zeitart
31	Kurze Entspannung	4,1 247,8	Vap	64	Kontakte prägen	26,3 26,3	St
32	Kontakte prägen	52,2 300,0	St	65	Kurze Entspannung	1,38 46,1	Vap
33	Kontakte prägen	12,2 112	St	66	Kontakte prägen	11,24 15,7	St
34	Privatgespräch	13,4 25,3	N	67	Lehmstück empf. u. überprüfen	8,3 162,0	32
35	Kontakte prägen	150,5 178,1	St	68	Kontakte prägen	13,6 300,0	St
36	Auftrag ausgeführt/abrechnen	3,4 182,9	St	69	Kontakte prägen	1,30 1,30	St
37	Platz aufräumen	2,8 192,0	St	70	Kurze Entspannung	3,3 203	Vap
38	Neuen Auftrag empfangen	5,8 204,5	St	71	Kontakte prägen	18,4 201,7	St
39	Teile vom Lager holen	21,5 226,0	St	72	Lehn empfangen	5,46 250,3	32
40	Auf Einrichter warten	1,3 271,3	8	73	Privatgespräch	1,30 280,1	N
41	Warten während d. Einricht.	28,7 300,0	St	74	Kontakte prägen	1,9 300,0	St
42	Warten während d. Einricht.	4,0 4,0	St	75	Kontakte prägen	4,03 410,3	St
43	Kontakte prägen	52,7 181	St	76	Kurze Entspannung	3,5 149,8	Vap
44	Rücksprache mit Einricht.	1,8 78,2	9	77	Kontakte prägen	12,8 238,0	St
45	Kontakte prägen	20,1 274,3	St	78	Kurze Entspannung	2,8 300,0	Vap
46	Kurze Entspannung	4,1 285,4	Vap	79	Kurze Entspannung	3,5 35	Vap
47	Kontakte prägen	13,6 300,0	St	80	Kontakte prägen	89,2 92,7	St
48	Kontakte prägen	161,6 161,6	St	81	Aus der Vorrichtung gefallene Kontakte auflesen	10,3 10,3	8
49	Kurze Entspannung	10,4 172,0	Vap	82	Kontakte prägen	18,70 300,0	St
50	Kontakte prägen	7,7 251,7	St	83	Kontakte prägen	14,16 14,16	St
51	Aus der Vorrichtung gefallene Kontakte auflesen	7,1 258,8	8	84	Kurze Entspannung	5,1 116,7	Vap
52	Kontakte prägen	41,2 302,0	St	85	Kontakte prägen	17,53 292,0	St
53	Kontakte prägen	102,1 102,1	St	86	Arbeitsplatz ordnen	8,0 300,0	8
54	Kurze Entspannung	7,9 110,9	Vap	87	Arbeitsplatz ordnen	1,0 1,0	8
55	Kontakte prägen	58,9 168,7	St	88	Kontakte prägen	19,38 19,38	St
56	Hände waschen	3,3 3,0	N	89	Kurze Entspannung	2,4 187,8	Vap
57	Mittagspause 12 ⁰⁰ -12 ³⁰	1,00 300,0	P	90	Kontakte prägen	14,5 211,7	St
58	Mittagspause 12 ⁰⁰ -12 ³⁰	2,00 300,0	P	91	Platz machen für Saubereinigung	8,6 220,3	10
59	Fenster öffnen	1,60 246,0	34	92	Kontakte prägen	2,92 300,0	St
60	Kontakte prägen	8,0 300,0	St	93	Kontakte prägen	7,34 7,34	St
61	Kontakte prägen	44,4 111,6	St	94	Platz räumen u. Schichtbehl.	38,0 110,2	2
62	Bedürfnis	8,30 128,0	33	95	Hände waschen	3,90 150,0	N
63	Kontakte prägen	10,50 300,0	St		Schichtende.		

Nachdruck verbotlich (2. 37) Copyright 1992 by Verband für Arbeitsstudien - REFA - E.V. Darmstadt

Form V 1

Bild 26 b. REFA-Verteilzeitermittlung, Aufnahmebogen V 1, Rückseite

REFA		Verteilzeitermittlung		Nr. von Auftragsarbeiten		Blatt-Nr.	
		Zusammenstellungsbogen		F / Fg 52		1	
Betr.: Sortierbögen Laskowski, Kretsch, Fongke, Laskowski, Hachenberg, Kretsch				Bearbeitet von: Goetz			
Zeitraum 1		Zeitraum 2		Zeitraum 3			
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag
Laskowski	Mo	123	Laskowski	Mo	393	Kretsch	So
Kretsch	Di	242	Kretsch	Di	292		
Fongke	Mi	319	Fongke	Mi	320	Summe	924
Laskowski	Do	330	Laskowski	Do	333	Anzahl	5
Hachenberg	Fr	298	Hachenberg	Fr	368	Mittelwert	924
Kretsch	So	208				Festgesetzt je Woche	1000
Summe		1798	Summe		1686	Summe	
Anzahl		6	Anzahl		5	Anzahl	
Mittelwert		300	Mittelwert		337	Mittelwert	
Festgesetzt		300	Festgesetzt		300	Festgesetzt	
je Tag		300	je Tag		300	je Tag	
je Woche		1800	je Woche		1500	je Woche	
Zeitraum 4		Zeitraum 5		Zeitraum 6			
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag
Laskowski	Mo	460	Laskowski	Mo	1028	Laskowski	Mo
Kretsch	Di	0	Kretsch	Di	204	Kretsch	Di
Fongke	Mi	0	Fongke	Mi	740	Fongke	Mi
Laskowski	Do	0	Laskowski	Do	379	Laskowski	Do
Hachenberg	Fr	73	Hachenberg	Fr	801	Hachenberg	Fr
Kretsch	So	0	Kretsch	So	460	Kretsch	So
Summe		533	Summe		3812	Summe	
Anzahl		6	Anzahl		6	Anzahl	
Mittelwert		89	Mittelwert		602	Mittelwert	
Festgesetzt		100	Festgesetzt		600	Festgesetzt	
je Tag		100	je Tag		600	je Tag	
je Woche		600	je Woche		3600	je Woche	
Zeitraum 7		Zeitraum 8		Zeitraum 9			
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag
Laskowski	Mo	460	Laskowski	Mo	1028	Laskowski	Mo
Kretsch	Di	0	Kretsch	Di	204	Kretsch	Di
Fongke	Mi	0	Fongke	Mi	740	Fongke	Mi
Laskowski	Do	0	Laskowski	Do	379	Laskowski	Do
Hachenberg	Fr	73	Hachenberg	Fr	801	Hachenberg	Fr
Kretsch	So	0	Kretsch	So	460	Kretsch	So
Summe		533	Summe		3812	Summe	
Anzahl		6	Anzahl		6	Anzahl	
Mittelwert		89	Mittelwert		602	Mittelwert	
Festgesetzt		100	Festgesetzt		600	Festgesetzt	
je Tag		100	je Tag		600	je Tag	
je Woche		600	je Woche		3600	je Woche	
Zeitraum 10		Zeitraum 11		Zeitraum 12			
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag
Laskowski	Mo	0	Laskowski	Mo	290	Laskowski	Mo
Kretsch	Di	404	Kretsch	Di	0	Kretsch	Di
Fongke	Mi	120	Fongke	Mi	494	Fongke	Mi
Laskowski	Do	284	Laskowski	Do	0	Laskowski	Do
Hachenberg	Fr	86	Hachenberg	Fr	0	Hachenberg	Fr
Kretsch	So	0	Kretsch	So	392	Kretsch	So
Summe		594	Summe		1776	Summe	
Anzahl		6	Anzahl		6	Anzahl	
Mittelwert		99	Mittelwert		296	Mittelwert	
Festgesetzt		100	Festgesetzt		300	Festgesetzt	
je Tag		100	je Tag		300	je Tag	
je Woche		600	je Woche		1800	je Woche	

Form V.1

Bild 28a. REFA-Verteilzeitermittlung, Zusammenstellungsbogen V 3, Vorderseite

Zeitraum 31		Zeitraum 32		Zeitraum 33	
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit
Laskowski	Mo	205	Hachenberg	Fr	639
Kretsch	Di	114			
Fongke	Mi	0	Mittelwert	639	
Laskowski	Do	384	Festgesetzt je Woche	700	
Hachenberg	Fr	87			
Kretsch	So	0			
Summe		790	Summe		1842
Anzahl		6	Anzahl		4
Mittelwert		132	Mittelwert		461
Festgesetzt		130	Festgesetzt		500
je Tag		130	je Tag		500
je Woche		780	je Woche		3000
Zeitraum 34		Zeitraum 35		Zeitraum 36	
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit
Laskowski	Mo	4054	Laskowski	Mo	43086
Kretsch	Di	1317	Kretsch	Di	46103
Fongke	Mi	1544	Fongke	Mi	40359
Laskowski	Do	717	Laskowski	Do	45751
Hachenberg	Fr	998	Hachenberg	Fr	44139
Kretsch	So	1025	Kretsch	So	17502
Summe		6652	Summe		243940
Anzahl		6	Anzahl		6
Mittelwert		1109	Mittelwert		40657
Festgesetzt		1100	Festgesetzt		40700
je Tag		1100	je Tag		40700
je Woche		6600	je Woche		244200
Zeitraum 37		Zeitraum 38		Zeitraum 39	
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit
Laskowski	Mo	1575	Laskowski	Mo	515
Kretsch	Di	320	Kretsch	Di	447
Fongke	Mi	710	Fongke	Mi	1240
Laskowski	Do	1525	Laskowski	Do	2154
Hachenberg	Fr	1417	Hachenberg	Fr	0
Kretsch	So	345	Kretsch	So	0
Summe		6192	Summe		4656
Anzahl		6	Anzahl		6
Mittelwert		1032	Mittelwert		776
Festgesetzt		1030	Festgesetzt		780
je Tag		1030	je Tag		780
je Woche		6180	je Woche		4680
Zeitraum 40		Zeitraum 41		Zeitraum 42	
Arbeiter	Wochentag	Zeit	Arbeiter	Wochentag	Zeit
Laskowski	Mo	0	Laskowski	Mo	4500
Kretsch	Di	404	Kretsch	Di	4500
Fongke	Mi	120	Fongke	Mi	4500
Laskowski	Do	284	Laskowski	Do	4500
Hachenberg	Fr	86	Hachenberg	Fr	4500
Kretsch	So	0	Kretsch	So	1500
Summe		594	Summe		24000
Anzahl		6	Anzahl		6
Mittelwert		99	Mittelwert		4000
Festgesetzt		100	Festgesetzt		4000
je Tag		100	je Tag		4000
je Woche		600	je Woche		24000

Nachdruck verboten (2.92. Copyright 1952 by Verband für Arbeitsstudien - REFA - E.V. Düsseldorf

Form V.2

Bild 28b. REFA-Verteilzeitermittlung, Zusammenstellungsbogen V 3, Rückseite

„kostet“. Festgehalten sei also: *Durch Messung ermittelte Zeiten sollen für möglichst viele Einzelfälle verwertbar sein!*

In vielen Fällen ist es möglich, die Vorgabezeit für einen bestimmten Fall einfach aus schon vorhandenen betrieblichen Zeiten der einzelnen Teilvorgänge zusammenzusetzen. Wir sprechen dann vom „Zusammensetzverfahren“.

In anderen Fällen läßt sich die Vorgabezeit als Zwischenwert aus einer Reihe schon vorhandener betrieblicher Werte, z. B. für Gegenstände anderer Größen oder Abmessungen, gewinnen. Das wäre dann die Anwendung des „Interpolationsverfahrens“.

Die Zeiten mancher Vorgänge — besonders an Maschinen — lassen sich nach mathematischen Formeln errechnen, weil sie einer bestimmten Gesetzmäßigkeit unterliegen. Die Berechnung solcher Zeiten läßt sich darüber hinaus meist durch graphische Darstellungen, also durch „Zeichnen“, erleichtern oder gar ganz ablösen. Wir können somit von der Zeitermittlung im „Rechenverfahren“ oder im „Zeichenverfahren“ sprechen.

Die Zeitermittlung durch „Schätzen“, also aus der Erfahrung, wird in Hauptabschnitt VI behandelt. Dem Schätzen verwandt ist die Zeitermittlung durch „Vergleichen“ mit Zeiten für ähnliche Arbeiten an ähnlichen Gegenständen.

B. Das Zusammensetzverfahren

Das einfache *Zusammensetzen* werden wir anwenden, um von den schon vorhandenen Zeiten der einzelnen Teilvorgänge zu den Zeiten des ganzen Arbeitsvorganges zu gelangen. Zeitstudien wird man daher umso vielseitiger zur Ermittlung neuer Zeiten verwenden können je feiner die Zeiten der Teilvorgänge, also der zeitlichen Bausteine, erfaßt worden sind. Aus solchen Bausteinen lassen sich dann wiederum die Zeiten für ähnliche Arbeitsvorgänge zusammensetzen. Allerdings ist zu bedenken, daß nicht immer das Ganze einfach gleich der Summe der Teile ist, d. h. beim Zusammenfügen der einzelnen Bausteine entstehen manchmal Lücken oder auch Überdeckungen, die im ein-

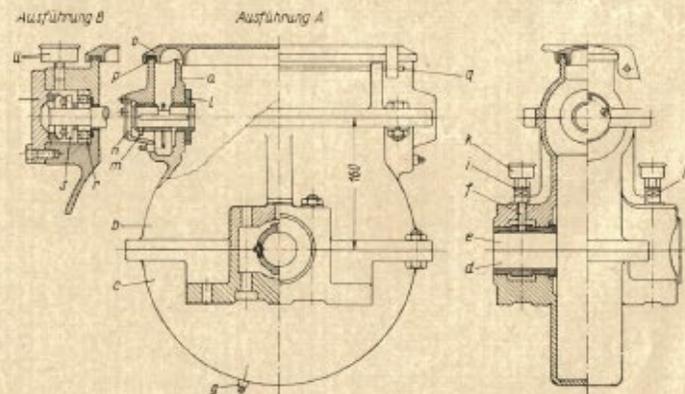


Bild 30. Schneckenkasten (zum Beispiel der Zusammensetzung einer Vorgabezeit aus vorhandenen Zeiten einzelner Teilvorgänge)

zelen leicht übersehen werden, aber — wenn das Ganze aus vielen kleinen Teilen zusammengesetzt ist — zusammen doch einen merkbaren Zeitunterschied ausmachen können. Der Zeitunterschied kann positiv oder negativ sein. Voraussetzung für die praktische Verwendung von Teilzeiten als Bausteine ist deren zweckmäßige Bereitstellung in Tabellen oder Kurven. *Freilich muß vor Benutzung solcher Werte kritisch geprüft werden, ob die Arbeitsbedingungen, unter denen die Arbeit des neuen Vorganges vor sich geht, denen entsprechen, unter denen seinerzeit die Teilzeiten ermittelt wurden. In den Tabellen der Teilzeiten müssen daher möglichst genau die Arbeitsbedingungen angegeben sein, unter denen sie ermittelt wurden.*

Hat man für eine Arbeit die benötigte Zeit durch Zusammensetzen bekannter Teilzeiten gefunden, so wird man für *ähnliche* Fälle die Zeit nicht immer aus allen Teilzeiten zusammenrechnen müssen, sondern man wird die Zeiten nur in den Teilvorgängen ändern, die von denen des früheren Falles abweichen.

Beispiel: Zusammenbau eines Schneckenkastens.

Ausführung A

Der Schneckenkasten ist zum Drehen und Bohren bereits zusammengebaut und wird dem Schlosser — von der Dreherei bearbeitet — zusammen mit den übrigen Teilen, wie Lagerschalen usw., an den Arbeitsplatz gebracht.

Tafel 3 zeigt den Aufbau der Grundzeit für Ausführung A (vgl. auch Bild 30).

Nr.	Teilvorgänge	Zeit in Minuten
1	1 dreiteiligen Kasten a b c mit 4 Zahlen zeichnen, Kasten zerlegen, 16 Schrauben $\frac{5}{8}$ " entfernen	25,3
2	2 Lagerschalen-Unterteile (d) entgraten	3,6
3	2 Lagerschalen-Oberteile (e) entgraten	4,6
4	2 Schmierrohre (f) einschrauben	3,6
5	1 Kastenunterteil (c) von Bohrspänen reinigen und entgraten 1 Stopfen (g) und 2 Lagerschalen-Unterteile (d) einbauen	17,9
6	1 Kastenmittelteil (b) von Bohrspänen reinigen und entgraten	17
7	2 Lagerschalen-Oberteile (e) mit Nippel (h) und Sicherung (i) einbauen, sowie 2 Staufferbüchsen (k) aufschrauben	15,4
8	2 Lagerbüchsen (l) entgraten 2 Fixierschrauben m, M 6 ϕ einschrauben	9,4
9	1 Kasten-Oberteil (a) entgraten und von Bohrspänen reinigen	9,6
10	1 Blechdeckel (n) 3 Loch anzeichnen 3 Loch $6,5 \phi \times 2$ bohren und entgraten 3 Loch an Kastenoberteil (a) anzeichnen und bohren $4,75 \phi \times 10$	11,2
11	3 Gewinde schneiden M 6 \times 10 1 Deckel (n) mit 3 Zylinderschrauben M 6 anschrauben	12,7
12	1 Kastenunterteil (c) mit Mittelteil (b) zusammenschrauben (8 Schrauben $\frac{5}{8}$ " einziehen)	18,4
13	2 Lagerbüchsen (l) einbauen und Kasten-Oberteil (a) mit 8 Schrauben $\frac{5}{8}$ " aufschrauben	22,6
14	1 oberen Deckel (o) mit Filzstreifen (p) versehen und auflegen	4,6
15	2 Loch für Bolzen (q) anzeichnen, bohren $6 \phi \times 30$ Guß und entgraten	9,8
16	1 oberen Deckel (o) an Oberteil (a) mit Bolzen (q) anbringen	3,6
17	4 Bohrungen mit 2 Probierwellen prüfen	6,8
	Grundzeit	196,1

Tafel 3. Zeitermittlung für den Zusammenbau eines Schneckenkastens

Ausführung B

Werden in dem Schneckenkasten für die Lagerung der Schnecke an Stelle der Gleitlager Kugellager verwendet, die jedoch erst beim Einbringen der Schneckenwelle fest eingebaut werden, so fallen die Zeiten für die Teilvorgänge 8, 10, 11, 13 und 17 der Ausführung A mit 62,7 Minuten fort, so daß noch 133,4 Minuten bestehen bleiben. Dagegen kommen für den vorläufigen Einbau der beiderseitigen Kugellager-Anordnungen folgende Teilvorgänge hinzu:

- | | |
|---|------------------|
| 18. je 2 Querlager r und 2 Drucklager s provisorisch in Mittelteil b einlegen,
2 Deckel t und 1 Oberteil a anschrauben, sowie 2 Staufließblechen u auf-
schrauben | 10 min |
| 19. Lehrwelle in Schneckenrad-Lagerung prüfen | 3 min |
| | zusammen: 13 min |

so daß für Ausführung B die Grundzeit $t_g = 196,1 - 62,7 + 13 = 146,4$ Minuten beträgt.

C. Das Interpolationsverfahren

Das Verfahren des *Interpolierens* wird angewendet, wenn aus einer Reihe bekannter Zeitwerte, die eine *gemeinsame*, nur der Höhe nach verschiedene *Einflußgröße* haben, neue Werte für eine andere Höhe derselben *Einflußgröße* gefunden werden sollen.

Wenn die Beziehung zwischen Zeit und Einflußgröße nicht in einer Formel ausgedrückt werden kann, wird der gesuchte Zwischenwert am besten *graphisch* ermittelt.

Beispiel:

Beim Bohren von Löchern gleichen Durchmessers in hartem Gestein sei der Zeitbedarf für das Bohren eines Loches von

- | | |
|----------------|---------|
| 0,5 m Tiefe zu | 12 min |
| 1,0 m Tiefe zu | 30 min |
| 3,0 m Tiefe zu | 125 min |

festgestellt worden. Da die wichtigsten Einflußgrößen (Durchmesser der Löcher, Art des Gesteins, Werkzeuge und Arbeitsweise) abgesehen von der Tiefe hier im wesentlichen jedesmal als die gleichen angenommen sind, kommt für die Zeitermittlung als einzige Einflußgröße die Tiefe in Betracht (Bild 31).

Will man z. B. den Zeitbedarf für das Bohren eines Loches von 2 m Tiefe bei sonst gleichen Bedingungen ohne unmittelbare Messung feststellen, so findet man ihn, indem man durch den Punkt „2 m“ der Waagerechten eine Parallele zur Senkrechten und durch deren Schnittpunkt mit der Kurve eine Parallele zur Waagerechten legt. Der Schnittpunkt dieser letzteren mit der Senkrechten ergibt den gesuchten Wert von 72 min.

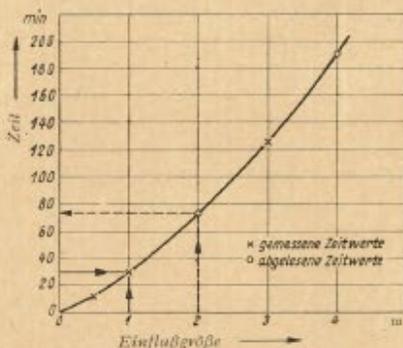


Bild 31. Ermittlung des Zeitbedarfs für das Bohren von Löchern

Ein solches graphisches Verfahren gestattet also, alle Zeitwerte abzulesen, die *zwischen* den bekannten Werten liegen (Interpolation). *Unter* oder *über* bekannte Grenzwerte hinauszu-*gehen* (Extrapolation), führt in der Regel zu unsicheren Ergebnissen. (Z. B. bei 4 m Lochtiefe ist der Zeitbedarf aus Bild 31 nur *annähernd* zu 190 min zu

ermitteln.) Diese Unsicherheit wird um so größer, je weiter wir uns von dem Bereich bekannter Werte entfernen; denn wie die Kurve über die bekannten Punkte hinaus verläuft, ist im allgemeinen unsicher. Nur wenn aus einer größeren Zahl von Meßwerten eine gesetzmäßige Beziehung zwischen Zeit und Einflußgröße hervorgeht, ist Extrapolieren soweit möglich, wie die Gültigkeit der gefundenen Beziehung auch über die Grenzen der Messungen hinaus nicht bezweifelt werden kann.

Oft ist der Zeitbedarf nicht nur von einer, sondern von mehreren Einflußgrößen abhängig (er ist die „Funktion“ verschiedener „Variablen“). Man kann sie in einer aus verschiedenen Koordinatensystemen zusammengesetzten Darstellung erfassen. Das Eingehen auf alle Einflußgrößen bringt aber häufig Schwierigkeiten mit sich, die mit Rücksicht auf die Einfachheit im Aufbau

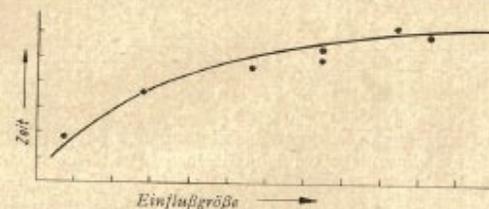


Bild 32. Schaubildliche Darstellung von Arbeitszeiten in einer Kurve

der Unterlagen zu vermeiden sind. Es ist daher meist zweckmäßig, daß man sich bei der graphischen Darstellung auf einige wichtige Einflußgrößen beschränkt, selbst auf die Gefahr hin, daß durch dieses vereinfachende Zusammenziehen die Streuung der Punkte bei der graphischen Darstellung etwas größer wird.

Sind bei einer Kurvenbildung die *Ausgangswerte* selbst mehr oder weniger *ungenau*, so wird sich doch vielfach eine Kurve zwischen den einzelnen Punkten ziehen lassen, an die die einzelnen Punkte nahe herankommen und von der sie möglichst gleichmäßig nach oben und unten entlernt sind (Bild 32). Eine solche Kurve schaltet nämlich die Zufälligkeiten und Ungenauigkeiten der einzelnen Messungen oder Schätzungen weitgehend aus. Die graphische Darstellung führt daher nicht nur zur Gewinnung neuer Werte (Zwischenwerte), sondern oft auch zur Erhöhung der Genauigkeit der Ausgangswerte. Voraussetzung ist jedoch stets, daß *eine* gemeinsame Einflußgröße vorhanden ist.

Wenn allerdings die einzelnen Punkte zu stark streuen, kann man sie nicht ohne Bedenken durch eine Kurve verbinden. Es muß dann zunächst geprüft werden, ob die Ursache in zu ungenauer Feststellung der Ausgangswerte liegt. Wir werden uns in diesem Fall zu einer genaueren Erfassung der einzelnen Werte entschließen müssen. Es ist aber auch möglich, daß die starke Streuung daher rührt, daß neben der gewählten Einflußgröße auch noch andere zunächst nicht berücksichtigte Einflußgrößen (z. B. Verschiedenartigkeit der Arbeitsweise, der Werkzeuge, der Arbeitsbedingungen, der Eignung des Arbeitenden usw.) so stark stören, daß sie nicht vernachlässigt werden dürfen. Diese zusätzlichen Einflußgrößen aufzufinden, ist eine besondere, manchmal schwie-

rige Aufgabe. Z. B. können von einer bestimmten Werkstückgröße ab alle nachfolgenden Zeitwerte um ein gewisses Maß höher liegen, wenn von einem bestimmten Gewicht an die Benutzung einer Hebevorrichtung notwendig ist und damit die Zeit verändert wird. Die Kurve wird dann an dieser Stelle einen Sprung aufweisen (Bild 33). Ein anderer Fall: Die Arbeit wurde von verschiedenen Arbeitern mit unterschiedlicher individueller Arbeitsweise ausgeführt, ohne daß dies vom Zeitstudienmann richtig erkannt wurde. Ein wertvolles

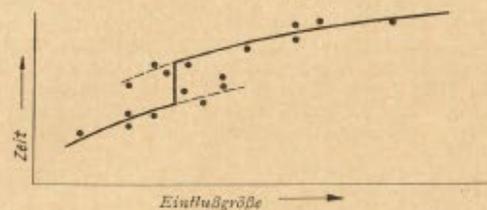


Bild 33. Kurve mit Sprung

Hilfsmittel zur Beurteilung der dadurch entstandenen Zeitenstreuung ist die verschiedene Kennzeichnung der bei den einzelnen Arbeitern ermittelten Zeiten (Bild 34).

Ist man sich des Wechsels gewisser Arbeitsbedingungen von vornherein bewußt, so wäre es natürlich falsch, alle Meßpunkte in eine einzige Kurve zwingen zu wollen. Man wird vielmehr für jede dieser besonderen Arbeitsbedingungen



Bild 34. Streuung der Zeiten verschiedener beobachteter Personen

eine besondere Kurve zeichnen. Wenn z. B. ein Werkstück je nach Erfordernis grau gefeilt, blank gefeilt oder sauber geschliffen wird, so werden die Bearbeitungszeiten verschieden lang sein. Man wird also drei verschiedene Kurven einzeichnen (Bild 35). Sind diese weiteren Arbeitsbedingungen selbst meßbare Größen, so kann man von mehreren Einflußgrößen sprechen.

So hängt z. B. der Zeitbedarf für das Überdrehen eines Rotorkörpers sowohl von seiner Drehlänge als auch von seinem Durchmesser ab. Nimmt man die Drehlänge als Einflußgröße, so muß für jeden Durchmesser eine besondere Kurve gezeichnet werden, man erhält also wie bei Bild 35 eine Kurvenschar. Die zweite, durch die Kurvenschar berücksichtigte Einflußgröße wird *Parameter* genannt.

Sind mehr als zwei veränderliche Einflußgrößen für die Arbeitszeit maßgebend, so kommt man mit einem Quadranten eines einfachen Koordinaten-

systems nicht mehr aus. Beim Fräsen von Zahnrädern z. B. wird die Arbeitszeit bestimmt durch Zahnzahl, Zahnteilung, Radbreite und Werkstoff, also durch 4 Einflußgrößen. Man kann in einer Darstellung durch eine *einzelne Kurve* die Fräszeit aber nur in Abhängigkeit von *einer* Einflußgröße, z. B. der Zahnzahl, wiedergeben und durch eine *Kurvenschar* noch einen zweiten Einfluß, etwa den der Zahnteilung, darstellen. Die Radbreite könnte schließlich dadurch berücksichtigt werden, daß man für verschiedene Radbreiten je ein besonderes Schaubild (mit einer Kurvenschar) anfertigt. Jedes Schaubild bezieht sich dabei auf eine bestimmte Radbreite und jede Kurve darin außerdem auf eine bestimmte Zahnteilung. Die verschiedenen Maßpunkte einer Kurve

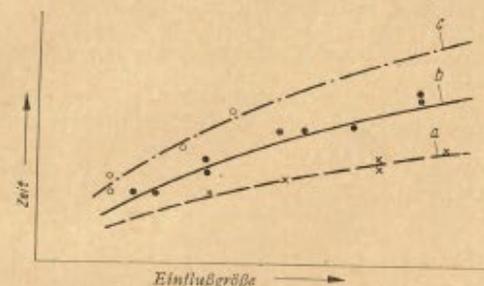


Bild 35. Zeitkurvenschar (Parameter-Darstellung) für verschiedene Arbeitsausführungen a) einfache Ausführung, b) mittlere Ausführung, c) hochwertige Ausführung

(Fräszeit in Abhängigkeit von der Zahnzahl) müssen also bei gleichbleibender (konstanter) Zahnteilung und gleichbleibender (konstanter) Radbreite gefunden werden. Werden je 5 verschiedene Zahnzahlen, Zahnteilungen und Radbreiten zugrundegelegt, so sind insgesamt $5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$ Einzelwerte notwendig, wobei noch die erschwerende Forderung der Konstanthaltung einer oder mehrerer Einflußgrößen erfüllt werden muß. Soll gar noch die Verschiedenheit des *Werkstoffes* berücksichtigt werden, so sind bei 5 verschiedenen Werkstoffen insgesamt $5 \cdot 125 = 625$ Einzelwerte nötig, wobei jeweils 3 Einflußgrößen während je 5 Messungen konstant gehalten werden müssen. Abgesehen davon, daß diese Konstanthaltung oft gar nicht durchführbar ist, wird die mit der Zahl der Einflußgrößen rasch steigende Zahl der nötigen Einzelwerte die rein schaubildliche Erfassung eines solchen Arbeitsvorganges oft praktisch unmöglich machen. Man sieht daraus, daß die Erfassung derartiger *Arbeitsvorgänge* in Diagrammen *nur begrenzt möglich ist*. Auf ein wesentlich umfassenderes Verfahren, die *Einflußgrößenrechnung*, mit der man diese Schwierigkeiten überwinden kann, kann hier nur hingewiesen werden¹⁾. Das in folgendem Abschnitt D beschriebene 1. Beispiel läßt die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der *Nomographie* erkennen²⁾.

¹⁾ Vergl. hierzu Stevens H.: „Einflußgrößen-Rechnung.“ Die Erfassung funktionaler Zusammenhänge in der industriellen Technik unter Anwendung mathematischer Formeln, schaubildlich rechnerischer Hilfsmittel und ihre Darstellung in Diagrammen und Nomogrammen, Düsseldorf 1953, Verlag Stahl Eisen. Hierin gehören auch die neueren Ausarbeitungen über mathematische Statistik (Stochastik), z. B. Linder, A.: Statistische Methoden für Naturwissenschaftler, Mediziner und Ingenieure, 2. erw. Aufl. Birkhäuser-Verlag, Basel, 1951; P. Leinweber: Mathematisch-statistische Verfahren im Fabrikbetrieb, Beuth-Vertriebs, Köln/Berlin, 1951.

²⁾ Einzelheiten über das Entwerfen von Nomogrammen sind dem Buch von H. Dierks und H. Euler: „Praktische Nomographie“, Verlag Stahl Eisen, Düsseldorf, 1939/48, zu entnehmen. Über andere Formen der nomographischen Darstellung, z. B. Lettertafeln, gibt es ein umfangreiches Schrifttum; vgl. z. B. Schroeder, R.: „Praktische Einführung in die Nomographie“ Carl Hauser-Verlag, München, 1951.

D. Rechen- und Zeichenverfahren

Sind die Beziehungen zwischen der Einflußgröße und der gesuchten Zeit in Form einer Gleichung bekannt, so kann man an die Stelle der graphischen Darstellung auch die *reine Rechnung* setzen. Man braucht dazu weniger Ausgangswerte als beim Interpolationsverfahren.

Die allgemeine Gleichung für die Errechnung der unbeeinflussbaren Hauptzeiten t_{uh} in min/Stück, z. B. für Drehen, ergibt sich aus folgendem:

Bezeichnen wir mit

- U die erforderliche Zahl von Umdrehungen je Stück
- n die Zahl der Umdrehungen/min
- s den Vorschub in mm/Umdrehung
- L die Bearbeitungslänge in mm
- t_{uh} die unbeeinflussbare Hauptzeit in min

dann sind die für die Bearbeitung insgesamt nötigen Umdrehungen

$$\text{einerseits } U = n \cdot t_{uh}$$

$$\text{andererseits } U = \frac{L}{s}$$

$$\text{Hieraus folgt: } n \cdot t_{uh} = \frac{L}{s}$$

$$\text{also: } t_{uh} = \frac{L}{n \cdot s} \quad (1)$$

In manchen Fällen muß zunächst n aus der zulässigen Schnittgeschwindigkeit errechnet werden. Die Schnittgeschwindigkeit v wird unter Beachtung aller bei der Bearbeitung wichtigen Einflüsse aus einschlägigen Tabellen entnommen. Aus der allgemeinen Gleichung für die Schnittgeschwindigkeit

$$v = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{1000} \text{ [m/min]} \quad (2)$$

(wobei D in mm einzusetzen ist) errechnet sich dann die gesuchte Drehzahl

$$n = \frac{v \cdot 1000}{D \cdot \pi} \text{ [Umdr/min]} \quad (3)$$

Bezeichnet i die Anzahl der Schnitte und setzt man Gleichung (3) in (1) ein, so erhält man die unbeeinflussbare Hauptzeit (oder „Nutzungshauptzeit“ des Betriebsmittels)

$$t_{uh} = \frac{i \cdot L \cdot D \cdot \pi}{1000 \cdot v \cdot s} \text{ [min/Stück]} \quad (4)$$

Fügen wir zu der nach (1) oder (4) errechneten unbeeinflussbaren Hauptzeit t_{uh} noch die beeinflussbare Nebenzeit t_{bn} hinzu, so erhalten wir die Grundzeit je Stück

$$t_g = t_{bn} + t_{uh} = t_{bn} + \frac{L}{s \cdot n} \text{ [min/Stück]} \quad (5)$$

oder mit (4)

$$t_g = t_{bn} + \frac{i \cdot L \cdot D \cdot \pi}{1000 \cdot v \cdot s} \text{ [min/Stück]} \quad (6)$$

Die Form der Gleichungen (5) und (6) zeigt, daß t_{bn} unabhängig vom Durchmesser und von der Länge des Drehkörpers ist und für jeden Wert dieser beiden Größen (zumindest in einem gewissen Bereich) gleich bleibt, also nur einmal bestimmt zu werden braucht. t_{uh} dagegen ist sowohl vom Durchmesser als auch von der Länge abhängig.

t_{uh} kann natürlich auch gemessen werden. Um die Zahl der Messungen zu verringern oder immer wieder neue Berechnungen zu vermeiden, benutzt man vorteilhaft die schaubildliche Darstellung. Zu diesem Zwecke trägt man in einem Diagramm zunächst den konstanten Wert für t_{bn} auf; dies ergibt eine Parallele zur Waagerechten (Bild 36). Sodann mißt oder berechnet man t_{uh} für eine bestimmte Länge und einen bestimmten Durchmesser und trägt diesen Wert als Punkt im Diagramm ein. Durch diesen Punkt und den Schnittpunkt der Parallelen t_{bn} mit der Senkrechten (Ordinatenachse) zieht man eine Gerade. Diese Gerade ist die gesuchte Linie für die Grundzeiten t_g für alle Längen, aber nur für einen bestimmten Durchmesser. In gleicher Weise werden die Geraden für weitere Durchmesser ermittelt. Es entsteht also auf diese Weise ein Diagramm, aus dem für jeden Durchmesser und für jede Länge die Grundzeit unmittelbar abgelesen werden kann.

1. Beispiel:

Beim Bohren von Distanzbuchsen hängt der Zeitbedarf t_{gs} vom Durchmesser des Loches, also vom Bohrerdurchmesser D und von der Lochtiefe l, außerdem aber auch von der Drehzahl n und dem Vorschub s ab.

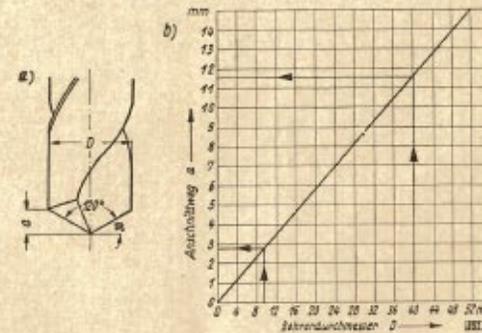


Bild 37. a) Schnittweg beim Bohren
b) Schaubild zur Ermittlung des Anschnittweges

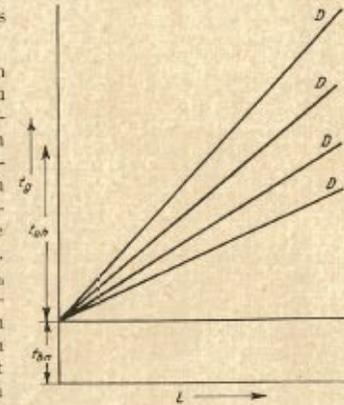


Bild 36. Diagramm für die Errechnung der Grundzeit beim Drehen in Abhängigkeit von Länge und Durchmesser

Außer von der Lochtiefe wird der Zeitbedarf noch von der Anschnittlänge a beeinflusst. Bei üblichem, gleichbleibendem Spitzwinkel $\epsilon \approx 120^\circ$ (Bild 37a) ist a proportional dem Durchmesser D , nämlich

$$a = \frac{D}{2} \cdot \tan 30^\circ$$

Die Beziehung zwischen a und D läßt sich also durch eine Gerade nach Bild 37b darstellen. Der Anschnittweg a muß zur Lochtiefe l hinzugerechnet werden, so daß sich eine Gesamtbohrlänge $L = l + a$ ergibt.

Z. B. wird für $D = 40$ mm nach Bild 37b der Anschnittweg $a = 11,5$ mm. Für eine Lochtiefe $l = 80$ mm wird also die Bohrlänge $L = 91,5$ mm.

Wird $n = 140/\text{min}$ und $s = 0,2$ mm/Umdr gewählt, so ergibt sich nach Gleichung (1):

$$t_{\text{bh}} = \frac{91,5}{140 \cdot 0,2} = 3,27 \text{ min/Stück}$$

Die graphische Darstellung ist in diesem Fall, da mehr als zwei Einflußgrößen vorliegen, nicht mehr durch eine einfache Kurvenschar möglich. An ihre Stelle tritt hier das Nomogramm.

Wie ein solches Nomogramm (Bild 38) zustande kommt, sei an dem eben behandelten Beispiel gezeigt:

Man teilt in diesem Fall die Rechenoperation in zwei Phasen, indem man gemäß $t_{\text{bh}} = \frac{L}{n \cdot s}$ zuerst den Zwischenwert $\frac{L}{n} = A$ bildet. Dieser ist für eine bestimmte Drehzahl n proportional zu L (gemäß $A = \frac{1}{n} \cdot L$), kann also durch eine Gerade dargestellt werden. Für jedes n kann so eine Gerade gefunden werden, die durch den Nullpunkt geht (erstes Feld des Nomogramms). Genau so kann die zweite Phase $\frac{A}{s} = t_{\text{bh}}$ oder $t_{\text{bh}} = \frac{1}{s} \cdot A$ durch eine Schar von Geraden durch den Nullpunkt dargestellt werden (zweites Feld des Nomogramms).

Wird im ersten Feld der Ausgangswert L auf der ersten Senkrechten (Ordinate) aufgetragen, so wird $\frac{L}{n} = A$ normalerweise auf der Waagerechten (Abszisse) abgelesen. Um

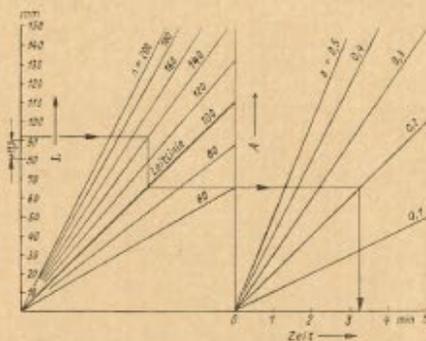


Bild 38. Nomogramm zur Ermittlung der Maschinenzeit beim Bohren

aber für das zweite Feld seinen Ausgangswert, eben A , wiederum auf der Ordinate, in diesem Fall der zweiten Senkrechten, zu erhalten, wird mit Hilfe der „Leitlinie“ der A -Wert von der Waagerechten auf die Senkrechte übertragen. Würden noch weitere Rechenoperationen folgen, so würde man auch im zweiten Feld den Abszissenwert durch eine Leitlinie auf die nächste Senkrechte übertragen usw. Man kann also auf diese Weise beliebig viele Felder aneinanderreihen. Dabei brauchen die einzelnen Zwischenwerte (in unserem Beispiel A) überhaupt nicht abgelesen zu werden, die entsprechenden Waagerechten oder Senkrechten also keine Einteilung zu erhalten.

In dem auf solche Weise entworfenen Nomogramm wird nun

für jeden Einzelfall das Endergebnis rasch und bequem gefunden, indem man einen Linienzug verfolgt, wie er beispielsweise für den oben berechneten Fall eingezeichnet ist.

Die Wahl von Drehzahl und Vorschub wird u. a. von der Art und der Festigkeit des zu bearbeitenden Materials und des Werkzeuges abhängen und muß dem Betriebsfachmann überlassen bleiben. Bei dem eingezeichneten Beispiel ist ein Stahl von 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit angemessen.

2. Beispiel: Drehen einer Papierwalze (Bild 39).

Werkstoff des Werkstückes: Nickel-Chrom-Stahl, geschmiedet, 90 kg/mm² Festigkeit. Werkstoff des Werkzeuges (Drehmeißel): Schneldrehstahl mit Schneidwinkeln und -formen nach Vorschrift. Standzeit des Drehmeißels: 120 min. Motorleistung der Drehbank: 50 kW.

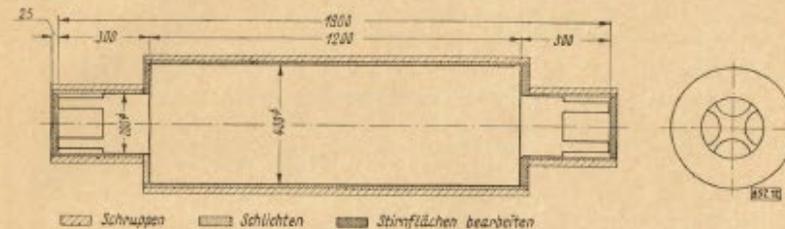


Bild 39. Papierwalze (zum Beispiel „Drehen einer Papierwalze“)

1. *Rohe Überschlagsrechnung.*

Es werden mittlere Erfahrungswerte für die Maschinenwerte v und s (z. B. $v = 12$ m/min, $s = 0,6$ mm/Umdr) eingesetzt. Aus Gleichung (4) erhält man

$$t_{\text{bh}} = \frac{i \cdot L \cdot D \cdot \pi}{1000 \cdot 12 \cdot 0,6} \text{ min/Stück}$$

also abgerundet

$$t_{\text{bh}} = \frac{i \cdot L \cdot D}{2300} \quad (7)$$

Wir gehen von dem größten Durchmesser $D = 400$ mm aus und nehmen als Gesamtlänge $i \cdot L$ die Summe der einzelnen Absatzlängen mal der Zahl der Schnitte unter Einschluß der Stirnflächen und Absätze, also für

den Durchmesser 400 mm	3 Schnitte je 1200 mm lang = 3600 mm
den Durchmesser 200 mm	6 Schnitte je 300 mm lang = 1800 mm
die Seitenflächen und Absätze	8 Schnitte je 100 mm lang = 800 mm
	zusammen $i \cdot L = 6200$ mm

Daraus errechnet sich nach (7) $t_{\text{bh}} = \frac{6200 \cdot 400}{2300} = 1080$ min/Stück

2. *Feinere Überschlagsrechnung*

(Mit Erfahrungswerten für v und s unter Berücksichtigung der Verschiedenheit der einzelnen Teilvorgänge.)

v und s werden für die einzelnen Teilvorgänge (drei verschiedene Absätze des Bolzens je zu schrumpfen und zu schlichten, dazu zwei verschiedene Stirnflächen drehen) Richtwerttabellen entnommen. Die Abmessungen des Werkstückes werden genau eingesetzt. Mit diesen Werten werden die Zeiten der einzelnen Teilvorgänge nach der ungekürzten Formel (4) errechnet. So entsteht die Tafel 4.

Teilvorgang	Zur Berechnung eingesetzt		Zahl der Schnitte i	Spanntiefe a mm	Schnittgeschwindigkeit v m/min	Vorschub s mm/U	Unbeeinflussbare Teilzeit (Schnittzeit) min/Stück
	D mm	Länge mm					
Auf:							
402 \varnothing schrappen	450	1250	2	12	12	1,29	229
202 \varnothing schrappen	250	325	2	12	12	1,29	33
202 \varnothing schrappen	250	325	2	12	12	1,29	33
400 \varnothing schlichten	402	1250	1	1	20	0,12	655
200 \varnothing schlichten	202	325	1	1	20	0,12	86
200 \varnothing schlichten	202	325	1	1	20	0,12	86
Seitenfläche drehen	400	100	2	20/5	12	1,29	16
Seitenfläche drehen	400	100	2	20/5	12	1,29	16
Stirnfläche drehen	200	100	2	20/5	12	1,29	8
Stirnfläche drehen	200	100	2	20/5	12	1,29	8

Zusammen ergibt sich: unbeeinflussbare Hauptzeit $t_{uh} = 1170 \text{ min/Stück}$

Tafel 4. Feinere Übersichtsrechnung zur Ermittlung der unbeeinflussbaren Hauptzeit für das Drehen einer Papierwalze

3. Exakte Rechnung

Nach der Formel

$$t_{uh} = \frac{i \cdot L}{n \cdot s} \quad (\text{min/Stück}) \quad (8)$$

ergeben sich für die einzelnen Teilvorgänge die Zeiten der Tafel 5.

Teilvorgang	Zur Berechnung eingesetzt		Drehzahl der Masch. unter Last n U/min	Zahl der Schnitte i	Spanntiefe a mm	Vorschub nach Masch. s mm/U	Unbeeinflussbare Teilzeit (Schnittzeit) min/Stück
	D mm	Länge mm					
Auf:							
402 \varnothing schrappen	450	1250	8	2	12	1,29	242
202 \varnothing schrappen	250	325	15	2	12	1,29	34
202 \varnothing schrappen	250	325	15	2	12	1,29	34
400 \varnothing schlichten	402	1250	16	1	1	0,12	650
200 \varnothing schlichten	202	325	32	1	1	0,12	85
200 \varnothing schlichten	202	325	32	1	1	0,12	85
Seitenfläche drehen	400	100	10	2	20/5	1,29	16
Seitenfläche drehen	400	100	10	2	20/5	1,29	16
Stirnfläche drehen	200	100	19	2	20/5	1,29	8
Stirnfläche drehen	200	100	19	2	20/5	1,29	8

Zusammen ergibt sich: unbeeinflussbare Hauptzeit $t_{uh} = 1178 \text{ min/Stück}$

Tafel 5. Exakte Rechnung zur Ermittlung der unbeeinflussbaren Hauptzeit beim Drehen einer Papierwalze

VI. Das Schätzen von Arbeitszeiten

A. Notwendigkeit des Schätzens von Arbeitszeiten

Das Schätzen als nicht-messendes, in diesem Sinne als „nicht-exaktes“ Verfahren der Zeitermittlung stößt häufig auf verständliche Bedenken, weil es eine „subjektive“ Methode sei, die dem Einfluß der schätzenden Person unterliege. Demgegenüber ist festzustellen, daß auf das Schätzen nicht verzichtet werden kann, wenn die anderen Verfahren der Zeitermittlung versagen. Das gilt besonders dann, wenn bei kleiner Reihen- oder Einzelfertigung eine Zeitstudie nicht möglich oder wegen ihres unverhältnismäßig hohen Aufwandes nicht vertretbar ist, also in recht vielen Fällen der Fabrikationspraxis, vorausgesetzt natürlich, daß auch die Verfahren des Zeiterrechnens und des Vergleichens nicht anwendbar sind.

Grundsätzlich gilt: Schätzen ist nur dann am Platze, wenn die exakten Verfahren der Zeitermittlung versagen; wenn Messen, Rechnen, Vergleichen möglich ist, soll nicht auf das verhältnismäßig gröbere Verfahren des Schätzens zurückgegriffen werden.

Im übrigen lautet die Frage: Wie kann das Schätzverfahren derart gesichert werden, daß es den höchstmöglichen Grad von Richtigkeit der ermittelten Zeiten gewährleistet und vor persönlichen Einflüssen weitgehend geschützt wird?

B. Grundsätzliches zum Schätzverfahren

Hierzu sind einige grundsätzliche Überlegungen notwendig:

1. Schätzen aus Erlebnis und aus Erfahrung

Es gibt zwei grundverschiedene Arten des Schätzens: Die erste Art wenden wir unbefangen im täglichen Leben an. Bei ihr steht der Schätzende selbst im Mittelpunkt, indem er sich den Ablauf eines Vorganges mit- oder nacherlebend vorstellt, also zu erfassen versucht, wie lange Zeit er selbst für eine Arbeit brauchen würde, wie lange es gedauert hat, als er einem ähnlichen Vorgang beiwohnte u. ä.

Nun besitzt aber der Mensch keinen eigenen „Zeitsinn“, der etwa dem Geruch- oder dem Tastsinn entspräche. Vielmehr sind alle Zeitvorstellungen gebunden an die Ereignisse, die der Mensch innerhalb eines Zeitabschnittes erlebt. Erleben aber ist immer *persönlich betont*. Wie lang eine erlebte Zeit erscheint, hängt unter anderem in höherem Grade davon ab, welches Interesse der erlebte Vorgang beim Erlebenden auslöste, mit welcher Spannung er den Ereignissen sich widmete, überhaupt von den gesamten Umständen des Erlebnisses. Eine Prüfungsviertelstunde erscheint lang; zwei Stunden in angenehmer Gesellschaft gehen im Fluge vorüber.

Dazu kommt dann noch, daß die Rückerinnerung an frühere Zeitdauer die wirklichen Verhältnisse erheblich fälschen kann. Zeiten mit geringem Erlebnisinhalt, also z. B. Warte- und Beobachtungszeiten, die beim Erleben selbst lang erschienen sein können, schrumpfen in der Erinnerung zusammen; kurze, erlebnisreiche, „interessante“ Vorgänge erscheinen nachträglich oft lang.