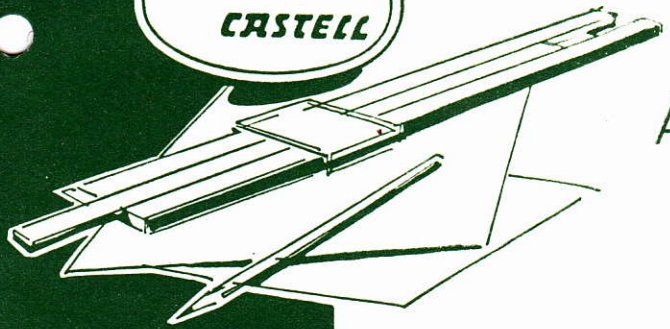


ANLEITUNG

PRÄZISIONS-
RECHENSTAB

111/48 MASCHINENZEIT

System Dr. Winkel

A. W FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG

Einleitung

Der Rechenstab dient dazu, mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit Multiplikationen, Divisionen, Potenzen, Wurzeln, Prozentberechnungen und ähnliche, oft ziemlich komplizierte Aufgaben schnell und sicher zu lösen. Mit besonderen Rechenstäben lassen sich außerdem noch zahlreiche algebraische, sowie trigonometrische und technische Berechnungen vorteilhaft ausführen, so daß der Rechenstab zu einem Hilfsmittel geworden ist, auf das weder der Studierende noch der Praktiker verzichten kann.

Die nachfolgende kurze Gebrauchsanleitung soll die Rechenoperationen, die mit dem Rechenstabe ausgeführt werden können, nur kurz andeuten. Zum speziellen Studium meiner Rechenstäbe empfehle ich die **ausführliche Gebrauchsanleitung,** die in Buchform herausgegeben wurde und an Hand zahlreicher Beispiele mit Schaubildern aus allen Gebieten der Praxis die Studierenden in die Nutzanwendung der Rechenstäbe einführt.

Erklärung des Rechenstabes

In der nachstehenden Anleitung sollen die einzelnen Teile des Rechenstabes kurz bezeichnet werden, und zwar: die beiden fest miteinander verbundenen Teile als „Rechenstab", der im Stab bewegliche Teil als „Schieber" und die durchsichtige Platte mit Strich als „Läufer".

Die Bezeichnungen der Teilungen auf dem Rechenstab sind aus Abb. 1 und 2 ersichtlich.

Die obere Schrägkante trägt eine cm-Teilung; die untere Kante die **Reduktionsteilung 1 : 25.** Auf der Rückseite ist eine Zahlentafel, die bei Benützung der Sonderteilungen eine wertvolle Unterstützung bietet.

Setzt man den Schieber so ein, wie Bild **2** zeigt, so läßt sich der Stab CASTELL 1/48 wie ein normaler Rechenstab (z. B. CASTELL 1/60) benutzen.

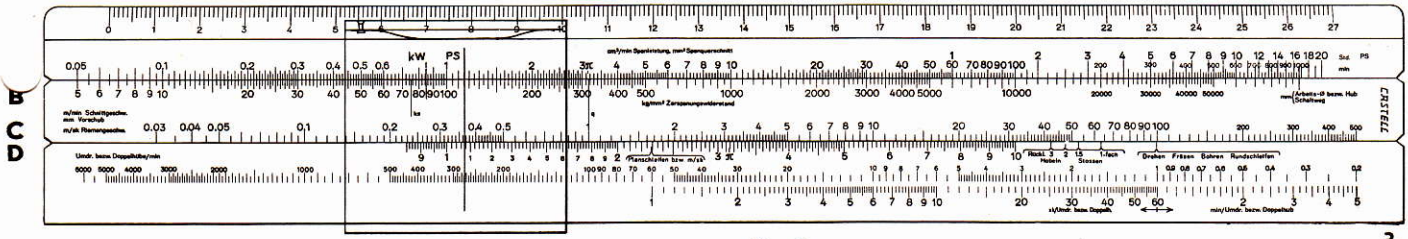


Fig. 1

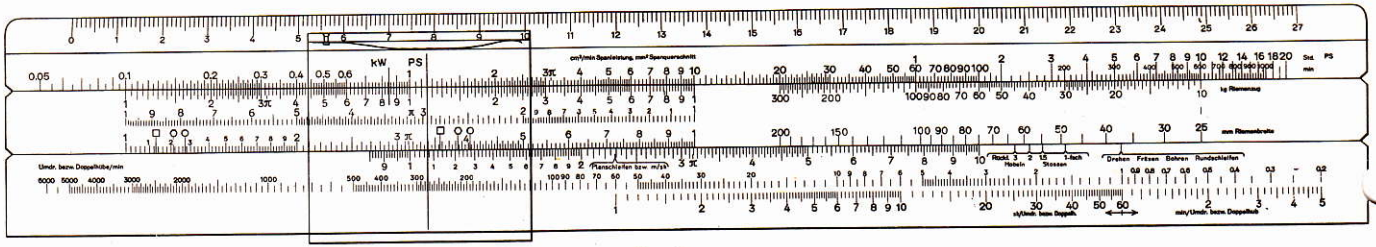


Fig. 2

Die Teilungen am Rechenstabe stellen die Logarithmen der Zahlen von 1 bis 10 und von 1 bis 100 vor, woraus sich der Gebrauch des Rechenstabes aus den logarithmischen Gesetzen einfach ableitet. Multiplikationen und Divisionen können sowohl auf der oberen, als auch unteren Teilung durchgeführt werden. In der oberen Teilung A und B (vgl. Bild 2) ist die Strecke von 1 bis 10 gleich der von 10 bis 100, die ganze Strecke von 1 bis 100 gleich der Strecke von 1 bis 10 der unteren Teilungen C und D (vgl. Bild 2). Die Genauigkeit der Ablesungen ist deshalb auf der unteren Teilung größer als auf der oberen Teilung.

Multiplikation

Zwei Zahlen werden miteinander multipliziert, indem man die den Zahlen entsprechenden Strecken am Stab und Schieber zueinander addiert.

Beispiel, Fig. 3: 2,5×3,0 = 7,5.

Man stellt 1 am Schieber (**B** 1) unter 2,5 auf der oberen Teilung (**A** 2_5), bringt den Strich des Läufers über 3 am Schieber (**B** 3) und liest das Produkt 7,5 am Stabe unter dem Läuferstriche auf der oberen Teilung (**A** 7_5) ab.

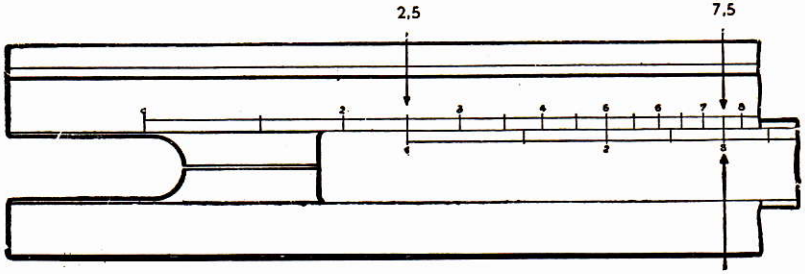


Fig. 3

Bei Benutzung der unteren Skalen ist der Rechenvorgang ähnlich.

Beispiel, Fig. 4: 2,45×3 = 7,35.

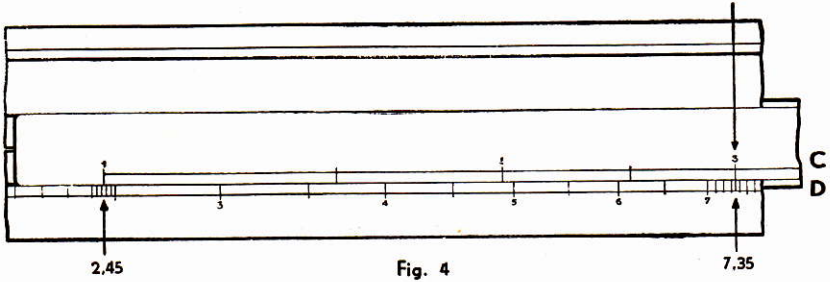


Fig. 4

C 1 wird über **D** 2_{45} mit Hilfe des Läuferstriches gestellt. Dann verschiebt man den Läufer auf **C** 3 und liest auf **D** unmittelbar das Ergebnis 7,35 ab (**D** 7_{35}).

Das Ergebnis einer Multiplikation läßt sich nicht immer ohne weiteres auf den unteren Teilungen ablesen, da manchmal der zweite Faktor außerhalb der unteren Stabteilung erscheint. Man verfährt dann wie folgt:

Beispiel, Fig. 5: 7,5×4,8 = 36.

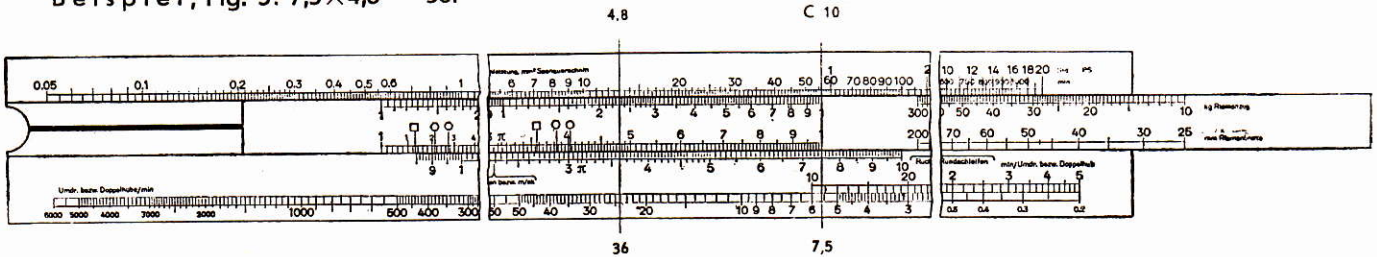


Fig. 5

Man setzt das rechte Ende der Teilung **C** (wird stets mit **C** 10 bezeichnet) über **D** 7_5. Bringt man den Läuferstrich auf **C** 4_8, so liest man darunter auf **D** das Ergebnis mit 36 ab.

Auf den oberen Teilungen kann man das Ergebnis immer ablesen, wenn der erste Faktor in der linken Teilungshälfte eingestellt wird.

Wie aus diesen beiden Beispielen hervorgeht, ist es gleichgültig, ob mit dem linken oder rechten Teilungsende des Schiebers eingestellt wird, dies hat nur Einfluß auf die Stellenzahl des Resultats. Aus diesen Beispielen geht aber auch a·b·c

hervor, daß fortlaufende Multiplikationen, d. h. solche mit mehr als zwei Faktoren, sehr leicht auszuführen sind, da die Zwischenresultate überhaupt nicht abgelesen werden: man stellt nur wie vorher den zweiten Faktor mit dem Läufer ein und bringt ein Schieberende unter den Läuferstrich, worauf sofort mit dem dritten Faktor multipliziert und abgelesen oder auch weiter multipliziert werden kann.

Division

a : b

Zwei Zahlen werden durch einander dividiert, indem man die den Zahlen entsprechenden Strecken von einander subtrahiert, und zwar stets den Nenner vom Zähler.

Beispiel, Fig. 6: 9,85:2,5 = 3,94.

Man stellt **D** 9_{85} mit dem Läufer ein, bringt **C** 2_5 unter den Läuferstrich und liest unter **C** 1 das Ergebnis auf **D** mit 3,94 ab.

Soll auf der oberen Teilung gerechnet werden, dann stellt man 9,85 auf **A** (**A** 9_{85}) mit dem Läufer ein, bringt **B** 2_5 unter den Läuferstrich und liest über **B** 1 das Ergebnis 3,94 auf **A** ab.

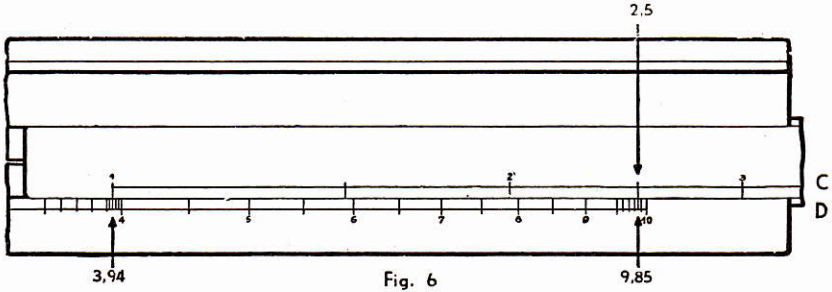


Fig. 6

a · b / c

Zusammengesetzte Rechnungen, d. h. Multiplikationen und Divisionen in unmittelbarer Reihenfolge, können mit dem Rechenstabe sehr leicht ausgeführt werden; Zwischenresultate werden, wenn deren Kenntnis nicht erforderlich, nicht abgelesen. Am besten beginnt man derartige Rechnungen mit einer Division (a : c), läßt eine Multiplikation folgen, dann eine Division und hierauf wieder eine Multiplikation usw.

Ablesen und Einstellen

Um mit dem Rechenstab schnell und sicher zu rechnen, ist natürlich eine gewisse Übungszeit erforderlich; vor allem hat man sich die Werte der einzelnen Striche in den einzelnen Teilungen einzuprägen, vor allem derjenigen, die nicht durch Ziffern benannt sind. Sehr sorgfältig muß das Abschätzen aller jener Zahlenwerte geübt werden, die nicht am Stab verzeichnet sind, d. h. man muß lernen, den freien Raum zwischen zwei benachbarten Teilstrichen

nach Dezimalstellen abzuschätzen. Nach einiger Übung wird man die nötige Sicherheit erreichen und finden, daß dieses Abschätzen durchaus nicht so schwer ist, wie es für den ersten Augenblick erscheinen mag.

Das Komma

Das Komma hat der Rechner selbst einzusetzen. In fast allen praktischen Aufgaben ist die Stellung des Kommas im voraus bekannt, so daß sich Stellenwertsregeln erübrigen. Bei rein theoretischen Aufgaben, wo ein Zweifel über die Kommastellung möglich ist, macht man mit abgerundeten Zahlen einen Überschlag.

Quadrat und Quadratwurzel

Aus der Anordnung der Teilungen, und zwar der oberen Teilung 1 bis 10 gleich 10 bis 100 und 1 bis 100 gleich der unteren Teilung von 1 bis 10, geht hervor, daß über jeder Zahl der unteren Teilung das Quadrat dieser Zahl auf der oberen Teilung abgelesen werden kann. Umgekehrt steht unter jeder Zahl der oberen Teilung die Quadratwurzel aus dieser Zahl auf der unteren Teilung. a^2

Beispiel, Fig. 7: $3^2 = 9$.

Man stellt den Läuferstrich über **D** 3 und liest unter dem Läuferstrich auf **A** das Quadrat 9 ab.

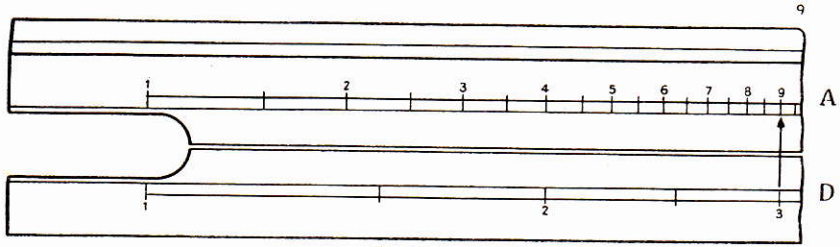


Fig. 7

Beispiel, Fig. 8: $\sqrt{81} = 9$.

Man stellt den Läuferstrich über **A** 81 und liest unter dem Läuferstrich die Quadratwurzel 9 auf **D** ab.

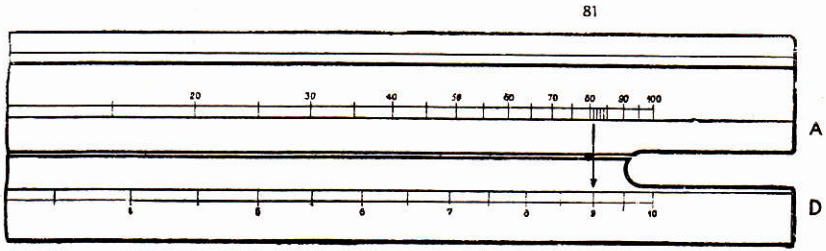


Fig. 8

$\sqrt{a}$

Kubus und Kubikwurzel

a^3 Das Erheben einer Zahl in die 3. Potenz oder das Ausziehen der 3. Wurzel wird am leichtesten auch sofort durch Beispiele vorgeführt:

Beispiel, Fig. 9: $1{,}25^3 = 1{,}95$.

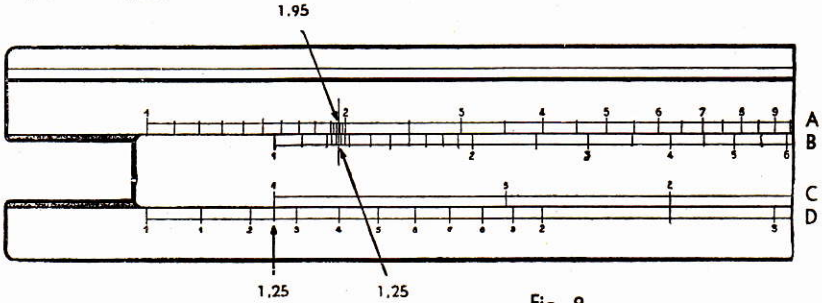


Fig. 9

Man stellt **C** 1 über **D** 1,25, bringt den Läuferstrich über **B** 1,25 und liest unter dem Läuferstrich auf **A** als Ergebnis 1,95 (genauer Wert 1,95312) ab.

$\sqrt[3]{a}$ Beispiel, Fig. 10: $\sqrt[3]{12} = 2{,}29$.

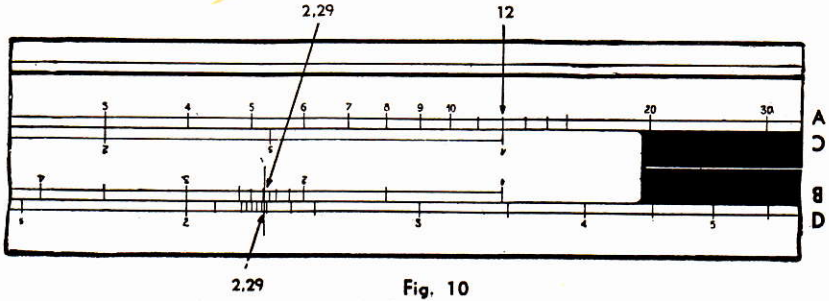


Fig. 10

Man dreht den Schieber so um, daß die Zahlen auf dem Kopfe stehen und bringt **C** 1 mit Hilfe des Läuferstriches unter **A** 12. Dann verschiebt man den Läufer so lange, bis unter dem Läuferstrich auf den Teilungen **B** und **D** gleiche Zahlen stehen. Nach wenigen Versuchen wird man das Ergebnis 2,29 sehr rasch finden.

Selbstverständlich kann man auch das Resultat ohne umgedrehten Schieber finden.

Man stellt 12 auf **A** mit dem Läufer ein, verschiebt den Schieber so lange, in diesem Falle aus der Grundstellung nach rechts, bis unter dem Läuferstrich auf **B** und unter **C** 1 auf **D** die gleiche Zahl erscheint. (Ergebnis 2,29).

Anleitung zum Gebrauch der Dr. Winkelschen Sonderteilungen

Das Teilungsbild des Stabes entspricht der Abb. 1. Mit diesen Teilungen lassen sich die Maschinen-Laufzeiten für alle spangebenden Arbeitsvorgänge ermitteln. Hierzu sind außer den bekannten Abmessungen des Werkstückes Annahmen über Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Spanstärke nötig, welche der Zahlentafel auf der Rückseite des Rechenstabes entnommen werden können. Diese Zahlentafel enthält Grenzwert-Angaben für die meisten vorkommenden Zerspanungsarbeiten, und zwar in dreifarbiger Ausführung: schwarz bei Verwendung von Kohlenstoffstahl-(C-Stahl-)Werkzeugen, grün für Schnellstahlwerkzeuge und rot für Hartmetall-Werkzeuge. Sie ist hauptsächlich für Überschlagsrechnungen bestimmt, wobei man die Rechnungswerte innerhalb der angegebenen Grenzen schätzungsweise wählt. Für genauere Rechnungen und Bearbeitung von Nichteisenmetallen, Glas, Isolierstoffen usw. dient die der Anleitung beigefügte Richtwerttafel.

In dieser Tafel sind die Berechnungsangaben sowohl nach Arbeitsgängen und Werkzeuggüte, wie auch nach den zu bearbeiteten Werkstoffen unterteilt. Die Richtwerte gelten für stabile Werkstücke und können mit guten Werkzeugmaschinen ohne Schwierigkeit erreicht werden. Bei älteren Werkzeugmaschinen sind Schnittgeschwindigkeit, Vorschub und Spanstärke kleiner zu wählen. (Vgl. Abschn. 8.) Ebenso verlangen halbstabile und unstabile Werkstücke eine entsprechende Herabsetzung der Leistungswerte. (Angaben hierzu finden sich in den vom Reichsausschuß für Arbeitsstudien (Refa) herausgegebenen „Refa-Blättern" (Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Krefeld-Uerdingen, Parkstr. 29)).

Ganz genaue Berechnungsunterlagen lassen sich nur durch Versuche mit den im eigenen Betriebe verwendeten Werkstoffen, Maschinen und Werkzeugen gewinnen (vgl. auch Abschn. 10).

Die Berechnung der einzelnen Arbeitsgänge geht in folgender Weise vor sich:

1. Drehen

Man verstellt den Schieber so, daß die gewählte Schnittgeschwindigkeit über dem Teilstrich „Drehen" steht, stellt bei ruhendem Schieber den Läufer auf den „Arbeitsdurchmesser" ein, d. i. der Durchmesser der zu bearbeitenden Stelle,

bei Konus- und Plandrehen der mittlere Durchmesser, schiebt dann wieder den Schieber unter den ruhenden Läufer, bis der gewählte Vorschub auf die Läuferstellung einspielt, und sucht zuletzt mit dem Läufer den „Schaltweg", d. i. die Länge, bzw. beim Plandrehen die Breite der zu drehenden Fläche, auf. Über dieser letzten Einstellung läßt sich das Ergebnis in Minuten oder Stunden unmittelbar auf der obersten Reihe ablesen.

1. Beispiel, Fig. 11: Eine glatte Welle aus Stahl, von 210 mm Durchmesser und 550 mm Länge, auf mittelschwerer Drehbank mit Schnellstahl-Werkzeug außen zu schruppen.

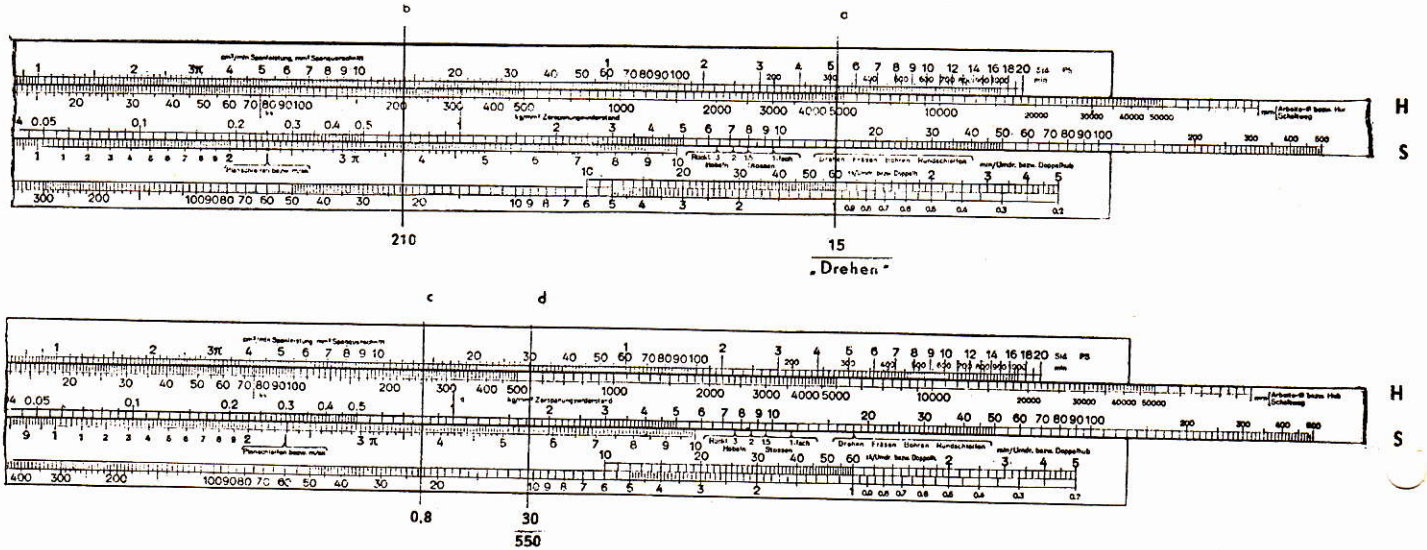


Fig. 11

Nach der Tabelle auf der Rückseite des Schiebers kann man für mittelharten Stahl etwa 15 m/min Schnittgeschwindigkeit und etwa 0,8 mm/Umdr. Vorschub wählen. Man stellt also Schnittgeschwindigkeit 15 der unteren Schieberskala **S** über den Teilstrich „Drehen" (Fig. 11 a), schiebt den Läufer auf 210 mm Arbeitsdurchmesser in der oberen Schieberskala **H** (Fig. 11 b), den Vorschub 0,8 in der unteren Schieberskala **S** wieder unter den Läuferfaden (Fig. 11 c) und zuletzt den Läufer auf den Schaltweg (= Drehlänge) 550 mm in der oberen Schieberskala **H** (Fig. 11 d). Die Bearbeitungszeit steht gleich darüber auf **A** mit 30 min.

Rechnet man nach der beigefügten Richtwerttafel für St 50—60 mit 12 m/min Schnittgeschwindigkeit und 1 mm/U. Vorschub, so kommt man auf die gleiche Zeit von 30 min.

Bei über 6 mm Spanstärke wäre ein zweiter Span nötig; ein Schlichtspan wäre mit 20 m Schnittgeschwindigkeit und 0,1—0,2 mm Vorschub gesondert zu berechnen, desgleichen die Nebenzeiten nach Erfahrungswerten hinzuzufügen. (Vgl. „Refa-Blätter".)

2. Beispiel: An einem Radkörper aus weichem Gußeisen die Stirnfläche von 1280/860 mm Durchmesser auf schwerer Schruppbank einmal zu überdrehen.

Mittl. Durchm. $= \frac{1280 + 860}{2} = 1070$ mm; Breite der Bearbeitungsfläche $= \frac{1280 - 860}{2} = 210$ mm; Schnittgeschwindigkeit gewählt 12 m/min, Vorschub 2,5 mm/Umdr. Man stellt 12 m Schnittgeschwindigkeit (Teilung **S**) über den Teilstrich „Drehen", Läufer auf 1070 mm Arbeitsdurchmesser (Teilung **H**), zieht 2,5 mm Vorschub (Teilung **S**) unter den Läuferstrich, Läufer auf 210 mm Schaltweg (Teilung **H**). Ergebnis: etwa 23 Minuten.

3. Beispiel: In eine Rotgußmutter, 150 mm hoch, durchgehendes 1¼ Zoll Innengewinde mit Drehstahl aus C-Stahl zu schneiden.

Schnittgeschwindigkeit gewählt zu 3 m/min, Vorschub = Steigung = 7 Gänge auf 1 Zoll = 3,6 mm/Umdr. Man stellt ein: 3 m Schnittgeschwindigkeit, Läufer auf ca. 30 mm Arbeitsdurchmesser, zieht 3,6 mm Vorschub unter den Läuferstrich. Läufer auf 150 mm Schaltweg. Das Ergebnis lautet 1,3 min. Da man wegen des Materials und des schwachen Stahlhalters nur etwa 0,08 mm Spanstärke wählen wird, so sind bei $\frac{31{,}75 - 27{,}10}{2} = 2{,}33$ mm Gewindehöhe 2,33 : 0,08 = 29 Späne zu nehmen; die reine Laufzeit beträgt also $29 \times 1{,}3 = 38$ min; dazu kommt, je nach der Einrichtung der betreffenden Bank, die halbe bis die gleiche Zeit für Zurückkurbeln und die Nebenarbeiten (Einspannen, Messen, Nachschneiden mit Gewindebohrer usw.).

Das vorstehende Verfahren ist nur angenähert, für praktische Zwecke aber vollständig genügend.

Die letzte Rechnung läßt sich zweckmäßig ebenfalls auf dem Stabe vornehmen; man benützt dazu die Skalen **A** und **H**.

Man stellt also unter den auf 1,3 min stehenden Läuferstrich den Teilstrich 0,08 (bzw. 0,8, 8, 80) der oberen Schieberskala und schiebt den Läufer auf den Teilstrich 2,33 (bzw. 23,3, 233, 2330) dieser Reihe; bei Rechtsbewegung des Läufers bis zur nächstliegenden Einstellung erscheint dann das Ergebnis mit 38 min; die Stellenzahl ergibt sich aus einer kurzen Überschlagsrechnung.

2. Ausbohren

auf dem Bohrwerk; Berechnung genau wie bei Drehen.

3. Fräsen

Als Arbeitsdurchmesser gilt hier der Durchmesser des Fräsers oder Messerkopfes. Der Vorschub wird in mm/min angenommen. Man stellt zuerst den Schieber mit dem gewählten Vorschub über der Marke „Fräsen" und dann den Läufer auf den Schaltweg ein; das Ergebnis ist darüber abzulesen. Die Annahme eines bestimmten Fräserdurchmessers und einer Schnittgeschwindigkeit ist also an sich nicht erforderlich. Der Schaltweg ist um die Ein- und Auslaufstrecke des Fräsers zu vergrößern.

Beispiel: Eine Fläche von 80 mm Breite und 300 mm Länge an einem weichem Stahlgußkörper in einem Gang zu überfräsen.

Hierzu möge ein kräftiger Stirnfräser oder Messerkopf mit SSt-Schneiden oder ein Hochleistungs-Walzenfräser verwendet werden, so daß man mit einem Vorschub bis zu 50 mm/min rechnen kann.

Man stellt ein: 50 mm Vorschub über den Teilstrich „Fräsen" und den Läufer auf 400 mm Schaltweg; Arbeitszeit: 8 Minuten.

Zahnradfräsen nach dem Teilverfahren wird wie gewöhnliches Fräsen berechnet; als Schaltweg ist die Summe der Länge aller Zahnlücken einschließlich Ein- und Auslaufweg, also = (Zahnbreite + ½ Fräserdurchmesser) × Zähnezahl, einzusetzen.

Neben der reinen Laufzeit darf die Zeitschätzung für das Rückkurbeln des Schlittens und Weiterschalten des Zahnradkörpers nach jedem Einzelschnitt nicht vergessen werden.

Beim Zahnradfräsen nach dem Abwälzverfahren geht man mit dem Läuferstrich von der (nötigenfalls nach Abschn. 7 zu ermittelnden) minutlichen Umdrehungszahl des Fräsers aus, stellt darunter mit dem Schieber den Vorschub je Zahnradumdrehung (nicht Fräserumdrehung) gemäß obiger Zahlentafel oder nach den Antriebsverhältnissen der verwendeten Maschine ein und sucht zum Schluß mit dem Läufer den gesamten Schaltweg, der sich auch hier aus dem Produkt (Zahnbreite + ½ Fräserdurchmesser) × Zähnezahl berechnet. Darüber steht das Ergebnis.

Beispiel: Zahnrad mit 50 Zähnen, 55 mm breit, mit Anschnitt und Auslauf = 80 mm Vorschubweg, Fräserumdrehungen = 60/min., Vorschub = 2 mm je Zahnradumdrehung.

Man stellt ein: Läuferfaden auf 60 Umdr./min (untere Stabteilung), zieht 2 mm Vorschub (Schieberteilung) unter den Läuferstrich, Läufer auf 50×80 = 4000 mm Schaltweg und erhält rd. 34 min. Laufzeit. Die Multiplikation mit 50×80 kann auch einzeln mit Hilfe der oberen Schieberteilung vorgenommen werden.

Bei zwei- und mehrgängigen Abwälzfräsern verkürzt sich die Laufzeit entsprechend der Gangzahl.

Schneckenradfräsen wird in gleicher Weise berechnet; an Stelle der Zahnbreite tritt die Zahnhöhe.

4. Bohren

auf der Bohrmaschine. Berechnung wie für Drehen; als Arbeitsdurchmesser ist der Lochdurchmesser, als Schaltweg die Lochtiefe einzusetzen. Für schwache Bohrer sind Schnittgeschwindigkeit und Vorschub entsprechend zu verringern; außerdem ist das häufigere Herausziehen des Bohrers zwecks Spanentfernung zu berücksichtigen. (Vgl. „Refa-Blätter".)

Wird auf der Bohrmaschine Gewinde geschnitten, so kann man rechnen: bei 9 und mehr Gängen auf 1 Zoll mit einem Gewindebohrer, bei 6—8 Gängen mit zwei, bei 4½—5 Gängen mit drei, bei 3¾—4 Gängen mit vier, bei 3—3½ mit fünf Bohrern.

5. Schleifen

Rundschleifen: Berechnung wie für „Drehen"; als Arbeitsdurchmesser ist der Durchmesser des Werkstückes, als Schnittgeschwindigkeit dessen Umfangsgeschwindigkeit, als Vorschub ist die Verschiebung der Schleifscheibe gegen das Arbeitsstück (oder umgekehrt) auf eine Umdrehung des letzteren einzusetzen.

Beispiel: Einen Bolzen von 40 mm Durchmesser und 80 mm Länge, der eine Schleifzugabe von 0,8 mm im Durchmesser oder beiderseits 0,4 mm hat, auf Maß zu schleifen. Wegen des Scheibenüberlaufs sei die Schleiflänge (Arbeitsweg) zu 110 mm angenommen. Gewählt: Umfangsgeschwindigkeit des Werkstückes 10 m/min., Vorschub 12 mm/Werkstückumdrehung, Zustellung der Schleifscheibe an jedem Hubende (Spanstärke) 0,015 mm.

Man stellt ein: 10 m Schnittgeschwindigkeit auf „Rundschleifen", Läufer auf 40 mm Arbeitsdurchmesser, zieht 12 mm Vorschub unter den Läuferstrich, Läufer auf 110 mm Schaltweg, woraus die Zeit für eine Tischbewegung von 0,115 min hervorgeht. Diesen Wert multipliziert man mit dem Verhältnis der Schleifzugabe zur Spanstärke, also dem Bruch $\frac{0,4}{0,015}$, was entweder mit der Skala für Arbeitsdurchmesser und Schaltweg, oder mit der oberen Teilungsreihe des umgewendeten Schiebers in bekannter Weise geschehen kann, und erhält 3,1 min. Anstellen und Messen, insbesondere bei den letzten Gängen, sind nach Refa-Angaben besonders zu bewerten.

Beim **Planschleifen** wählt man zweckmäßig den Vorschub in mm/sk, stellt diesen auf die Marke für „Planschleifen" ein, schiebt den Läufer auf den „Schaltweg", nämlich die Länge bzw. Breite der zu schleifenden Fläche in Richtung der (relativen) Schleifbewegung, und kann darüber die Zeit für einen Span ablesen.

Beispiel: Planschleifen einer Fläche von 250 mm Länge bei 50 mm/sk Vorschub.

Man stelle ein: 50 mm Vorschub auf die Marke „Planschleifen", Läufer auf 250 mm + Überlauf = 280 mm Schaltweg, woraus sich 0,093 min ergeben.

Wenn man beim Planschleifen den Vorschub in m/min statt mm/sk annimmt, so ist von der Marke „Drehen" auszugehen und das Ergebnis durch 1000 zu dividieren.

Beispiel: Laufzeit für obige Fläche mit 3 m/min (statt 50 mm/sk) Vorschub zu berechnen durch Einstellung 3 über Marke „Drehen"; Läufer auf 280 mm Schaltweg, ergibt 93 : 1000 = 0,093 min.

Die so ermittelte einmalige Hubzeit wird bei waagrechter Schaltung des Aufspannschlittens oder der Schleifscheibe (Waagrecht-Flächenschleifmaschine bzw. Schleifen auf Langhobelmaschine mittels Quersupport) mit dem Verhältnis Schaltweg: Quervorschub multipliziert. Bei senkrechter Zustellung (Senkrecht-Flächenschleifmaschine bzw. Absenken der Schleifwelle auf Langhobelmaschine) ist mit dem Wert Schleifzugabe : Zustellung zu multiplizieren.

6. Hobeln und Stoßen

Je nachdem der Rücklauf die gleiche, 1½fache, doppelte oder dreifache Geschwindigkeit des Vorganges hat, bedient man sich des Teilstriches für Rücklauf 1 1,5 2 oder 3fach, die weitere Rechnung geht wie beim Drehen; man schiebt also die gewählte Schnittgeschwindigkeit über den Teilstrich, den Läufer auf den Arbeitshub, der unter der Berücksichtigung des Ein- und Auslaufs sowie der verminderten Geschwindigkeiten an den Hubenden je nach Größe des Stückes um 200—500 mm länger anzunehmen ist als die Arbeitsfläche, zieht dann den Vorschub unter den Läuferstrich und den Läufer auf den Schaltweg, d. i. die Hobelbreite. Darüber steht das Ergebnis.

B e i s p i e l : Vier hintereinander gespannte gußeiserne Formkasten 400×600 mm (ziemlich rauher Guß, wenig geputzt, ohne Wandversteifungen), auf mittlerer Bank mittels C-Stahl abzuhobeln.

Angenommen, die Kasten sind mit den 600 mm langen Seiten aneinander gesetzt, mit je 40 mm Abstand zum Anbringen von Aufspannlappen, Zuschlag für Überlauf und Geschwindigkeitsverminderung: 250 mm, Arbeitshub demnach 4×400+3×40+250 = 1970 mm. Mit Rücksicht auf leichtes Ausbrechen des Gusses gewählt: Schnittgeschwindigkeit 7 m/min., Vorschub 0,6 mm. Die Bank habe doppelte Rücklaufgeschwindigkeit. Man stellt ein: über den Teilstrich für Rücklauf 2fach 7 m Schnittgeschwindigkeit, Läufer auf 1970 mm Arbeitshub, 0,6 mm Vorschub unter den Läuferstrich, über 600 mm Schaltweg steht die Arbeitszeit: etwa 7 Stunden.

7. Ermittlung der Umdrehungen bzw. Doppelhübe/Min.

Will man die minutlichen Umdrehungen berechnen, die zu einer bestimmten Schnittgeschwindigkeit bei gegebenem Arbeitsdurchmesser gehören, so kann dies mit Hilfe der untersten Teilung des Rechenstabes leicht geschehen. Stellt man über den Teilstrich für „Drehen, Fräsen usw." die Schnittgeschwindigkeit, dann den Läufer auf den Arbeitsdurchmesser ein, so gibt der Läuferfaden auf der untersten Stabskala die Umdrehungszahl an.

B e i s p i e l : Fig. 12: Wieviel Umdrehungen muß eine Drehbank haben, um ein Rad von 300 mm Durchmesser außen mit 12 m Schnittgeschwindigkeit abzudrehen?

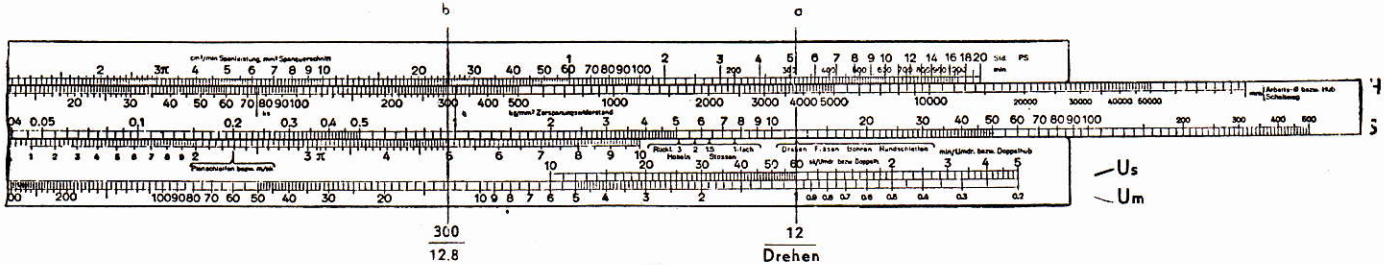


Fig. 12

Man stellt 12 m Schnittgeschwindigkeit über den Teilstrich „Drehen" (Fig. 12a), den Läufer auf 300 mm Arbeitsdurchmesser; der Läuferstrich steht dann in der unteren Skala **U m** auf 12,8 U/min. (Fig. 12b).

Umgekehrt läßt sich aus der Umdrehungszahl und dem Arbeitsdurchmesser auch die Schnittgeschwindigkeit bestimmen.

Beispiel: Ein Fräser von 60 mm Durchmesser läuft mit 50 U/min., wie groß ist die Schnittgeschwindigkeit?

Man stellt ein: Läufer auf 50 U/min. (Teilung **U m**) und zieht darunter 60 mm Durchmesser, die untere Schieberskala zeigt dann über dem Strich für „Fräsen" 9,4 m Schnittgeschwindigkeit.

Bei sehr großem Arbeitsdurchmesser verwendet man für die letztere Kontrollrechnung statt der U/min bequemer die Zeit für eine Umdrehung in Sekunden oder Minuten.

Beispiel: Mit welcher Schnittgeschwindigkeit wird ein Schwungrad von 2 m Durchmesser außen abgedreht, wenn die Bank sich in 25 Sekunden einmal dreht?

Man stellt den Läufer auf 25 sk/U auf der Skala **Us** (vgl. Fig. 12) und zieht darunter 2000 mm Arbeitsdurchmesser (Teilung H). Über dem Strich für „Drehen" liest man dann 15 m Schnittgeschwindigkeit ab.

Für große Umfangs- oder Schnittgeschwindigkeiten, z B. bei Schleifscheiben, rechnet man mit m/sk statt m/min und benutzt zur Drehzahlermittlung die Marke „Planschleifen und m/sk", die um 60 log. Einheiten von der Marke „Drehen" entfernt ist.

Beispiel: Welche größte Umdrehungszahl darf eine Schleifscheibe von 300 mm ⌀ haben, wenn die Umfangsgeschwindigkeit 25 m/sk nicht überschreiten soll?

Rechnungsgang: Stelle 25 m Schnittgeschwindigkeit auf die Marke „Planschleifen bzw. m/sk" ein; für 300 mm Scheiben-⌀ (Arbeits-⌀) ergeben sich dann unter dem Läuferstrich rd. 1600 Umdr./min.

In gleicher Weise lassen sich beim Hobeln und Stoßen die Doppelhübe/min. aus Schnittgeschwindigkeit und Arbeitshub ermitteln und umgekehrt, wobei man jedoch den Arbeitshub wegen des Geschwindigkeitsabfalles an den Hubenden um 200 bis 500 mm, je nach Maschinengröße, erhöhen muß.

Aus der Umdrehungs- bzw. Hubzahl, dem Vorschub und dem Schaltweg kann man auch die Bearbeitungszeit in einfacher Weise berechnen.

Beispiel: Eine Dreh- oder Hobelbank mache 30 Umdrehungen bzw. Doppelhübe/min und arbeite mit 0,8 mm Vorschub/U bzw. Doppelhub. In welcher Zeit wird ein Span eines Arbeitsstückes von 1 m Drehlänge bzw. Hobelbreite darauf fertiggestellt sein?

Man stellt ein: Läufer auf 30 Doppelhübe bzw. U/min (Teilung **U m**), zieht 0,8 mm Vorschub unter den Läuferstrich (Teilung **S**), Läufer auf 1000 mm Schaltweg (Teilung **H**); die Arbeitszeit beträgt 42 Minuten.

8. Berechnung der Maschinenleistung beim Drehen, Bohren und Hobeln mit Hilfe der roten Teilungen und Bezeichnungen.

Bei Schrupparbeiten mit Werkzeugen aus Schnellarbeitsstahl oder Hartmetall lassen sich die hohen Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe nur ermöglichen, wenn die Werkzeugmaschine die erforderliche Leistung hergibt. Bei elektrischem Einzelantrieb kann die Maschinenleistung aus dem Leistungsschild des Motors entnommen werden; bei Riemenantrieb ist die Leistung angenähert aus der Riemenbreite und Riemengeschwindigkeit der Antriebsscheibe (Stufenscheibe) wie folgt zu berechnen:

Man zieht die Riemenbreite (rote untere Teilung der Schieberrückseite) unter die Marke am rechten Ausschnitt der Stabunterseite; darüber läßt sich als Hilfszahl der entsprechende Riemenzug ablesen. Nun stellt man mit dem (schwarzen) Läuferstrich auf der unteren Teilung der Schiebervorderseite die Riemengeschwindigkeit ein; darüber steht dann die Maschinenleistung auf der obersten Stabteilung gleichfalls unter dem schwarzen Läuferstrich und die Antriebsleistung in kW links daneben unter dem roten Läuferstrich.

Diese letztere Ablesung gilt auch angenähert für die Maschinenleistung am Werkzeug in PS. Bei Einzelantrieb kann man die Motorleistung in kW angenähert ebenfalls der Maschinenleistung am Werkzeug in PS gleichsetzen. Aus der Leistung am Werkzeug läßt sich die erzielbare Spanleistung bzw. der größtmögliche Spanquerschnitt folgendermaßen berechnen:

Für den zunächst schätzungsweise angenommenen Spanquerschnitt und den zu zerspanenden Werkstoff wird aus nachstehender Zahlentafel der Zerspanungswiderstand in kg/mm² entnommen. Man dividiert die Werkzeugleistung durch diese Zahl, indem man sie auf der oberen Schieberteilung unter den roten Läuferstrich schiebt. Die Spanleistung in cm³/min findet sich dann auf der oberen Stabteilung über dem roten Pfeil k_3. Dividiert man diese durch die gewählte Schnittgeschwindigkeit (untere Schieberteilung), so erhält man über dem roten Pfeil q den Spanquerschnitt in mm²; dieser wiederum durch den gewählten Vorschub dividiert, ergibt gleichfalls über dem Pfeil q die Spanstärke in mm.

Spezifischer Schnittwiderstand, k, in kg/mm²

in Abhängigkeit vom Spanquerschnitt F.

Werkstoff:	Spanquerschnitt F =					
	1	2	5	10	20	50 qmm
Gußeisen weich	140	125	115	110	90	80
Gußeisen mittelhart, Weicher Stahl (St 37 — St 50)	200	180	155	140	125	110
Mittelharter Stahl (St 60 — St 80)	230	210	185	165	150	130
Vergüteter Stahl (VCN 35) Festigkeit 90—110 kg/mm²	290	260	230	200	180	160
Vergüteter Stahl (VCN 45) Festigkeit 120—140 kg/mm²	350	320	280	250	220	190
Mangan-Hartstahl	480	430	370	330	290	250
Messing Vergütetes Leichtmetall	100	90	80	70	64	56
Weiche Metalle, Reinaluminium weich	45	40	35	32	29	25

1. Beispiel: **Drehen** (Schrupparbeit).

Wie groß darf der Spanquerschnitt für St 60 gewählt werden auf einer Drehbank mit 70 mm Riemenbreite bei einer gemessenen oder aus Scheiben-⌀ und Umdrehungen nach Abschnitt 7 berechneten Riemengeschwindigkeit von 7,5 m/sk?

Einstellung auf Stabrückseite (Fig. 13a): Untere Marke am Ausschnitt auf 70 mm Riemenbreite (entspr. 54 kg Riemenzug an der oberen Marke). Auf Staboberseite (Fig. 13b): Einstellung des schwarzen Läuferstrichs auf 7,5 m/sk Riemengeschwindigkeit, ergibt auf der obersten Stabteilung unter dem schwarzen Strich 5½ PS, entspr. unter dem roten Strich 4 kW Antriebsleistung eines entsprechenden Motors oder auch rd. 4 PS-Leistung am Werkzeug.

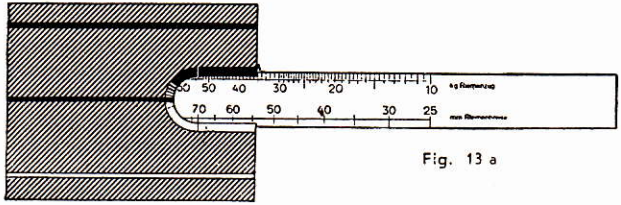


Fig. 13 a

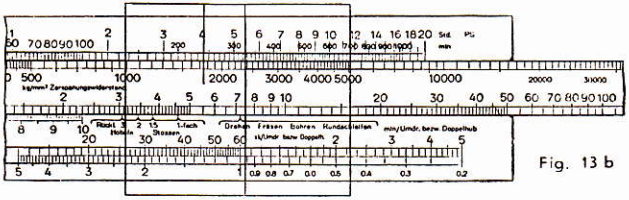


Fig. 13 b

Nimmt man schätzungsweise zunächst 5 qmm Spanquerschnitt an, so ist der Zerspanungswiderstand nach vorstehender Zahlentafel für St 60 = 185 kg/mm². 185 auf der oberen Schieberteilung unter den roten Läuferstrich gezogen, ergibt über dem roten Pfeil k_s den Wert 97 cm³/min Spanleistung. Wählt man die Schnittgeschwindigkeit zu 20 m/min und zieht diesen Wert unter die mit dem Läuferstrich festgehaltene Stellung des Pfeiles k_s, so steht über dem roten Pfeil q der zulässige Spanquerschnitt von 4,85 mm². Die vorläufige Wahl von 5 mm² war also richtig, andernfalls muß die Rechnung mit einem verbesserten q-Wert wiederholt werden.)

Nimmt man den Vorschub zu 1,2 mm an, so ergibt sich aus einer nochmaligen Division 4,85 : 1,2 mittels der H-Teilung eine Spanstärke von rd. 4 mm.

2. Beispiel: **Bohren** (ins Volle).

In hartes G. E. oder weichen Stahl, spez. Schnittwiderstand 200, Loch 50 mm ⌀ mit v = 18 m/min und s = 0,1 mm/U. bohren. Wie groß ist die benötigte Leistung?

Bohrer 50 mm ⌀ hat 50/2 = 25 mm Schneidenbreite. Der Spanquerschnitt F beträgt bei 0,1 mm Vorschub 25 × 0,1 = 2,5 mm².

Einstellung: Marke q auf 25; über Schieberteilung 0,1 mm Vorschub steht auf oberer Stabteilung 2,5 mm².

Die mittlere Schnittgeschwindigkeit entspricht beim Bohrer der halben gewählten Umfangsgeschwindigkeit, ist also hier zu 18 : 2 = 9 m/min anzunehmen.

Weitere Einstellungen: Marke q unter 2,5 mm² auf oberer Stabteilung, Läufer auf 9 m/min Schnittgeschwindigkeit — (Zwischenablesung 22,5 cm³/min Spanleistung ist nicht erforderlich) — Marke k_s unter den Läuferstrich, roter Strich auf 200 kg/mm² Zerspanungswiderstand ergibt 1 PS Leistung am Werkzeug oder 1 kW Motorleistung oder rd. 1,4 PS Antriebsleistung am Riemen. Bei 5 m/min Riemengeschwindigkeit (untere Schieberteilung, unter schwarzen Läuferstrich gezogen) würde ein Riemen von 40 mm Breite (Marke am rückseitigen Stabausschnitt) noch durchziehen.

3. Beispiel: **Hobeln** von weichem G. E.

Angenommen 18 m/min Schnittgeschwindigkeit, 1,5 mm Vorschub, 8 mm Spanstärke. Reicht eine vorhandene Bank mit 150 mm breitem Antriebsriemen und 3 m/sk Riemengeschwindigkeit aus?

Spanquerschnitt = 8 × 1,5 = 12 mm².

Spanleistung = 12 × 18 = 216 cm³/min.

(Einstellung: roter Pfeil q auf 12, Läuferstrich auf 18/min Schnittgeschwindigkeit, darüber auf oberer Stabteilung 216 cm³/min Spanleistung.)

Leistung am Werkzeug: Spez. Schnittwiderstand k_s für weiches G. E. und 12 mm² Spanquerschnitt nach Zahlentafel gewählt 110 kg/mm².

Einstellung: Pfeil k_s auf 216; über 110 kg/mm² Zerspanungswiderstand (obere Schieberteilung) liest man unter dem roten Läuferstrich 5¼ PS, unter dem schwarzen rd. 7¼ PS ab. Entsprechende Breite des Antriebsriemens bei 3 m/sk Riemengeschwindigkeit: auf der Rückseite im Stabausschnitt rd. 145 mm. Riemen 150 mm breit wird also noch durchziehen.

9. Berechnung der Maschinenleistung beim Fräsen

Hier geht man zweckmäßig von der Spanleistung in cm³/min aus und erhält die Antriebsleistung in kW durch Division mit der spezifischen Spanleistung gemäß nachstehender Zahlentafel. Die spezifische Leistung ist abhängig von dem bearbeiteten Werkstoff und der Umdrehungszahl des Fräsers. Zur Anpassung der Berechnung an die Teilungen des CASTEC 1/48 sind darunter die spezifischen Leistungen in Hilfszahlen umgerechnet, die in starkem Druck erscheinen und mit denen die Berechnung folgendermaßen verläuft:

Man berechnet aus dem Produkt Schnittiefe × Schnittbreite × minutl. Vorschub die minutl. Spanmengen in cm³, sucht diesen Wert in der oberen Stabteilung mit dem roten Pfeil k_s auf und stellt den roten Läuferstrich auf den betr. Hilfs-

wert in der oberen Schieberstellung ein. Dann zeigt der rote Läuferstrich darüber die benötigte Maschinenleistung in kW, der schwarze in PS an, und man kann die erforderliche Riemenbreite in der oben dargelegten Weise weiter ermitteln.

Richtwerte zur Ermittlung der Fräsleistung

Werkstoff:		Gußeisen mittelhart	St 50-60	St 70-85	Stahl vergütet	Messing Rotguß	Leichtmetalle
Fräserumdr. bis 750 U/min	Spez. Schnittleistung	22	14	11	9	39	65
	Hilfszahlen	**206**	**320**	**400**	**500**	**116**	**70**
Fräserumdr. bis 1500 U/min	Spez. Schnittleistung	19	12	—	—	33	55
	Hilfszahlen	**240**	**375**	—	—	**135**	**80**
Fräserumdr. bis 3000 U/min	Spez. Schnittleistung	—	—	—	—	—	45
	Hilfszahlen	—	—	—	—	—	**100**

Beispiel: Fräsen von Leichtmetall mit 1500 Fräserumdrehungen; Schnittiefe 2 mm, Schnittbreite 120 mm, Vorschub 500 mm/min; Schnittleistung also $2 \times 120 \times 500 = 120\,000$ mm³/min = 120 cm³/min. Nach obiger Zahlentafel ist die spezifische Schnittleistung 55 und die benötigte Hilfszahl **80.** Man stellt ein: Roter Pfeil k_s auf 120, roter Läuferstrich auf 80 (dicht neben k_s), und erhält etwa 2,2 kW bzw. rd. 3 PS Antriebsleistung.

10. Allgemeines

Arbeitsdurchmesser oder Hub- und Schaltweg sind vielfach größer anzunehmen, als die Zeichnungsmaße angeben, da man die Bearbeitungszugabe etwaiger anstoßender Flächen berücksichtigen und meist für das Anstellen des Werkzeuges einige tote Gänge einbeziehen muß.

Werden Arbeiten auf bestimmten Maschinen vorgenommen, deren Umdrehungen bzw. Doppelhübe sowie Vorschübe bekannt sind, so läßt sich eine genauere Laufzeitberechnung in einfacher Weise durch Korrektur der Schiebereinstellung nach dem ersten Rechnungsgang mit Hilfe der unteren Skala durchführen.

Beispiel: Die im 1. Beispiel angenommene Welle soll auf einer Bank mit nachfolgenden Antriebsverhältnissen geschruppt werden:

Umdrehungen des Spindelstockes	3	5	9	15	25	42 usw.
Vorschübe pro Umdrehung	0,10	0,35	0,75	1,2	2,0	usw.

Man stellt wieder ein: Schnittgeschwindigkeit 15 auf die Marke „Drehen", den Läufer auf 210 mm Arbeitsdurchmesser; der Läuferfaden steht dann in der unteren Umdrehungsskala auf 22,7 Umdrehungen; man berichtigt diese Einstellung nach den vorliegenden Betriebsverhältnissen durch Verschiebung des Läufers auf die nächstliegende Umdrehungszahl 25 und rechnet weiter mit dem tatsächlichen Vorschub 0,75 statt des angenommenen von 0,8. Die letzte Multiplikation mit 550 mm Länge ergibt dann für diese Maschine eine Laufzeit von 29 Minuten. In gleicher Weise lassen sich auch während der Durchführung der übrigen Rechnungsverfahren Berichtigungen nach den tatsächlichen Betriebsverhältnissen bequem vornehmen.

Die Anzahl der Schnitte geht aus der üblichen Bearbeitungszugabe und der in der Tabelle aufgeführten, normalen Spanstärke hervor.

Das Arbeiten mit zwei und mehr Supporten vermindert entweder die Schnittzahl oder die Arbeitszeit für den einzelnen Schnitt.

Ecken und stark profilierte Flächen müssen ebenso, wie die Nebenarbeiten, nach Erfahrungswerten kalkuliert werden. (Vgl. „Refa-Blätter".)

11. Gewichtsberechnung von Eisenstäben

Zur bequemen Ermittlung des Gewichtes von Rund-, Sechskant- und Vierkantprofilen sind auf der unteren Schieberteilung C zweimal drei entsprechende Marken eingetragen. Stellt man die Marke über den Durchmesser bzw. das Stärkenmaß auf der unteren Stabteilung, so findet man über der Länge, die man auf der oberen Schieberteilung aufzusuchen hat, das Gewicht auf der oberen Stabteilung. Man findet also das Gewicht mit nur einer Einstellung.

Beispiel, Fig. 14: Gewicht einer glatten Welle von 60 mm Durchmesser und 2800 mm Länge:

Man stellt eine der runden Marken auf 6 der unteren Stabteilung. Dann liest man über 28 der oberen Schieberteilung das Gewicht 62 kg auf der oberen Stabteilung (Fig. 14).

Gewicht eines sechskantigen Stabes von 55 mm Schlüsselweite und 2700 mm Länge:

Man verfährt ebenso mit der sechskantigen Marke und findet das Ergebnis 55,5 kg.

Gewicht eines Vierkantstabes von 47 mm² und 3000 mm Länge:

Man benutzt die quadratische Marke und erhält 52 kg Gewicht.

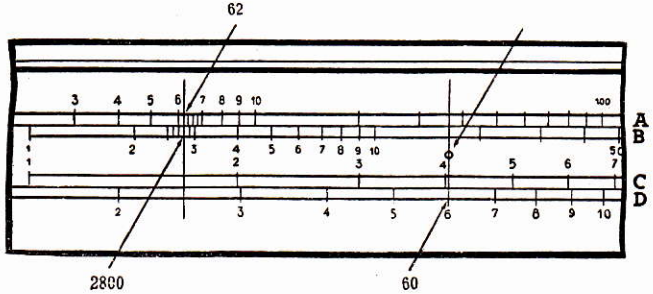
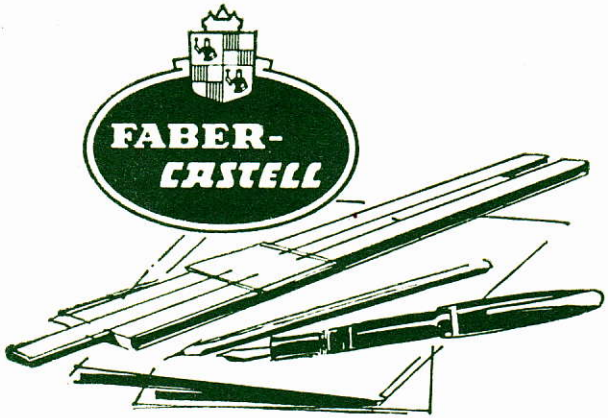


Fig. 14



Wer mit FABER-CASTELL *arbeitet*

bleibt dabei