FABER-CASTELL

ANLEITUNG

CASTELL

Präzisions-Rechenstäbe
für Maschinen
und Elektro-Ingenieure

Normal-Trig 1/60
Rietz Nr. 1/87, 4/87, 111/87, 111/87A
Elektro Nr. 1/98, 4/98, 111/98

$\sqrt[3]{527}$ 7,32 $\frac{3750}{0{,}25 \cdot 4?}$ $2\frac{1}{7}$ $D = \frac{\pi \cdot 32^2}{4}$

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG

Beschreibung des Rechenstabes

In dieser Anleitung wird das Arbeiten mit den CASTELL-Rechenstäben

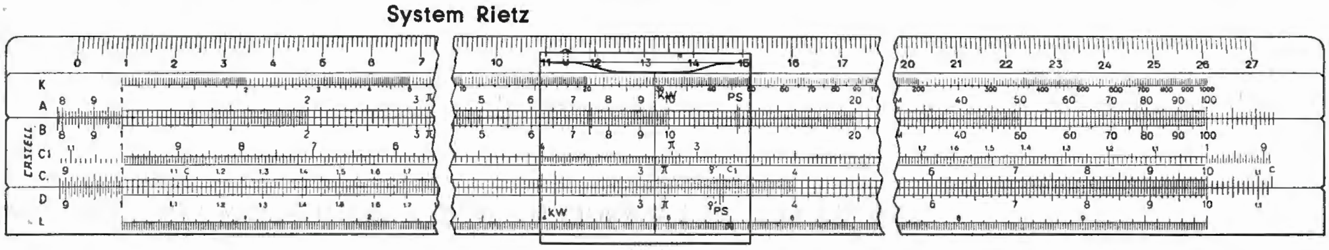
Rietz	Nr. 1/87, 111/87, 111/87 A, 4/87
Elektro	Nr. 1/98, 111/98, 4/98
Normal-Trig.	Nr. 1/60

erläutert. Bitte prägen Sie sich die unter dem Schieber eingeprägte Ordn. Nr. Ihres Stabes ein und achten Sie in der Folge auf die in der Anleitung gebrachten Besonderheiten dieses Modells.

Rechenstäbe bestehen aus

Stabkörper, Schieber (auch Zunge genannt) und Läufer.

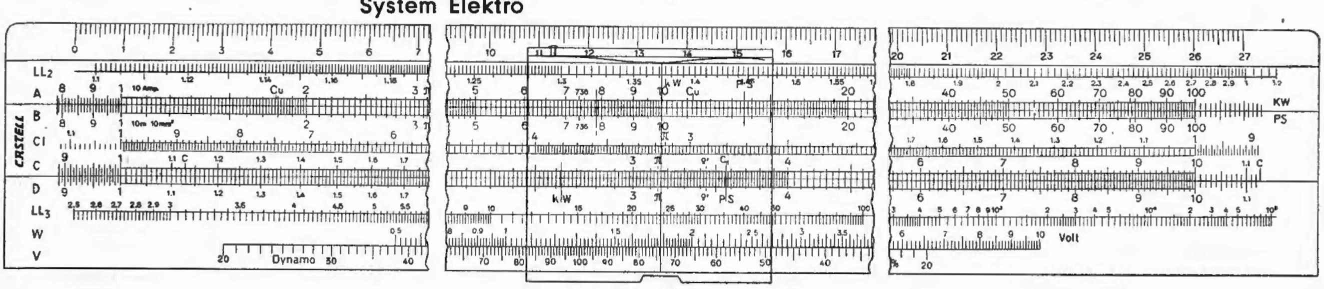
System Rietz



Läufer

Fig. 1

System Elektro



Läufer

Fig. 2

Teilungen der Rechenstäbe System Rietz 1/87, 111/87, 111/87 A, 4/87

Die **Vorderseite** trägt folgende Teilungen in der Reihenfolge von oben nach unten:

cm-Teilung	cm	cm		
Kubenteilung	K	. . . x^3	von 1 — 10 — 100 — 1000	oberer Stabkörper
Quadratteilung	A	. . . x^2	von 1 — 10 — 100	
Quadratteilung	B	. . . x^2	von 1 — 10 — 100	Schieber
reziproke Grundteilung*	CI	. . . 1/x	von 10 (auf dem Stab als 1) — 1 (s. Fußn.)	
Grundteilung	C	. . . x	von 1 — 10	
Grundteilung	D	. . . x	von 1 — 10	unterer Stabkörper
Mantissenteilung	L	. . . lg x	von 0.1 — 1	

und die **Schieberrückseite**

Sinusteilung	S	. . . sin 0.1 x	von 5° 44′ — 90°	Schieberrückseite
Sinus-Tangensteilung	ST	. . . arc 0.01 x	von 34′ — 5° 43′	
Tangensteilung	T	. . . tg 0.1 x	von 5° 43′ — 45°	

Teilungen der Rechenstäbe System Elektro 1/98, 111/98, 4/98

Die **Vorderseite** trägt folgende Teilungen:

cm-Teilung	cm	cm		
Exponentialteilung	LL_2	. . . $e^{0.1x}$	von 1.1 — 3.2	oberer Stabkörper
Quadratteilung	A	. . . x^2	von 1 — 10 — 100	
Quadratteilung	B	. . . x^2	von 1 — 10 — 100	Schieber
reziproke Grundteilung*	CI	. . . 1/x	von 10 (auf dem Stab als 1) — 1 (s. Fußn.)	
Grundteilung	C	. . . x	von 1 — 10	
Grundteilung	D	. . . x	von 1 — 10	unterer Stabkörper
Exponentialteilung	LL_3	. . . e^x	von 2.5 — 10^5	
Teilung für Wirkungsgrade	W			Stabboden b. 1/98 u. 4/98
Teilung für Spannungsabfall	V			unt. Stabkörper b. 111/98

und die **Schieberrückseite**

Sinusteilung	S	. . . sin 0.01 x	von 34′ — 90°	Schieberrückseite
Mantissenteilung	L	. . . lg x	von 0.1 — 1 (entgegengesetzt verlaufend)	
Tangensteilung	T	. . . tg 0.1 x	von 5° 43′ — 45°	

an Stabvorderkante

Kubenteilung	K	. . . x^3	von 1 — 10 — 100 — 1000

* CI bedeutet Grundteilung **C** (Invers) von 10—1, also entgegengesetzt, von rechts nach links verlaufend.

Teilungen des Rechenstabes Normal-Trig. 1/60

Der Rechenstab Normal-Trig. 1/60 trägt die gleichen Teilungen wie System Rietz mit Ausnahme der Teilungen K und ST. Beachten Sie die Erläuterungen auf S. 4 unter „Teilungen der Rechenstäbe System Rietz".
Der Läufer aus durchsichtigem Werkstoff trägt den Hauptstrich für alle Rechnungen. Weiterhin vier kurze Markenstriche für Kreisflächenberechnung (d, q) und für die Umrechnung von PS in kW und umgekehrt.
Genauere Beschreibung dieser Berechnungen siehe Seite 19.

Auf welchem System beruht das Rechnen mit dem Rechenstab

Legt man 2 gewöhnliche Maßstäbe (Lineale) mit Zentimeter-Teilung nach nachstehender Abb. übereinander, so erhält man nach rechts gehend das Ergenbis 3,5 + 4,5 = 8 (also eine **Addition**)
oder nach links gehend 8 — 4,5 = 3,5
(also eine **Subtraktion**)

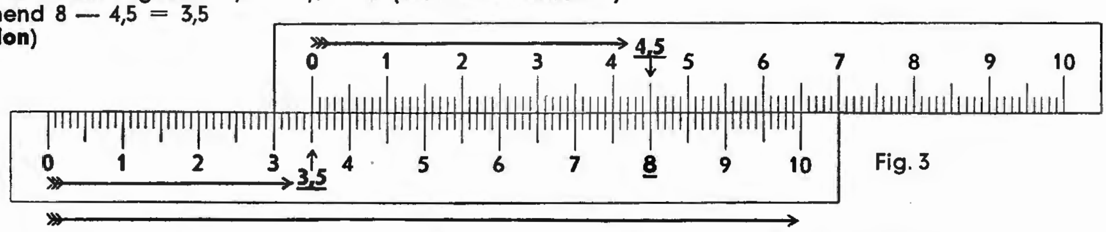


Fig. 3

Legt man jetzt 2 Skalen eines Rechenstabes in gleicher Weise aneinander, dann lautet das Ergebnis
3,5 · 4,5 = 15,75 (also eine **Multiplikation**)
oder 15,75 : 4,5 = 3,5 (also eine **Division**)

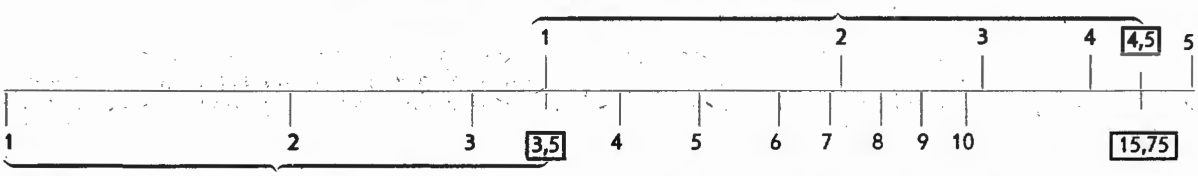


Fig. 4

Schlußfolgerung:
Wenn man beim Rechenstab **2 Strecken addiert, so ergibt das eine Multiplikation,**
wenn man **eine von der anderen subtrahiert, so ergibt das eine Division.**

Das Lesen auf den Teilungen

Das **richtige Ablesen der Zahlen ist das wichtigste Problem** beim Stabrechnen. Es ist im Grunde genommen **einfach,** wenn man sich einmal genauer damit befaßt hat. Auf jeden Fall muß man sich über den Wert der einzelnen kleinen Teilstriche in jedem Skalenabschnitt im klaren sein.

Merken Sie sich bitte:

Der Rechenstab zeigt nicht die Größenordnung einer Zahl an. So kann z. B. die Zahl 6 sowohl 0,6, 6, 60, 600, 6000 usw. bedeuten.
Es ist daher zweckmäßig, beim Einstellen und Ablesen von Zahlen die Kommastellung nicht zu berücksichtigen.
Lesen Sie oder stellen Sie am besten wie folgt ein:

bei 3,65 = 3—6—5 (drei, sechs, fünf) bei 560 = 5—6 (fünf, sechs)

Die Stellung des Kommas wird durch eine einfache Berechnung im Kopf mit abgerundeten Zahlen nachträglich ermittelt.

Teilungen der Rechenstäbe 1/60, 1/87, 111/87, 111/87 A, 1/98, 111/98 mit 25 cm Teilungslänge

(Rechenstäbe mit 50 cm Teilungslänge 4/87 und 4/98 s. S. 8)

Die einzelnen Teilungsbereiche, insgesamt 3, sind **nicht** gleichmäßig unterteilt, weil sie sich nach rechts verengen. Machen wir uns das am besten an den beiden Teilungen C und D klar. Man unterscheidet:
Überteilung — **Teilungsbereich von 1-2** — **Teilungsbereich von 2-4** — **Teilungsbereich von 4-10** — Überteilung
Links von 1 und rechts von 10 sind sog. Überteilungen, links beginnend mit 0,89 und rechts endend bei 11,2.
Sie ermöglichen das Weiterrechnen bei Grenzwerten, die gerade etwas unter 1 (Teilungsanfang) und über 10 (Teilungsende) liegen.

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich 1-2

Von Leitzahl 1 zu Leitzahl 1,1
10 Unterabschnitte zu je 10 Intervallen
(= 1/10 oder 0,1 pro Teilstrich)

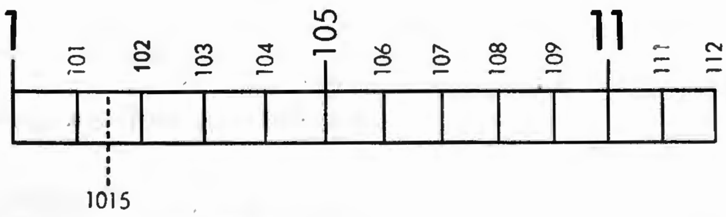


Fig. 5

Hier lassen sich ohne weiteres 3 Stellen genau ablesen (z. B. 1-0-1). Durch **Halbieren** der Strecke zwischen 2 Teilstrichen kann man 4 Ziffern genau einstellen. (Z. B. 1-0-1-5). Die letzte Ziffer ist dann immer eine 5.

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich 2-4

Von Leitzahl 3 zu Leitzahl 4
10 Unterabschnitte zu je 5 Intervallen
(= 1/5 oder 0,2 pro Teilstrich)

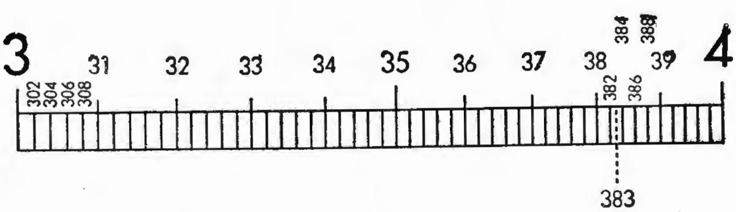


Fig. 6

Hier lassen sich 3 Ziffern genau ablesen (3-8-2). Letzte Ziffer ist immer eine gerade Zahl. (2, 4, 6, 8). Halbiert man die Zwischenräume, erhält man auch die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9. (3-8-3)

Ausschnitt aus dem Teilungsbereich 4-10

Von Leitzahl 8 zu Leitzahl 10
10 Unterabschnitte zu je 2 Intervallen
(= 1/2 oder 0,5 pro Teilstrich)

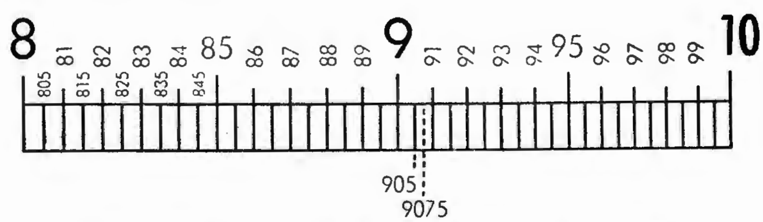


Fig. 7

Hier kann man 3 Stellen genau ablesen, wenn die letzte Ziffer eine 5 ist. (9-0-5). Durch Halbieren der Zwischenräume erhält man sogar 4 genaue Stellen. Die letzte Ziffer ist auch hier stets eine 5. (9-0-7-5).

Sonstige **Zwischenwerte** müssen **abgeschätzt** werden. **Beispiel:** Um 518 einzustellen, sucht man erst durch Halbieren der Strecke zwischen 515 und 520 den Wert 5-1-7-5 und rückt dann den Läuferstrich eine Kleinigkeit nach rechts.

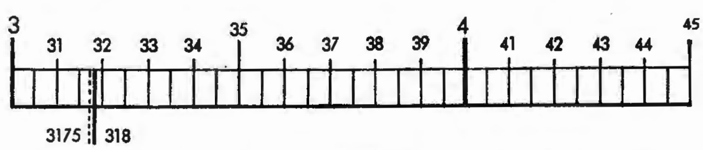


Fig. 8

Man übe zunächst einmal das Einstellen und Ablesen der Zahlen, bis man eine gewisse Sicherheit erreicht hat.
Man verwende dazu nicht nur den Läuferstrich, sondern auch die rechte oder linke 1 des Schiebers.

Teilungen der Rechenstäbe mit 50 cm Teilungslänge 4/87 und 4/98

Die einzelnen Teilungsbereiche, insgesamt 3, sind **nicht** gleichmäßig unterteilt, weil sie sich nach rechts verengen. Machen wir uns das am besten an den beiden Teilungen C und D klar. Man unterscheidet:

Überteilung — **Teilungsbereich von 1—2** — **Teilungsbereich von 2—5** — **Teilungsbereich von 5—10** — Überteilung. (Die Überteilungen ermöglichen das Weiterrechnen bei Grenzwerten, die gerade etwas unter 1 = Teilungsanfang — oder über 10 = Teilungsende liegen).

Teilungsbereich von 1—2

Dieser Abschnitt ist zunächst in **zehn** Unterabschnitte eingeteilt, die mit 1,1, 1,2, 1,3, 1,4... bis 1,9 beziffert sind. Jeder dieser Abschnitte ist wieder in **zehn** Unterteile zerlegt; nur stehen jetzt keine Bezifferungen dabei, da der Platz hierfür fehlt. Und zwischen diesen Teilstrichen endlich ist mit einem kleinen Strich auch noch die Mitte eingetragen.

Man kann ablesen: 1-1-2-5; 1-3-1-5; 1-4-4-5; 1-5-2-5; 1-7-1-5... 1-9-7-5.

Teilungsbereich von 2—5

Auch hier besteht die erste Unterteilung wieder in **Zehnteln,** nur sind sie mit Ausnahme der Teilstriche für die Werte 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5 und 5 nicht beziffert. Die übrigen Zehntel muß man selbst erkennen, also die Werte 2,1; 2,2; 2,3... bis 4,7; 4,8; 4,9.

Zwischen diesen Zehnteln sind auch wieder Zehntel eingetragen, aber die Mitten zwischen ihnen sind nicht mehr bezeichnet. Man hat demnach, bei 2 beginnend und ohne das Komma zu benutzen, die folgenden Werte: 2-0-0; 2-0-1; 2-0-2; 2-0-3; 2-0-4; 2-0-5; 2-0-6; usw. bis 4-9-7; 4-9-8; 4-9-9; 5-0-0.

Beim Teilungsbereich von 5—10 sind zunächst wieder die **Zehntel** eingetragen; aber zwischen ihnen nur noch die **Fünftel.** Man hat danach bei 5 beginnend die folgenden Teilstriche vor sich: 5-0-0, 5-0-2, 5-0-4, 5-0-6, 5-0-8, 5-1-0, 5-1-2 usw. bis 9-9-6, 9-9-8, 1-0-0.

Soll eine Zahl eingestellt werden, die mit einer ungeraden Ziffer endet, so muß man genau auf die Mitte zwischen zwei Teilstrichen einstellen. Das läßt sich mit großer Genauigkeit durchführen.

Der Ablesestrich der Teilungen geht aber weit über diese Möglichkeiten hinaus.

Die weiteren Zwischenwerte müssen jedoch abgeschätzt werden.

Beispiel: Um 1-1-2-6 (s. auch erstes Beispiel aus Abschnitt „Teilungsbereich von 1-2") zu finden, stellt man zuerst 1-1-2-5 ein und rückt dann den für die Einstellung verwendeten Läuferstrich oder die Anfangs-1 der Teilung C etwas nach rechts, wobei als guter Anhaltspunkt auch 1-1-2-7-5 dienen kann, das ja die Mitte zwischen 1-1-2-5 und 1-1-3 bildet.

Vorbemerkung: Für Einstellen und Ablesen von Zahlenwerten werden stets der durchgehende Hauptstrich des Läufers, (nachfolgend „Läuferstrich" genannt), und Anfangs-1 oder End-100 (bzw. End-10) der Hauptteilungen A, B, CI, C, D, benutzt.

Die Multiplikation

Zwei Zahlen werden miteinander multipliziert, indem man die den Zahlen entsprechenden Strecken addiert.

Man verwendet vor allem die Grundteilungen C und D.

Beispiel: 2,45 · 3 = 7,35

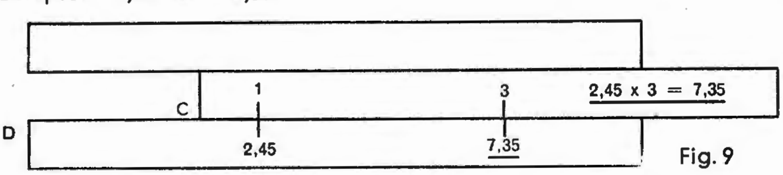


Fig. 9

Man stellt 1 am Schieberanfang (**C** 1) über 2,45 der unteren Stabteilung (**D** 245), bringt den Läuferstrich über 3 der unteren Schieberteilung (**C** 3) und liest das Produkt 7,35 unter dem Läuferstrich auf der unteren Stabteilung (**D** 735) ab. **a·b**

Es kann aber auch auf den Teilungen A und B gerechnet werden, wobei die Ablesegenauigkeit etwas geringer ist.

Beispiel: 2,5 · 3 = 7,5

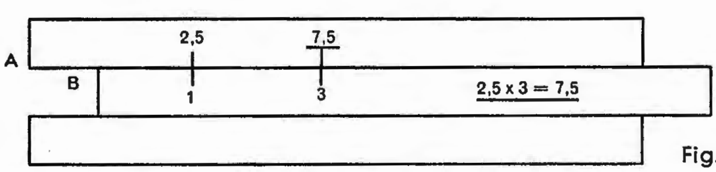


Fig. 10

Man stellt den Anfang der Schieberteilung (**B** 1) unter 2,5 der oberen Stabteilung (**A** 25), bringt dann den Läuferstrich über 3 der oberen Schieberteilung (**B** 3) und liest das Produkt 7,5 unter dem Läuferstrich auf der oberen Stabteilung (**A** 75) ab. **a·b**

Beim Rechnen auf den Grundteilungen C und D wird man finden, daß manchmal der zweite Faktor einer Multiplikationsaufgabe nicht mehr innerhalb der Stabteilungen einstellbar ist.

Beispiel: 7,5 · 4,8 = 36

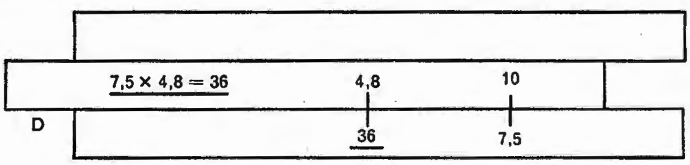


Fig. 11

In diesem Falle zieht man den Schieber nach links durch und stellt **C** 10 über den ersten Faktor (7,5 auf **D**). Dann rückt man den Läuferstrich über **C** 4,8 und liest darunter auf **D** das Ergebnis 36 ab. **a·b**

Dieser Vorgang wird „Durchschieben des Schiebers" genannt.

Die Division

Das Verfahren der Multiplikation ist umzukehren: **Zwei Zahlen werden durcheinander dividiert, indem man die dem Nenner entsprechende Strecke von der Strecke abzieht, die dem Zähler entspricht.**

$\frac{a}{b}$

Beispiel: 9,85 : 2,5 = 3,94

Man stellt den Läuferstrich über den Zähler 9-8-5 auf Teilung **D** und schiebt dann unter den Läuferstrich den Nenner 2-5 (auf Teilung **C**). Unter dem Schieberanfang **C** 1 kann man dann das Ergebnis 3-9-4 auf Teilung **D** ablesen.

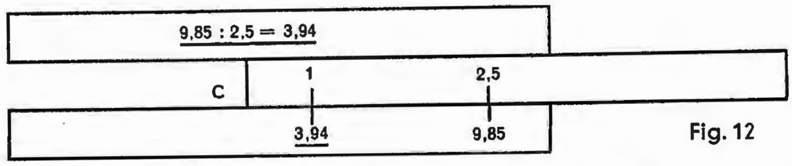


Fig. 12

Auch hier kommt es vor, daß der Schieber so weit nach links zu stellen ist, daß man das Ergebnis unter C 1 nicht mehr ablesen kann; dann findet man das Ergebnis am rechten Ende unter C 10.

Beispiel: 210 : 28 = 7,5.

Man stellt C 28 mit Hilfe des Läuferstrichs über D 210. C 1 steht so weit nach links heraus, daß man darunter das Ergebnis nicht ablesen kann. Es ist jetzt unter C 10 zu finden und lautet 7,5.

$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} : \frac{e}{f}$

Das Tabellenbilden

Beispiel: Man will Yards in Meter umrechnen.

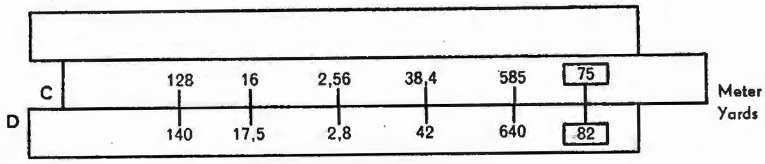


Fig. 13

Wir kennen die Parität: 75 m sind 82 yards. Man stellt C 75 über D 82. Damit ist eine Tabelle hergestellt und man kann ablesen: 42 yds. sind 38,4 m; 2,8 yds. sind 2,56 m; 640 yds. sind 585 m; 16 m sind 17,5 yds.

Die Ablesung erfolgt mit Hilfe des Läuferstrichs. Man stellt ihn also über die bekannte Anzahl Meter auf C und liest gleichfalls unter dem Läuferstrich auf D die entsprechenden yards ab und umgekehrt.

Kennt man die jeweilige Parität (z. B. 75 engl. Pfund : 34 kg) nicht, sondern etwa die Beziehung 1 lb = 0,454 kg, so stellt man **C** 1 oder **C** 10 über **D** 4-5-4 und hat dann auch die Umrechnung von lbs in kg, wobei dann auf **C** die lbs. und auf **D** die kg stehen.

Vereinigte Multiplikation und Division

$\frac{a \cdot b \cdot c}{d \cdot e \cdot f}$

Beispiel: $\frac{13{,}8 \cdot 24{,}5 \cdot 3{,}75}{17{,}6 \cdot 29{,}6 \cdot 4{,}96} = 0{,}491$

Man beginnt stets mit der Division und läßt dann abwechselnd Multiplikation und Division folgen. Die Zwischenergebnisse brauchen nicht abgelesen zu werden. Man stellt also zuerst D 1-3-8 und C 1-7-6 mit Hilfe des Läuferstrichs gegenüber (Division). Das Ergebnis, angenähert 0,8 unter **C** 10 auf **D**, bleibt unabgelesen und wird sofort mit 24,5 multipliziert, indem man den Läuferstrich auf **C** 2-4-5 setzt. Das Ergebnis (rund 1-9 auf **D**) wird gleich wieder durch 29,6 dividiert, indem man den Läuferstrich festhält und **C** 2-9-6 darunter schiebt. Es folgt die Multiplikation des Ergebnisses (0,65 unter **C** 10 auf **D**) mit 3-7-5 und anschließend die Division durch 4,96 in gleicher Weise. Das Ergebnis 0,491 kann man dann unter **C** 10 auf **D** ablesen. Ebenso kann auf **A** und **B** gerechnet werden.

Quadrat und Quadratwurzel

Das **Quadrat** einer beliebigen Zahl erhält man durch Einstellen des Läuferstrichs über diese Zahl auf Teilung D und Ablesen des Ergebnisses auf Teilung A gleichfalls unter dem Läuferstrich. Man kann aber auch Anfangs- und Endstriche der Schieberteilungen benutzen.

Beispiel: $3^2 = 9$

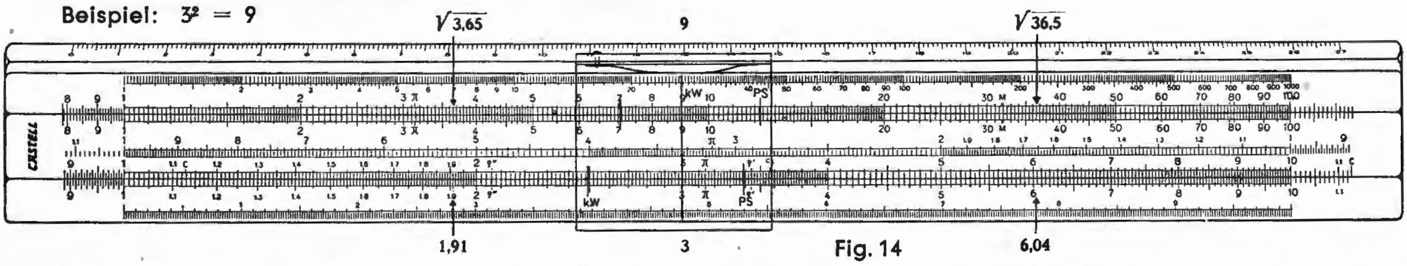


Fig. 14

a

Man gewöhne sich daran, sowohl beim Einstellen als auch beim Ablesen nur mit den Zifferfolgen zu arbeiten und den Dezimalwert durch eine Überlegung nachträglich festzusetzen. Bei diesem Überschlagen ist großzügiges Abrunden der Zahlen der sicherste Weg, handelt es sich doch nur darum, daß man sich gegen Verzehnfachung oder Zehntelung schützt.

Übungsaufgaben: $1{,}345^2 = 1{,}81$; $4{,}57^2 = 20{,}9$; $0{,}765^2 = 0{,}585$; $67{,}3^2 = 4530$.

Die **Quadratwurzel** findet man durch Einstellen des Radikanden auf A und Ablesen des Ergebnisses auf D (s. Fig. 14). Das Quadratwurzelziehen ist aber nicht ganz so einfach wie das Quadrieren, was wir an dem folgenden Beispiel erkennen können: Es soll $\sqrt{3{,}65}$ gezogen werden. Man stellt den Läuferstrich auf A 3,65 und findet darunter auf D die Wurzel 1,91. Da wir gelernt haben, daß die Kommastelle auf dem Rechenstab entfällt, könnten wir auch auf A 36,5 (in der zweiten Hälfte von A zwischen 10 und 100) den Läufer-strich stellen. Darunter findet man die Wurzel 6,04. Dies ist also ein Trugschluß.

$\sqrt{a}$

Man muß sich also beim Quadratwurzelziehen zuvor darüber Rechenschaft ablegen, ob man den Radikanden auf der linken oder auf der rechten Hälfte einstellen muß. Links stehen die Radikanden von 1 bis 10, rechts die von 10 bis 100.

Ubungsaufgaben: $\sqrt{4{,}56} = 2{,}14$; $\sqrt{7{,}68} = 2{,}77$; $\sqrt{45{,}3} = 6{,}73$; $\sqrt{70{,}8} = 8{,}41$.

Liegt der Radikand unter 1 oder über 100, so verlegt man ihn durch eine kleine Rechnung zwischen 1 und 100.

Beispiele: $\sqrt{1935}$. Man zerlegt $\sqrt{1935} = \sqrt{100 \cdot 19{,}35} = 10 \cdot \sqrt{19{,}35} = 10 \cdot 4{,}4 = 44$

$\sqrt{0{,}543} = \sqrt{54{,}3 : 100} = \sqrt{54{,}3} : 10 = 7{,}37 : 10 = 0{,}737$; $\sqrt{0{,}003\,78} = \sqrt{37{,}8 : 10\,000} = \sqrt{37{,}8} : 100 = 6{,}15 : 100 = 0{,}0615$

$\sqrt{145{,}8} = \sqrt{100 \cdot 1{,}458} = 10 \cdot \sqrt{1{,}458} = 10 \cdot 1{,}207 = 12{,}07$; $\sqrt{507\,000} = \sqrt{10\,000 \cdot 50{,}7} = 100 \cdot \sqrt{50{,}7} = 100 \cdot 7{,}12 = 712$.

Rechnen mit der reziproken Teilung CI

Sie entspricht im Teilungsbild den Teilungen C und D, verläuft aber in **entgegengesetzter** Richtung. Die Teilung CI gibt uns in Zusammenarbeit mit der Teilung C den reziproken Wert einer Zahl.

$\frac{1}{a}$

1. Sucht man zu einer gegebenen Zahl a den reziproken Wert 1 : a, stellt man diese auf C oder CI ein und liest darüber auf CI oder darunter auf C den reziproken Wert ab. Die Ablesung geschieht ohne Verstellen des Schiebers, allein durch Läufereinstellung.
   Beispiele: 1 : 8 = 0,125; 1 : 2 = 0,5; 1 : 4 = 0,25; 1 : 3 = 0,333.

$\frac{1}{a^2}$

2. Sucht man $1 : a^2$, so richtet man den Läufer auf a der Teilung CI und liest darüber auf B das Ergebnis ab.
   Beispiel: $1 : 2{,}44^2 = 0{,}168$ Uberschlag: weniger als $1/5 = 0{,}2$.

$\frac{1}{\sqrt{a}}$

3. Sucht man $1 : \sqrt{a}$, so stellt man den Läuferstrich auf a der Teilung B und findet auf CI das Ergebnis.
   Beispiel: $1 : \sqrt{27{,}4} = 0{,}191$ Uberschlag: weniger als $1/5 = 0{,}2$.
4. **Produkte aus drei Faktoren** mit Hilfe der Teilung CI sind mit nur einer Schieberstellung möglich. Man stellt die zwei ersten Faktoren mit Hilfe des Läuferstrichs auf D und CI untereinander, rückt dann den Läuferstrich auf den dritten Faktor auf C und liest darunter auf D das Gesamtprodukt ab.
   Wesentlich ist die Reihenfolge, in der man die Teilungen benutzt: zuerst D, dann CI, zuletzt C; das Ergebnis auf D.
   Beispiel: $0{,}66 \cdot 20{,}25 \cdot 2{,}38 = 31{,}8$.

$a \cdot b \cdot c$

$\frac{a}{b \cdot c}$

5. **Zusammengesetzte Multiplikation und Division** kann ebenfalls mit der Teilung CI vorteilhaft gerechnet werden.
   Beispiel: $\frac{36{,}4}{3{,}2 \cdot 4{,}6} = 2{,}472$
   Man stellt mit Hilfe des Läuferstriches 3-6-4 und 3-2 auf D und C gegenüber, braucht das Zwischenergebnis (11,37) nicht ablesen, sondern geht mit dem Läuferstrich über 4-6 auf Teilung CI, was einer Multiplikation mit $\frac{1}{4{,}6}$ (also dem reziproken Wert $\frac{1}{c}$) gleichkommt und findet unter dem Läuferstrich auf D das Ergebnis 2,472.

Rechnen mit der Kubenteilung K

Die Kubenteilung besteht aus drei gleichen Abschnitten 1—10, 10—100 und 100—1000 und wird in Verbindung mit **D** benutzt. Man stellt den Läufer über den Wert auf **D** und liest darüber auf **K** den Kubus ab.

a^3

Beachten Sie, daß bei den Rechenstäben 1/98, 111/98, 4/98 die Kubenteilung **K** an der Stirnseite des Stabes liegt. Die Einstellung ist ebenfalls: Läuferstrich über Wert auf **D** und am Läuferstrich des Ablesefensters auf Teilung **K** ablesen.

Beispiele: $1{,}54^3 = 3{,}65$; $2{,}34^3 = 12{,}8$; $4{,}2^3 = 74{,}1$.

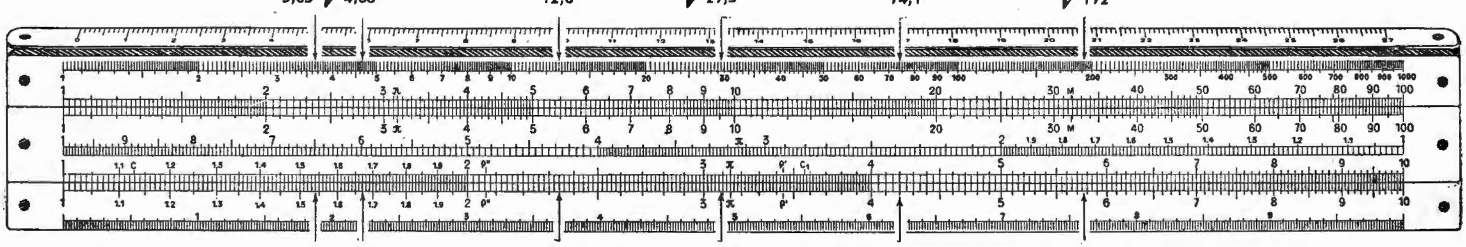


Fig. 15

Will man die Kubikwurzel ziehen, geht man den umgekehrten Weg. Es ist auf **K** einzustellen und auf **D** abzulesen.

$\sqrt[3]{a}$

Beispiele: $\sqrt[3]{4{,}66} = 1{,}67$; $\sqrt[3]{29{,}5} = 3{,}09$; $\sqrt[3]{192} = 5{,}77$.

Liegt der Radikand unter 1 oder über 1000, so muß man, ähnlich wie bei den Quadratwurzeln, den Radikanden durch das Absondern geeigneter Potenzen von 10 in das Intervall von 1—1000 verlegen (s. S. 12).

Bei Zusammenarbeit der Kubenteilung K mit der Quadratteilung A ist mit Hilfe des Läuferstrichs die Ausrechnung von Potenzen mit den Exponenten $\frac{2}{3}$ und $\frac{3}{2}$ möglich.

Beispiel: $7{,}5^{\frac{3}{2}} = 20{,}5$ Man stellt den Läuferstrich über 7,5 auf A und liest gleichfalls unter dem Läuferstrich auf K das Ergebnis 20,5 ab

Beispiel: $132^{\frac{2}{3}} = 25{,}9$ Man stellt den Läuferstrich über 132 auf K und liest gleichfalls unter dem Läuferstrich auf A das Ergebnis 25,9 ab.

Rechnen mit der Mantissenteilung L

Rechenstäbe 1/87, 111/87, 111/87 A, 4/87

Hier ist die Mantissenteilung am unteren Rand des Stabkörpers aufgetragen und dient zum Ablesen der Mantissen des dekadischen Logarithmus. Sie arbeitet mit der Teilung D zusammen.
Beispiele: lg 1,35 = 0,1303; lg 0,237 = 0,375—1.

lg a

Man stellt den Läuferstrich über den Numerus auf der Teilung L und liest ebenfalls unter dem Läuferstrich auf Teilung D die Mantisse ab. Wenn die Mantisse gegeben ist, ergibt der umgekehrte Vorgang den gesuchten Numerus.

Rechenstäbe 1/60, 1/98, 111/98, 4/98

Sie tragen die Teilung L auf der Schieberrückseite. Man muß bei umgewendetem Stab stets den Schieber nach rechts herausziehen.

lg a

Beispiel: Gegeben Logarithmus 2,374. Gesucht ist der Numerus.
Man wendet den Stab um und zieht den Schieber so lange nach rechts, bis über dem unteren Ablesestrich die Mantisse 3-7-4 auf der Teilung L (lg) erscheint. Wendet man wieder um, kann man unter C 1 die Ziffern 2-3-6-6 ablesen. Die Kennziffer war 2, also heißt der gesuchte Numerus 236,6.

Suchen wir den Logarithmus einer Zahl, so finden wir ihn durch Umkehrung dieses Rechenvorgangs. Kennziffer bzw. Stellenzahl werden in der üblichen logarithmischen Rechenweise bestimmt (s. Fig. 16).
Beispiel: lg 1,35 = 0,1303

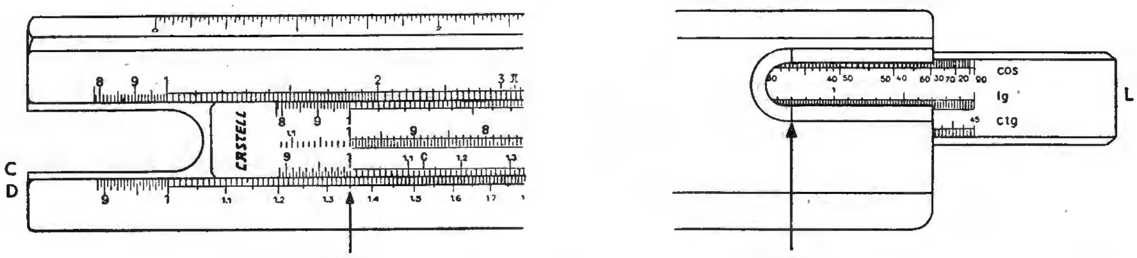
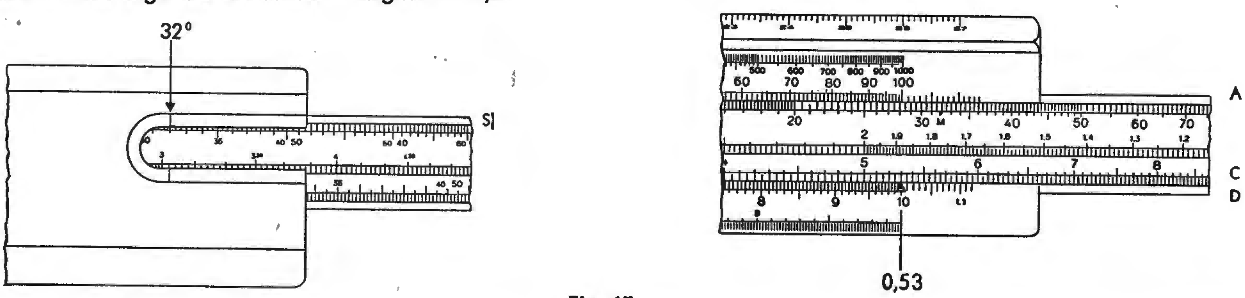


Fig. 16

Rechnen mit den trigonometrischen Teilungen S und T*

Die Sinus-Teilung S arbeitet bei den Rechenstäben **1/87, 111/87, 111/87 A** und **4/87** mit der Teilung C zusammen. Man liest den Sinus auf C über D 10 bzw. D 1 ab, muß sich aber alle Werte durch 10 geteilt denken.
Beispiel: sin 32° = 0,53
Wir wenden den Stab um und ziehen den Schieber so lange nach rechts, bis unter dem oberen Ablesestrich der rechten Einfräsung die 32° der (schwarz bezifferten) Sinusteilung erscheinen. Dreht man den Stab wieder um, so kann man über D 10 die Ziffernfolge 5-3 ablesen. Ergebnis: 0,53.



sin *a*

cos *a*

Fig. 17

Man hätte den Schieber auch nach links herausziehen und 32° unter den linken, oberen Ablesestrich stellen können. Über D 1 kann man dann das Ergebnis finden. Doch wählt man diese Einstellung vorzugsweise bei kleinen Winkeln.
Beispiel: sin 6° 50′ = 0,119
Man zieht den Schieber nach links, bis 6°50′ unter den linken, oberen Ablesestrich kommt, wendet um und findet über D 1 die Ziffern 1-1-9. Den **Kosinus** eines Winkels findet man unter Verwendung der Sinusteilung von rechts nach links (rote Bezifferung).
Bei den Rechenstäben **1/60, 1/98, 111/98, 4/98** geht man in gleicher Weise vor. Hier arbeitet die Sinusteilung mit der Teilung B zusammen. Anfang (A 1) oder Ende (A 100) der Teilung A zeigen das Ergebnis an. Man muß sich aber alle Werte durch 100 geteilt denken. Teilung B reicht also von 0,01—1,0.

* Wenn Sie einen Rechenstab mit Winkelteilungen in 400g erworben haben, beachten Sie bitte die Bemerkungen auf Seite 18 oben.

Die Tangensteilung T gehört bei allen hier beschriebenen Rechenstäben (außer 4/98) zur Teilung C, die man von 0,1—1 lesen muß. D 1 oder D 10 zeigen uns das Ergebnis an. Hier kann aber zur Einstellung nur der linke, untere Ablesestrich der Ausfräsung auf der Stabrückseite benutzt werden. Die Ablesung geschieht in ähnlicher Weise, wie wir es bei der Sinusteilung gelernt haben. **tg** a

Beispiel: tg 7° 40′ = 0,1346

Der Schieber wird bei umgewendetem Stab so weit nach links gezogen, bis über dem linken Ablesestrich 7° 40′ der Tangensteilung stehen. Wendet man den Stab wieder um, so kann man über D 1 auf Teilung C die Ziffernfolge 1-3-4-6 ablesen. Umgekehrt kann man natürlich über D 1 den Tangens 0,1346 einstellen und auf der Rückseite den zugehörigen Winkelwert 7° 40′ ablesen. Den **Kotangens** findet man auf D unter C 1 oder C 10 mit 7,43. **ctg** a

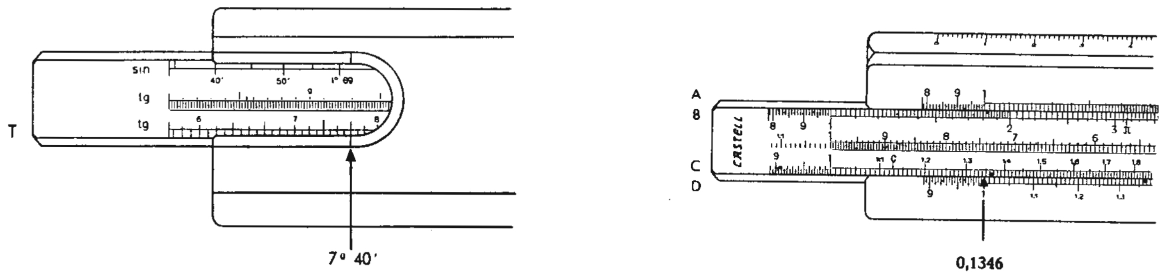


Fig. 18

Tangenswerte und die Kotangenswerte der Winkel über 45° findet man unter Beachtung der Beziehungen

$\text{ctg}\ \alpha = \text{tg}\ (90° - \alpha)$ oder $\text{ctg}\ \alpha = \dfrac{1}{\text{tg}\ \alpha}$

Für die letzere Beziehung stellt man den Tangens des Winkels (z. B. 23° 40′) über den Ablesestrich der Stabrückseite, kann den Tangens über D 1 mit 0,438 ablesen und mit Hilfe des Läuferstrichs auf der reziproken Teilung CI den Kotangens 2,28.

Beim Rechenstab **4/98** arbeitet die Tangensteilung T mit Teilung B zusammen. Man stellt ein, wie beschrieben, liest aber unter A 1 auf B ab. Die abgelesenen Werte sind durch 100 zu teilen.

Die Sinus-Tangens-Teilung ST für kleine Winkel von 34′ bis 5° 43′ gibt es bei den Rechenstäben **1/87, 111/87, 111/87 A** und **4/87**. Hier ist die Differenz von Sinus und Tangens unwesentlich, wir können also die ST-Teilung gleichzeitig zum Ablesen beider Werte benutzen. Wir benutzen den rechten, unteren Ablesestrich, wobei die dann auf Teilung C abgelesenen Werte durch 100 zu dividieren sind. Die auf Teilung D abgelesenen Kotangenswerte sind mit 10 zu multiplizieren.

Beispiel: sin 3° 38′ oder tg 3° 38′ $\approx$ 0,0634

Man stellt den Winkel 3° 38′ der ST-Teilung über den rechten, unteren Ablesestrich, dreht den Stab wieder um und liest über D 10 auf C das Ergebnis 0,0634 ab.

Will man viele Sinus- und Tangenswerte ablesen, so dreht man lediglich den Schieber um und führt ihn so ein, daß die Sinusteilung S an der Teilung A und die Tangensteilung T an Teilung D gleiten. Dadurch erhält man eine Tabelle, auf der mit Hilfe des Läuferstrichs die gesuchten Werte eingestellt und abgelesen werden können.

Marken ϱ für trigonometrische Berechnungen

Die Marken ϱ', ϱ'' sind auf den Teilungen C und D angebracht und dienen zur Bestimmung der Funktionen sehr kleiner Winkel. Hier unterscheiden sich die Funktionen von sin, tg und arc kaum mehr voneinander.

Marke ϱ' ist zwischen 34 und 35 auf Teilung C und D eingeritzt und wird verwendet, wenn der Winkel in Minuten gegeben ist.

Beispiel: sin 17′ $\approx$ tg 17′ $\approx$ arc 17′ = 0,00495

Man stellt die Marke ϱ' über D 17 und findet die Funktion unter C 10 auf Teilung D.

Marke ϱ'' liegt zwischen 20 und 21 auf Teilung C und D und gilt für gegebene Winkel in Sekunden.

Beispiel: sin 43″ $\approx$ tg 43″ $\approx$ arc 43″ = 0,0002085

Man stellt die Marke ϱ'' über D 43 und findet die Funktion unter C 1 auf Teilung D.

Marke ϱ bei Rechenstäben mit Neugradteilung

Die Ablesung der Winkelfunktionen geschieht in gleicher Weise, wie bei den Stäben mit 360°, nur ergeben sich andere Werte als Lösungen. Hier gilt für kleine Winkel die Marke ϱ zwischen C 63 und C 64 (für Centiminuten u. Centisekunden).

Ubungsaufgaben: $\sin 32^3 = 0{,}482$; $\sin 63^9 = 0{,}836$; $\mathrm{tg}\ 44^9 = 0{,}827$; $\mathrm{tg}\ 12{,}40^9 = 0{,}1973$.

$\sin 0{,}17^9 \approx \mathrm{arc}\ 0{,}17^9 \approx \mathrm{tg}\ 0{,}17^9 = 0{,}00267$.

Marken für Festwerte

Verschiedene häufig benötigte Konstanten sind auf den „Rietz"- und „Elektro"-Rechenstäben gesondert markiert.

$\pi = 3{,}1416$ auf den Teilungen A, B, CI, C, D

$M = \frac{1}{\pi} = 0{,}318$ auf den Teilungen A und B

Strichmarkierung für $\frac{\pi}{4} = 0{,}785$ auf A und B

Die **Querschnittsmarken C und C_1** auf der Teilung C dienen der Berechnung von Kreisflächen bei gegebenem Durchmesser.

$C = \sqrt{\frac{4}{\pi}} = 1{,}128$ auf Teilung C

$C_1 = \sqrt{\frac{40}{\pi}} = 3{,}57$ auf Teilung C

Beispiel für die Verwendung von C und C_1:

Setzt man die Marke C über einen gegebenen Durchmesser von z. B. 2,82 cm auf D, so liest man auf A über B 1 (Schieberanfang der Teilung B) den Querschnitt 6,24 cm² ab.

Aus diesem Querschnitt kann man den Inhalt eines Zylinders finden, indem man noch mit der Höhe (z. B. 4 cm) multipliziert: Bei der letzten Einstellung, die über B 1 auf A 6,24 cm ergibt, schiebt man nur noch den Läuferstrich über B 4 und kann darüber auf A den Inhalt des Zylinders (mit d = 2,82 und h = 4) = 25 cm³ ablesen.

Die Marke C_1 (nicht zu verwechseln mit Schieberanfang C 1) erfüllt die gleiche Aufgabe wie C. Sie wird verwendet, wenn für die Einstellung der Marke C der Schieber zu weit nach rechts geschoben werden müßte.

Bei den Elektro-Rechenstäben **1/98, 111/98, 4/98** finden wir auf A bzw. B noch die Marken 735, sowie Cu (in schwarzer und roter Einfärbung). Sie werden später auf der Seite 26 erklärt.

Der Mehrstrichläufer

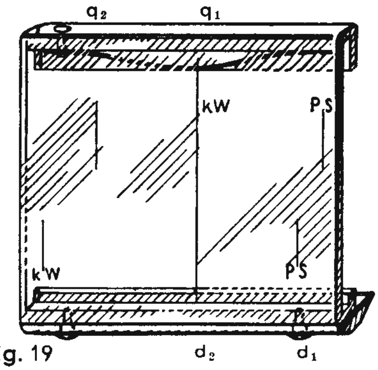


Fig. 19

Neben dem mittleren Hauptstrich trägt der Läufer (außer bei 1/60) noch vier weitere Striche für Sonderberechnungen.

Die in der Abbildung mit d und q bezeichneten Striche dienen der Berechnung 1. von Kreisflächen und 2. des Gewichts von Flußstahl, Flußeisen und Gußstahl.

Beispiel 1.: Stellt man den rechten unteren (d_1) bzw. den Hauptstrich (d_2) auf den Durchmesser d = 4,8 cm auf Teilung D, so erhält man auf Teilung A unter dem Hauptstrich (q_1) oder dem linken, oberen Strich (q_2) den entsprechenden Querschnitt 18,1 cm².

Beispiel 2.: Man stellt den Hauptstrich auf das Volumen 192 cm³ auf der oberen Teilung A. Dann findet man unter seinem linken Nachbarstrich ebenfalls auf Teilung A das Gewicht von Flußstahl 1,51 kg.

Die mit „kW" und „PS" gekennzeichneten Läuferstriche dienen der Umrechnung von Watt in PS und umgekehrt.
Beispiel: Es sollen 4,5 kW in PS umgerechnet werden.
Man stellt den mit kW bezeichneten Läuferstrich über 4,5 der Teilung A und liest unter dem mit PS bezeichneten Läuferstrich das Ergebnis 6,1 PS (auf A) ab (s. auch Marke 735 auf S. 26).
Die gleiche Rechnung kann auch auf Teilung D durchgeführt werden, sie ergibt hier genauere Werte.

Behandlung des Rechenstabes

C A S T E L L Rechenstäbe aus Spezialholz oder Geroplast sind hochwertige Präzisionsgeräte und sollten nach Möglichkeit sorgsam behandelt werden. Sie sind wetterfest, trotzdem aber soll man sie vor zu großen Temperaturschwankungen und Feuchtigkeit schützen. Der Werkstoff Geroplast ist beständig gegen die meisten Chemikalien, man soll ihn aber nicht mit ätzenden Flüssigkeiten oder starken Lösungsmitteln in Verbindung bringen, die, wenn nicht den Werkstoff selbst, doch zumindest die Farbe der Teilstriche angreifen können. Bei Bedarf kann die Schieberzügigkeit durch reine Vaseline oder Silikonöl günstig beeinflußt werden. Um die Ablesegenauigkeit nicht zu beeinträchtigen, sollten die Skalen und der Läufer vor Verschmutzung und Verkratzung geschützt und öfters mit den Spezialmitteln CASTELL Nr. 211 (flüssig) oder Nr. 212 (Paste) gereinigt werden.

Sonderteilungen der Elektro-Rechenstäbe (Rechenstäbe 1/98, 4/98, 111/98)

Rechnen mit den Exponentialteilungen LL_2 und LL_3

Auf den Rechenstäben CASTELL 1/98, 111/98 und 4/98 befindet sich am oberen und am unteren Rand der Vorderseite eine Teilung für die Werte (e^x), die sogenannte **Exponentialteilung** oder „log-log-Teilung". Sie beginnt am linken oberen Rand mit 1,1, erstreckt sich bis 3,2 (mit LL_2 bezeichnet), setzt sich dann links unten fort, wobei der Bereich 2,5 bis 3,2 wiederholt wird, und endet rechts unten mit 100 000 (LL_3).

Durch die in bestimmter Weise unter sich und zur Stabteilung erfolgte Anordnung dieser beiden Teile der log-log-Teilung ergeben sich zahlreiche Verwendungsmöglichkeiten.

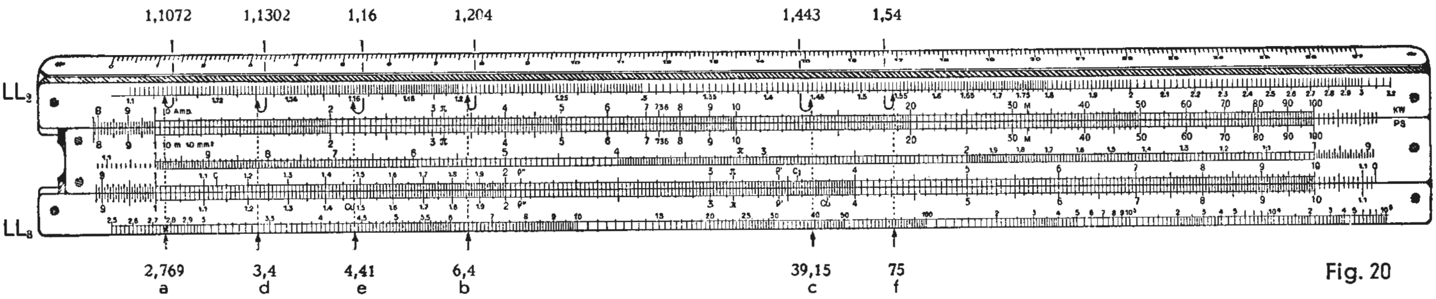


Fig. 20

Unter jeder Zahl der oberen log-log-Teilung (LL_2) steht deren 10. Potenz auf der unteren log-log-Teilung (LL_3).

Beispiele: $1{,}1072^{10} = 2{,}769$ (Fig. 20a). $1{,}204^{10} = 6{,}4$ (Fig. 20b). $1{,}443^{10} = 39{,}15$ (Fig. 20c). $0{,}1443^{10} = \left(\frac{1{,}443}{10}\right)^{10} = \frac{39{,}15}{10^{10}}$ $\boxed{a^{10}}$

Über jeder Zahl der unteren log-log-Teilung (LL_3) steht deren 10. Wurzel auf der oberen log-log-Teilung (LL_2). $\boxed{\sqrt[10]{a}}$

Beispiel: $\sqrt[10]{3{,}4} = 1{,}1302$ (Fig. 20d). $\sqrt[10]{4{,}41} = 1{,}16$ (Fig. 20e). $\sqrt[10]{75} = 1{,}54$ (Fig. 20f).

Potenzen von e

Die Potenzen von e (Basis des natürlichen Logarithmus $e = 2{,}71828\ldots$) erhält man, indem der Exponent mittels des Läufers auf der Grundskala (D-Skala) eingestellt wird. Die e-Potenz wird dann auf einer der LL-Skalen abgelesen, wobei für die D-Skala der Bereich 1 bis 10 bei der Ablesung auf der LL_3-Skala und der Bereich 0,1 bis 1 bei der Ablesung auf der LL_2-Skala gilt. $\boxed{e^n}$

Beispiele: $e^2 = 7{,}39$; $e^{1{,}61} = 5$; $e^{0{,}161} = 1{,}1748$
$e^{6{,}22} = 500$; $e^{0{,}622} = 1{,}862$; $e^{0{,}336} = 1{,}4$
$e^{12{,}5} = e^{10+2{,}5} = e^{10} \cdot e^{2{,}5} = 22000 \cdot 12{,}2 = 268500.$

Beispiel: Von einer Bandbremse, deren Bremsband die Trommel zweimal umspannt, soll die Spannkraft im auflaufenden Band ($T_{aufl.}$) berechnet werden.

$T_{abl.} = 22$ kg; $\alpha = 2 \cdot 360^0 = \text{arc } 4\pi = 12{,}56$; Reibungskoeffizient $\mu = 0{,}18$; $\mu \cdot \alpha = 12{,}56 \cdot 0{,}18 = 2{,}261$;
$T_{aufl.} = T_{abl.} \cdot e^{\mu \cdot \alpha} = 22 \cdot e^{2{,}261} = 22 \cdot 9{,}60 = 211{,}2$ kg;

Ist der Exponent **negativ**, so ermittelt man e^n und rechnet dann den Reziprokwert aus, z. B.:

$$e^{-2} = \frac{1}{e^2} = \frac{1}{7{,}39} = 0{,}1353;\quad e^{-6{,}22} = \frac{1}{e^{6{,}22}} = \frac{1}{500} = 0{,}002.$$

Wurzeln aus e

Man schreibt die Wurzel als Potenz mit reziprokem Exponenten und verfährt wie oben erwähnt. $\boxed{\sqrt[n]{e}}$

Beispiele: $\sqrt[4]{e} = e^{0{,}25} = 1{,}284$; $\sqrt[0{,}25]{e} = e^4 = 54{,}6$
$\sqrt[8]{e} = e^{0{,}125} = 1{,}133$; $\sqrt[0{,}125]{e} = e^8 = 3000$
$\sqrt[1{,}25]{e} = e^{0{,}8} = 2{,}225$; $\sqrt[0{,}06]{e} = e^{16{,}66} = e^{8{,}33} \cdot e^{8{,}33} = 4160 \cdot 4160 = 17\,300\,000.$

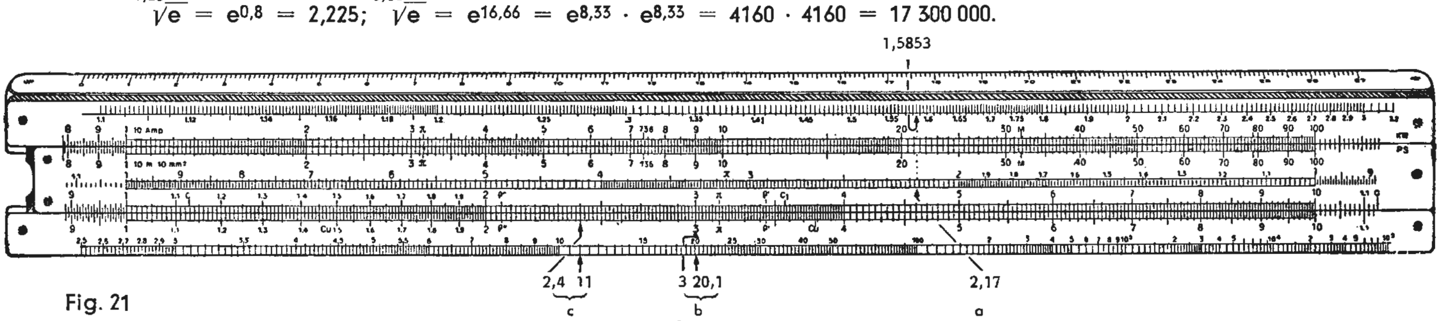


Fig. 21

Vorteilhaft benutzt man, insbesondere bei gebrochenen Zahlen, hierbei die Reziprokskala CI, z. B.:

$\sqrt[2,17]{e} = 1{,}5853$ (Fig. 21a)

Exponentialgleichung $e^x = a$

Soll die Exponentialgleichung $e^x = a$ gelöst werden, so stellt man a auf der LL-Skala ein und liest x auf der unteren Stabteilung D ab.

e^x

Beispiele: $e^x = 20{,}1$; $x = 3$ (Fig. 21b)
$e^x = 11$; $x = 2{,}4$ (Fig. 21c)
$e^x = 1{,}485$; $x = 2{,}529$ (Fig. 22a)

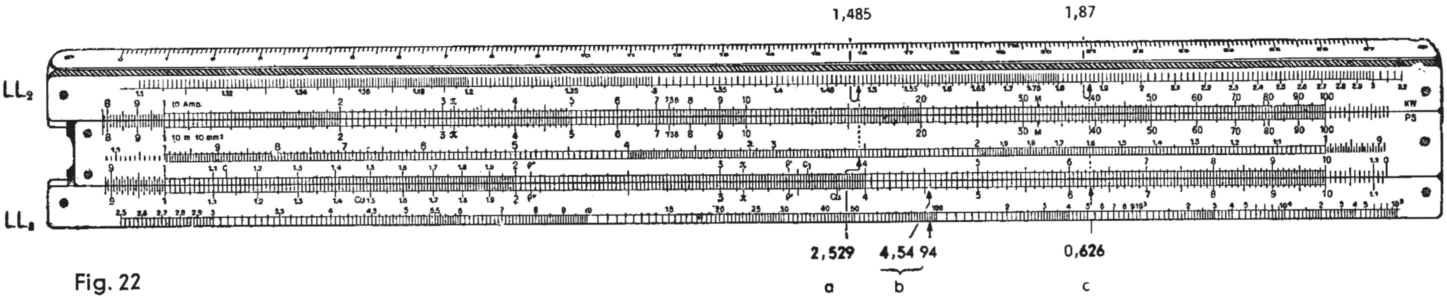


Fig. 22

Die natürlichen Logarithmen

Die natürlichen Logarithmen findet man, wenn man von den LL-Skalen auf die Grundskala übergeht. Für die Stellenzahlbereiche der Grundskala gilt sinngemäß das unter dem Abschnitt „Potenzen von e" Gesagte, z. B.:

ln a

$\ln 94 = 4{,}54$ (Fig. 22b);
$\ln 1{,}87 = 0{,}626$ (Fig. 22c);

weitere Beispiele:

$\ln 25 = 3{,}22$; $\ln 145 = 4{,}97$;
$\ln 0{,}04 = -\ln \left(\frac{1}{0{,}04}\right) = -\ln 25 = -3{,}22$

$\ln 1{,}6 = 0{,}262$; $\ln 1{,}515 = 0{,}415$;
$\ln 0{,}66 = -\ln \left(\frac{1}{0{,}66}\right) = -\ln 1{,}515 = -0{,}415$.

Potenzen beliebiger Zahlen

Potenzen der Form a^n erhält man, indem C 1 (bzw. C 10) über bzw. unter den Basiswert a der entsprechenden LL-Skala gebracht und der Läufer auf Cn verschoben wird.
Auf LL kann dann a^n abgelesen werden, z. B.: $1{,}277^{2{,}22} = 1{,}72$ (Fig. 23).
Stelle C 1 unter LL_2 1,277 und lies bei C 2,22 auf LL_2 den Wert 1,72 ab.

a^n

Weitere Beispiele: $3{,}75^{2{,}96} = 50$; $4{,}2^{2{,}16} = 22{,}3$;
$4{,}2^{0{,}216} = 1{,}364$;

$$4{,}2^{-0{,}216} = \frac{1}{4{,}2^{0{,}216}} = \frac{1}{1{,}364} = 0{,}734.$$

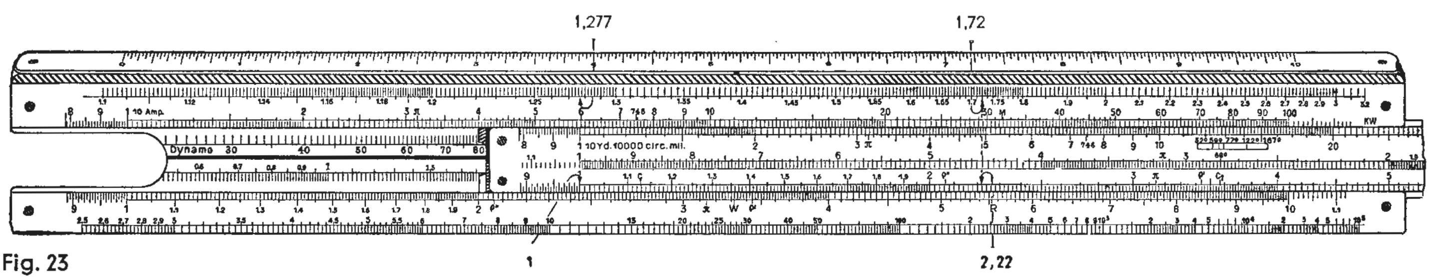


Fig. 23

Wurzeln beliebiger Zahlen

Man rechnet den Wurzelexponenten in einen Potenzexponenten um, gemäß $\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}}$, oder benützt bei der Einstellung gleich die Reziprokskala CI, z. B.:

$\sqrt[n]{a}$

$\sqrt[4,4]{23} = 2{,}04$; stelle CI-10 über LL_3-23 und lies bei CI-4,4 auf LL_2 den Wert 2,04 ab.

Weitere Beispiele:

$\sqrt[0,6]{15{,}2} = 93{,}5$ (CI 10 über LL_3-15,2 einstellen, ablesen auf LL_3)
$\sqrt[5]{2} = 1{,}149$ (CI 1 unter LL_2-2 einstellen, ablesen auf LL_2)

$\sqrt[5]{20} = 1{,}82$ (CI 10 über LL_3-20 einstellen, ablesen auf LL_2)

$$\sqrt[5]{0{,}5} = 0{,}5^{\frac{1}{5}}\ \frac{1}{2^{\frac{1}{5}}} = \frac{1}{1{,}149} = 0{,}871$$

$$\sqrt[5]{0{,}05} = 0{,}05^{\frac{1}{5}}\ \frac{1}{20^{\frac{1}{5}}} = \frac{1}{1{,}82} = 0{,}55$$

Logarithmen mit beliebiger Basis

Man stellt den Anfang der C-Skala über die Basis auf der LL-Skala und erhält eine Tabelle der entsprechenden Logarithmen, z. B.:

${}^5\log 5 = 2$; ${}^5\log 60 = 2{,}54$; ${}^5\log 800 = 4{,}15$ ${}^n\log a$
${}^{10}\log 20 = 1{,}301$; ${}^{10}\log 2 = 0{,}301$; ${}^{10}\log 800 = 2{,}9$
${}^2\log 200 = 7{,}65$; ${}^2\log 22 = 4{,}46$; ${}^2\log 1{,}89 = 0{,}92$

Rechnen mit den Elektro-Teilungen (Rechenstäbe 1/98, 4/98 und 111/98)

Die Wirkungsgrad-Skala ist bei den Rechenstäben 1/98 und 4/98 unter dem Schieber am Stabboden (schwarz) und beim Rechenstab 111/98 am unteren Stabkörper (rot) angebracht. Sie arbeitet mit den Skalen A und B zusammen, weshalb am rechten Ende dieser Skalen die Bezeichnungen kW und PS angebracht sind. Die **linke** Hälfte dieser Skala gilt für Gleichstromgeneratoren und die **rechte** Hälfte für Elektromotoren.

Wirkungsgrad von Gleichstromgeneratoren

Beispiele:

1. Berechne den Nutzeffekt eines Gleichstromgenerators von 134 PS und 80 kW.
   Man stellt B 13,4 (für 134 PS) unter A 80 und liest bei den Stäben 1/98 und 4/98 auf der Bodenskala unter der Schieberschneide und bei den Stäben 111/98 mit Hilfe des Läufers unter C 1 auf der unteren Stabkörperskala den Wert $\eta = 81\%$ für den Wirkungsgrad ab.
2. Welche Leistung erhält man bei 30 PS von einem Gleichstromgenerator mit 88% Wirkungsgrad?
   Man stellt bei den Rechenstäben 1/98 und 4/98 die Schieberschneide und bei dem Rechenstab 111/98 mit Hilfe des

Läufers den Wert C 1 über 88% (linke Hälfte) der Boden- bzw. unteren Körperskala und liest über B 3 (für 30 PS) den Wert 19,4 kW auf A ab.

Wirkungsgrad von Elektromotoren

Beispiele:

1. Welchen Wirkungsgrad hat ein Motor, der bei 17,1 kW 20 PS liefert?
   Stelle B 2 (für 20 PS) unter A 17,1 (für 17,1 kW) und lies bei der Schieberschneide auf der Stabbodenskala (bei 1/98 und 4/98) bzw. mittels des Läufers unter C 1 auf der unteren Stabkörperskala (bei 111/98) für $\eta = 86\%$ ab.
2. Welche Leistung liefert ein Motor bei 500 Volt und 12 Amp. (also 6 kW) bei einem Wirkungsgrad von $\eta = 80\%$?
   Stelle die Schieberschneide (bei 1/98 und 111/98) bzw. mittels des Läufers den Wert C 1 (bei 111/98) auf den Wert 80 der Wirkungsgradskala (rechte Hälfte) und lies unter A 60 (für 6 kW) auf B den Wert 6,5 PS ab.

Die Skala für den Spannungsabfall

Die Skala für den Spannungsabfall ist bei den Rechenstäben 1/98 und 4/98 unter dem Schieber am Stabboden (rot) und bei den Rechenstäben 111/98 am unteren Stabkörper, oberhalb der Wirkungsgradskala (auch rot) angebracht. Sie arbeitet ebenfalls mit den Skalen A und B zusammen.

Der Spannungsabfall einer Kupferleitung für Gleichstrom oder Wechselstrom mit induktionsfreier Belastung wird nach der Formel $e = \frac{J \cdot l}{c \cdot q}$ berechnet. Der Faktor $c = 56$ (für die spezifische Leitfähigkeit) ist am Rechenstab bereits in der Spannungsabfall-Skala berücksichtigt. Man hat somit nur die Stromstärke J (Amp.) mit der **gesamten** Leitungslänge (m) zu multiplizieren und durch den Leitungsquerschnitt q (mm²) zu dividieren. Bei den Rechenstäben 1/98 und 4/98 zeigt dann die Schieberschneide auf der roten Stabbodenskala den Spannungsabfall in Volt an und beim Rechenstab 111/98 wird mittels des Läufers unter C 1 auf der Volt-Skala des unteren Stabkörpers der Spannungsabfall abgelesen.

Beispiel:

Man berechne den Spannungsverlust einer Kupferleitung von 76 m Gesamtlänge (Hin- und Rückleitung) bei 70 mm² Querschnitt und 53 Amp. Stromstärke.

Man stellt B 1 unter A 5,3 (für 53 Amp.), rückt den Läufer auf B 7,6 (für 76 m) und zieht durch Schieberbewegung B 7 (für 70 mm^2) unter den Läuferstrich. Bei den Rechenstäben 1/98 und 4/98 liest man dann unter der Schieberschneide auf der (roten) Volt-Skala den Spannungsabfall zu 1,03 Volt ab. Beim Rechenstab 111/98 erhält man den Spannungsabfall mit Hilfe des Läufers unter C 1 auf der Volt-Skala des Stabkörpers mit ebenfalls 1,03 Volt.

Die Spannungsabfallskala gibt das Komma nur dann richtig an, wenn sich die Werte J, L, q auf den Skalen A und B unter Berücksichtigung der Anfangszahlen am linken Schieberende direkt einstellen lassen. Ist dies nicht möglich, so stellt man den zehnfachen Wert oder zehnten Teil ein und dividiert bzw. multipliziert entsprechend das Ergebnis, z. B.: man berechne den Spannungsabfall in einem 4 km langen Bahnstromkreis mit 50 mm^2 Querschnitt des Fahrdrahtes und 29 Amp. Stromverbrauch.

Stelle B 1 unter A 2,9 (für 29 Amp.), bringe den Läufer auf B 40 (für L = 400 m) und schiebe B 5 (für 50 mm^2 Querschnitt) unter den Läuferstrich.

Auf der Spannungsskala liest man 4,13 Volt ab. Für 4000 m wird der Spannungsabfall somit 41,3 Volt betragen.

Die Marke 735 erleichtert die Tabellenbildung für die Umrechnung von PS in kW.

Man stellt 735 auf B unter A 1 bzw. B 1 oder B 100 unter 735 auf A und hat eine Tabelle für kW und PS.

Die Marken Cu (schwarz) und Cu (rot) auf den Rechenstäben 1/98, 111/98, 4/98.

Die **schwarze Marke Cu** (nicht zu verwechseln mit C und C_1) auf Teilung A dient zur Berechnung des Ohmschen Widerstands von Kupferleitungen bei 20° C.

Beispiel: Wie groß ist der Ohmsche Widerstand einer kupfernen Leitung von 5 mm^2 Querschnitt und 126 m Länge?

Man stellt mittels des Läuferstriches 5 mm^2 auf der oberen Stabteilung (A 5) und 126 m auf der oberen Schieberteilung (B 126) gegenüber. Dann liest man unter der schwarzen Marke Cu den Widerstand 0,45 Ohm auf B.

Übungsaufgabe: Wie groß ist der Ohmsche Widerstand einer kupfernen Leitung von 8 mm^2 Querschnitt und 153 m Länge? Ergebnis: 0,342 Ohm.

Die **rote Marke Cu** dient zur Berechnung des Leitungsgewichtes.

Beispiel: Wieviel wiegt eine kupferne Leitung von 1,5 mm^2 Querschnitt und 1,4 m Länge?

Man stellt mittels des Läuferstriches 1,4 m auf der oberen Schieberteilung (B 14) unter die rote Marke Cu (auf A). Dann liest man unter 1,5 mm^2 der oberen Stabteilung A das Gewicht 18,7 g auf B.

In dieser Stellung findet man auch die Gewichte bei anderen Querschnitten, etwa für 2 mm^2 das Gewicht 25 g, für 2,5 mm^2 31 g.

FABER-CASTELL

Wer mit FABER-CASTELL arbeitet bleibt dabei

860

1/798 d